



 <sup>o</sup> *Celsius Degree / Grau Celsius*

## Casca da árvore do eucalipto:

Aspectos morfológicos, fisiológicos, florestais, ecológicos e industriais, visando a produção de celulose e papel

Celso Foelkel

[www.celso-foelkel.com.br](http://www.celso-foelkel.com.br)  
[www.eucalyptus.com.br](http://www.eucalyptus.com.br)

**Patrocinadores desse capítulo**

No aguardo de seu  
Logo e Patrocínio

## Casca da árvore do eucalipto:

Aspectos morfológicos, fisiológicos, florestais, ecológicos e industriais, visando a produção de celulose e papel

*Celso Foelkel*

### AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer o grande apoio que recebi de muitos amigos que me ajudaram com fotografias, dados, material bibliográfico, bem como permitindo meu acesso a alguns procedimentos e informações tecnológicas. Agradeço ainda aos muitos comentários que me ajudaram ao longo dessa redação. Agradeço também aos muitos autores de um grande número de trabalhos que consultei, pois graças a eles consegui aumentar meus conhecimentos para transmitir o que aprendi a vocês. Em especial, gostaria de agradecer à Maria José de Oliveira Fonseca e equipe da CENIBRA, pelos cozimentos e análises de casca; à Dorotéia Maria Martins Flores, minha esforçada ex-aluna de pós-graduação na Universidade Federal de Santa Maria, pela ajuda com diversos dados; ao meu colaborador à distância Graham Vandegriend e à sua empresa Econotech Services Ltd. no Canadá ([www.econotech.com](http://www.econotech.com)), que me propiciaram maravilhosas fotos de esclereídeos e de partículas de cascas de eucalipto; à Vera Maria Sacon, e ao Walter Sales Jacob e equipe da Votorantim Celulose e Papel, pelas muitas oportunidades para fotos, e em especial aos meus leitores, pela confiança em ler o que estou escrevendo. Continuo aguardando a visita de vocês em novos capítulos do nosso Eucalyptus Online Book & Newsletter.

Um abraço e até breve  
Celso Foelkel

## CONTEÚDO

1. Introdução
2. O que é a casca?
3. Tipos de casca dos eucaliptos
4. Quantidade de casca nos troncos das árvores
5. Fisiologia da casca do eucalipto
6. Formação da casca do eucalipto
7. Anatomia da casca do eucalipto
8. Composição química da casca dos eucaliptos
9. Descascamento das toras de eucaliptos
  - 9.1. Descascamento na floresta
  - 9.2. Descascamento na fábrica
10. Influência da casca do eucalipto na produção de celulose e papel
  - 10.1. Avaliações de vantagens e desvantagens
  - 10.2. Quando há vantagens no uso da casca com os cavacos?
  - 10.3. Desmedulando a casca do eucalipto
11. Cobertura orgânica vegetal e compostagem de casca de eucalipto
12. Valorizando a casca para a sustentabilidade do sítio florestal
13. Comentários finais
14. Referências da literatura

## 1. INTRODUÇÃO

A forma de se encarar economicamente a casca das árvores dos eucaliptos tem variado com o tempo. Inicialmente, ela foi considerada como um resíduo ou como um fator de aborrecimento nos processos industriais. A seguir, durante os anos 70's, com a antevisão de possível falta de fibras para o setor papelero, foi colocada como uma provável matéria prima fibrosa, embora de segunda categoria. Até mesmo patentes foram requeridas para garantir a utilização da casca de uma forma ou de outra. Em um novo momento, com a crise energética intensificando-se, a casca foi considerada como um combustível barato e oportuno. Além de se resolver o problema de "acúmulo do resíduo" nas fábricas, permitia-se obter energia a partir de um combustível barato, embora também de segunda categoria. O momento atual privilegia a ecologia e a sustentabilidade florestal. A casca tem sido encarada não como um combustível ou uma fonte de fibras para a indústria. Ela está sendo vista como uma fonte de nutrientes, de carbono e uma forma de proteção e enriquecimento dos solos florestais. Permanecendo na floresta para sofrer sua natural decomposição e liberação de minerais às novas gerações de árvores, ela se completa com uma utilização mais sustentável.

É possível que novos momentos ainda venham a surgir, envolvendo combinações dos que já sucederam ou se sucedem. Por exemplo, quase nada se estudou ou se conhece sobre a extração e utilização de fito-químicos das cascas dos eucaliptos. Há certamente, muitos compostos químicos valiosos nessas cascas, a maioria facilmente extraível por água ou por algum solvente orgânico. Dentre eles, destacam-se extrativos, como os compostos polifenólicos poliméricos (taninos, ácidos fenólicos, etc.), as ceras, as quercitinas, etc. Muitos desses fito-químicos poderão ganhar novas utilizações com o desenvolvimento da ciência e tecnologia de sua extração, processamento e crescimento em escala. Extraídas as riquezas químicas, os resíduos poderão alternativamente serem

compostados, ou voltarem às florestas, ou ainda serem utilizados como combustíveis. Vantagens para a natureza e para o ser humano.

Em razão das inúmeras utilizações e potenciais que se derivam das cascas, não há dúvidas que a temática sobre os destinos das cascas de eucaliptos ainda se tornarão em assuntos quentes nos anos que se seguirão, para os cientistas, para os produtores rurais, para a indústria e para a natureza.

## 2. O QUE É A CASCA ?



A casca é a cobertura exterior de toda a árvore, desde as raízes até o tronco e os ramos. Ela possui tecidos específicos para transportar a seiva orgânica elaborada pelas folhas, para armazenar substâncias energéticas e nutrientes minerais, e para dar suporte e prover de resistência a matriz que ela ajuda a compor, que é a árvore.

Os eucaliptos são conhecidos pela diversidade e beleza de suas cascas. Elas possuem diferentes modelos, texturas, desenhos e cores. É mesmo possível se identificar com alguma precisão algumas espécies de eucaliptos pelo tipo da sua casca. Na verdade, elas se destacam tanto, que têm sido pintadas, fotografadas, desenhadas e admiradas pela sociedade. Elas chamam a atenção, do florestal ao turista, de adultos a crianças. Há muitos locais na internet onde elas têm um papel de

destaque, onde podem ser admiradas e copiadas para enfeitar algo por sua beleza.

As cascas dos eucaliptos também têm utilidades valiosas à sociedade: servem como combustível, como cobertura morta ao solo, como adubo, para produção de carvão vegetal, além de fornecer fitoquímicos (óleos essenciais, taninos, compostos fenólicos, etc.). Os artesões de antigas civilizações, como dos dias de hoje, também as utilizam como base para pinturas e desenhos, pois algumas espécies permitem obter lâminas de casca de excelente textura para se pintar e desenhar. A arte aborígine na Austrália mostra inúmeros artesanatos em casca de eucaliptos.

Os primeiros usuários da casca dos eucaliptos foram os aborígenes, que criaram muitos usos para elas: caixões mortuários, berços para recém-nascidos, pratos para comer, pequenas canoas, material de construção de casas (paredes e telhados), objetos decorativos e sagrados, pinturas atrativas, objetos entalhados, proteção do solo contra erosão e preservação da umidade, extração de químicos como venenos, inseticidas, óleos perfumados, etc.



Pinturas em cascas de eucalipto

Os primeiros colonizadores que chegaram na Austrália, logo se impressionaram com esse gênero de árvores, que além de soltar suas folhas, também soltavam as cascas. As maravilhosas cores e texturas que se originavam de centenas de combinações, acabou trazendo a admiração e a utilização dessas cascas e dessas árvores, inclusive para paisagismo e jardinagem, devido razões tipicamente estéticas. Muitas

árvores de eucaliptos são usadas em jardins públicos ou privados pelo mundo, principalmente devido suas cascas e suas sombras.



Os eucaliptos constituem-se em um gênero de plantas muito amplo, abrangendo desde arbustos até árvores gigantescas (uma árvore de *Eucalyptus regnans* com mais de 140 metros de altura é considerada a mais alta árvore apresentada pela natureza até os dias de hoje). Por essa razão, os eucaliptos são tão comuns no meio urbano e no meio rural: há sempre múltiplas finalidades pelas quais são plantados.

As cascas dos eucaliptos podem se parecer com cortiça ou com lisas folhas de papel, podem mostrar estrias ou cordões grosseiros, podem lembrar um couro de crocodilo, ou escamas de peixes: tudo dependerá de sua imaginação.

A casca na árvore tem funções de proteção e de fisiologia muitíssimo importantes. Como um manto protetor, ela cobre todo o tronco, os ramos e raízes, impedindo que o xilema fique exposto e sujeito ao ressecamento, ao ataque de fungos, insetos, etc. Para proteger o xilema, a casca possui alguns compostos tóxicos a insetos, fungos e pássaros. Eventualmente, eles podem também ser irritativos ou causar alergia aos humanos e animais. Por isso, cuidado ao querer fazer chás com quaisquer cascas que apresentem cheiro ou gosto interessante. Também devido a esses compostos de proteção à integridade da planta que as cascas são compostos de baixa degradabilidade. Apesar de serem muito utilizadas como cobertura morta ("mulching") ou para compostagem, elas são de mais lenta degradação pelos microrganismos.

A aparência da casca dos eucaliptos varia com a espécie e com a idade das plantas. Ela pode inclusive mostrar desenhos e espessuras



diferentes para a mesma árvore, em função de estados fisiológicos ou em função da idade da mesma. Em idades jovens, a casca costuma ser mais lisa, mas há espécies que começam a formar casca rugosa e suberosa desde o início. Na planta adulta, essas cascas podem ser rugosas e espessas, com protuberâncias grandes de súber. É muito comum nas plantas de eucalipto o desprendimento de camadas velhas da casca (casca externa ou ritidoma). Isso ocorre porque a camada mais externa da casca morre e se desprende, ajudando a formar desenhos e figuras lindíssimas na superfície da casca das árvores. Conforme a árvore cresce em diâmetro, as camadas de casca mais externas morrem, se rompem e se desprendem, caindo ao solo, ou ficando retidas parcialmente na árvore. O contraste em cores é fantástico.



Esse fenômeno é visto mesmo em árvores jovens, mas é mais pronunciado em árvores a partir dos 4 anos de idade, quando a espessura da casca já é mais significativa, justificando-se que a árvore se libere da casca mais velha. Esse desprendimento da casca morta depende também da estação do ano, sendo mais freqüente nos meses quentes de verão. A substituição da casca é gradual, por essa razão, que é possível se notar cores contrastantes da casca velha e o tecido da nova periderme em plena atividade de formação de novos tecidos vivos.

### 3. TIPOS DE CASCA DOS EUCALIPTOS

Existem muitas controvérsias acerca da taxonomia dos eucaliptos. Sabe-se que três gêneros da família das Mirtáceas são



muitíssimo parecidos. Suas plantas são por isso, conhecidas como eucaliptos. Mesmo dentro dos gêneros *Angophora*, *Corymbia* e *Eucalyptus* existem plantas que se confundem, tamanha é a semelhança. Na maioria das vezes, a distinção se faz com base em detalhes na forma dos frutos ou das flores. Por exemplo, as flores de *Angophora* não apresentam opérculo. *Corymbia* também se distingue dos demais pela sua inflorescência. Há botânicos que ainda não aceitaram a recente separação do gênero *Corymbia* (por exemplo *Corymbia citriodora*, *Corymbia maculata*, etc.) Há naturalistas que advogam a união dos três gêneros em um único, pois é assim como são vistas as suas árvores, como eucaliptos.

Apesar da casca não ser uma característica fundamental para se identificar espécies, ela certamente auxilia muito. Muitos botânicos consideram as cascas como forma inicial de se diagnosticar a espécie. Portanto, elas se constituem em uma ferramenta taxonômica importante.

Existem cerca de 1000 espécies de vegetais nos gêneros *Angophora*, *Corymbia* e *Eucalyptus*. Além disso, existem centenas de híbridos, combinando características fenotípicas, em uma grande variedade de formas, desenhos e cores. Em muitas espécies, a casca externa se solta e expõe o periderme, criando uma região de contraste na superfície da casca. Em outras, as camadas externas mortas se contraem e secam, mas não se soltam, dando como resultado uma casca muito rugosa ou fibrosa. Todos esses desenhos são fruto da forma como surgem as camadas ativas de periderme na casca e como essas células se comportam. A alternância de camadas de células vivas ainda fracas (pouco resistentes devido parede celular frágil) e de células de paredes resistentes e mortas, faz com que a casca se fragmente, se solte e caia.

Há diversos tipos de cascas dos eucaliptos, mas os mais comuns são os seguintes:

- Cascas lisas e brilhosas: a casca morta se solta e deixa exposta uma casca lisa e normalmente muito clara. ( *E.grandis*, *E.saligna*,

*E.viminalis*, *E.globulus*, *E.camaldulensis*, *Corymbia citriodora*,  
*Corymbia maculata*, etc.)



- Cascas esfoliantes, que se soltam em pequenos pedacinhos, lembrando pedaços de papel se desprendendo. Ocorrem em espécies de casca lisas, em determinadas épocas do ano (*E.grandis*)



- Cascas vermelhas ou sangrentas: na verdade são variantes também das cascas lisas, só que as cascas mortas que se soltam são de cores vermelha ou marrom muito intensas. (*E.urograndis*, *Corymbia citriodora*)



- Cascas permanentes enrugadas, rugosas, suberosas e protuberantes, às vezes com aspectos de cordas ou de estrias: (*E.paniculata*, *E.acmenioides*, *E. obliqua*, *E.microcorys*)



- Cascas em forma de escamas: a casca externa não se solta, mas se rompe na forma de escamas ou de uma rede. (*E.tessellaris*, *E.cloeziana*)



Muitas espécies apresentam parte do tronco com um tipo de casca e parte com outro (por exemplo, *E.pilularis*, *E.urophylla*, *E.grandis*, *E.torelliana*). Nesses casos, o modelo mais comum é a parte superior da árvore, ou porque é mais jovem, ou porque já perdeu o ritidoma, ter o aspecto liso. A parte inferior ou da base, mais velha, mostra uma casca rugosa e que se desprende com muito mais dificuldade. Possivelmente, a árvore procura proteger mais a sua base contra as adversidades, como fogo, ataque de predadores, etc.

## 4. QUANTIDADE DE CASCA NO TRONCO DAS ÁRVORES

Os eucaliptos de cascas lisas são os mais comuns como espécies de reflorestamento. Com a continuada queda de cascas mortas no solo, junto com folhas e galhos mortos, há uma grande ciclagem de nutrientes entre solo e planta. Também, para o uso comercial da árvore, o tronco possui menos casca, tanto em espessura, como em peso e volume. As cascas lisas são também mais facilmente removidas nas operações de descascamento das árvores. Como a casca das árvores consiste em uma parte menos valiosa nas utilizações industriais, quanto menor é seu teor nas árvores, melhor é a árvore para fins comerciais. Por isso, o teor de casca, é inclusive um fator considerado no melhoramento genético das árvores. Isso significa, que dentre outros parâmetros de qualidade buscados nas árvores para sua viabilidade comercial, o teor de casca é um deles.

A quantidade de casca nas árvores varia com a espécie, com a idade cronológica e fisiológica, com o tamanho das árvores, e com a estação do ano. Não é tão simples a determinação da quantidade de casca nas árvores, como pode parecer. Isso porque a casca não forma uma capa uniforme sobre o tronco. Há irregularidades em sua espessura e o desprendimento do ritidoma colabora ainda mais para agravar essa desuniformidade. Entretanto, na maioria das vezes, não se busca uma quantificação exata e matemática desse valor, mas sim uma aproximação a melhor possível, para se saber realmente a quantidade de madeira e casca que as árvores fornecerão no momento da colheita. Há sempre algumas confusões envolvendo as expressões de produtividade florestal, pois alguns mostram incrementos florestais de árvores com sua casca e outros o fazem apenas de madeira, descontando a casca, já que a finalidade maior da floresta é produzir madeira, com o mínimo de geração de casca.

Ao se inventariar uma área reflorestada com *Eucalyptus*, pode-se relatar tanto o volume de madeira como o de casca esperado que sejam produzidos por hectare de floresta. Trata-se então de uma quantidade bruta de casca disponível para uma determinada área plantada, por

exemplo, metros cúbicos de casca por hectare. Por uma simples relação com a densidade básica da casca, pode-se transformar isso em peso seco de casca por hectare (toneladas absolutamente secas por hectare). Outra forma de se relatar a quantidade de casca é porcentualmente (base volume ou base peso), mas em relação a que base? Há duas opções mais comuns para se determinar esses valores médios: base volume ou base peso total da árvore (ou do povoamento). A outra, é base volume ou peso de madeira produzida. A forma mais usual é se relatar a porcentagem de casca média da árvore comercial base seu volume comercial (madeira mais casca da base até um diâmetro de cerca de 6 a 8 cm).

Há alta correlação inversa entre o crescimento da árvore e a porcentagem de casca. Árvores maiores (em diâmetro e altura) de uma mesma espécie e a uma mesma idade, tendem a ter menor percentual de casca. Isso significa que a árvore é mais especializada em "fabricar" madeira do que casca. Além disso, a casca está sendo continuamente perdida por esfoliamento do ritidoma.

A influência da idade da árvore está também relacionada às suas dimensões e ao fenômeno de perda de casca por queda do ritidoma. Árvores mais jovens, com menor diâmetro, possuem proporcionalmente maior teor de casca em relação às árvores mais adultas, de porte mais avantajado. Entretanto, apesar de porcentualmente esses teores serem menores nas árvores mais maduras, a quantidade total de casca (em metros cúbicos ou toneladas por hectare) é maior nos povoamentos mais velhos que em povoamentos mais jovens. Isso, pela maior dimensão de suas árvores. Fácil de entender, mas sempre motivo de confusão por falta de entendimento nas comunicações entre as pessoas.

Há espécies muito cascudas, que chegam a ter entre 25 a 30% do volume de seu tronco comercial como sendo casca. As espécies comerciais de eucaliptos de reflorestamento possuem entre 10 a 18% de seu tronco comercial como sendo de casca. As árvores clonais melhoradas geneticamente para alto incremento volumétrico mostram entre 9 a 12% de casca em volume. Povoamentos comerciais de menor incremento apresentam entre 12 a 18% de casca no volume das árvores.

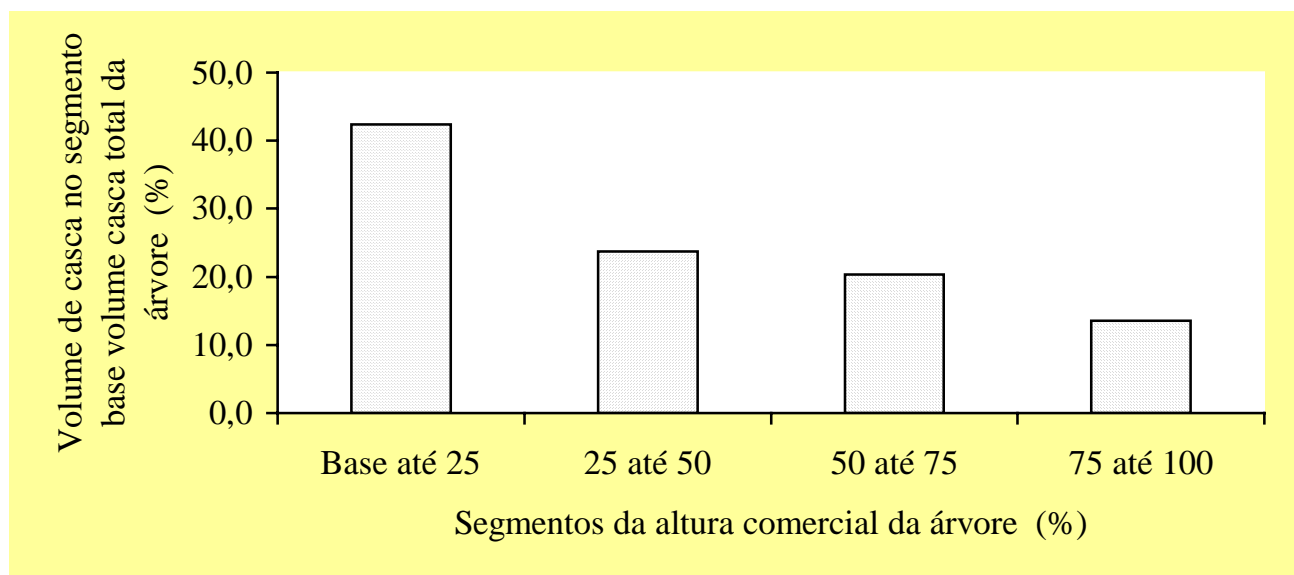
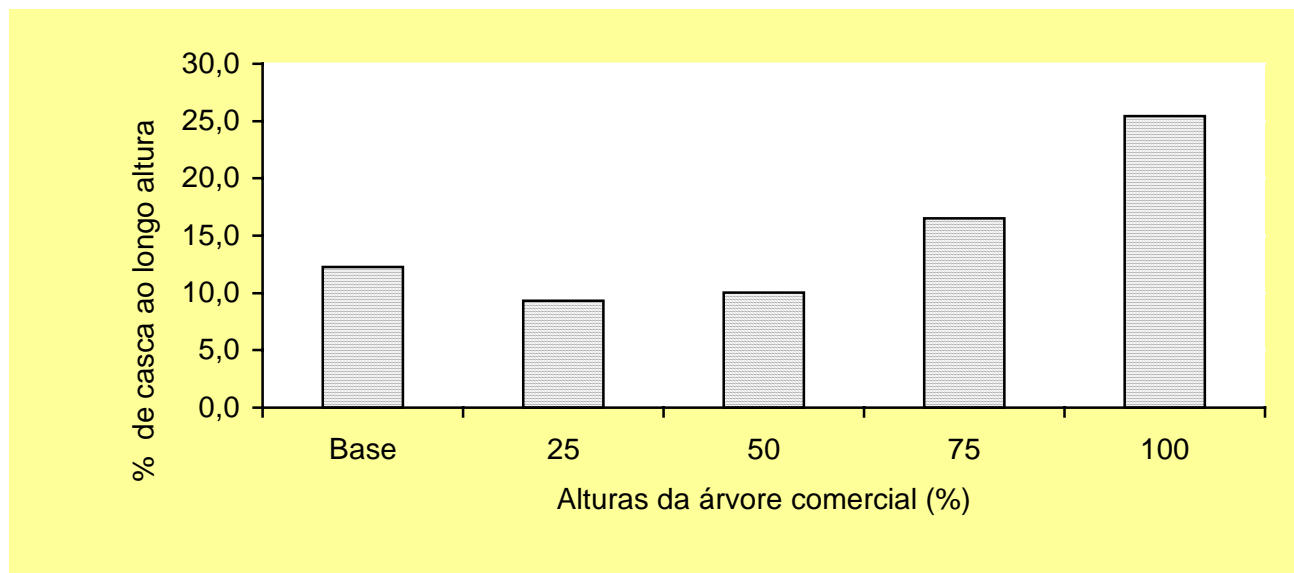
A quantidade de casca nas árvores depende de inúmeros fatores, entre os quais o tipo de casca e o estágio de melhoramento genético do material em questão. As espécies que perdem a casca externa morta possuem menor espessura de casca ao longo de seu ciclo, o que é muito bom para a floresta (ciclagem de nutriente) e para o usuário da floresta (mais madeira na colheita). Isso quando o objetivo principal da floresta é a madeira. Se for exatamente a casca devido a presença de óleos essenciais, por exemplo, o cineol, ou para a extração de taninos, então a situação se modifica.

Apesar das árvores de maior DAP (Diâmetro à Altura do Peito) tenderem a mostrar menor porcentagem volumétrica de casca, não se pode afirmar que para a mesma árvore, a proporção de casca diminui com o aumento do diâmetro do disco. O que ocorre pode ser até mesmo o inverso, dependendo da região da árvore. A árvore, com sua conicidade, vai diminuindo seu diâmetro da base até o topo. A espessura do anel de casca também diminui, pois nas alturas maiores, a casca é muito mais delgada e jovem, até mesmo infantil no topo da árvore. Entretanto, nessa região do topo, o diâmetro do xilema é também muito pequeno. A atividade da casca é muito intensa nessa região, pois ela já deve estar recebendo para translocar enormes quantidades de seiva elaborada formada pelas folhas e ramos da copa, tecidos clorofilados em alta atividade. A seiva orgânica descerá pela casca para outras regiões vitais da árvore, onde necessária, como outros ramos, xilema, raízes, etc. Resultado disso, a porcentagem de casca em relação ao xilema varia com a altura da árvore. Na sua base, há mais alta proporção de casca, pois predomina a casca morta externa, que a planta tende a manter para se defender das adversidades que podem afetar sua base e suas raízes superficiais. No topo da árvore, pelo menor diâmetro do tronco e pela grande necessidade de translocar a recém produzida seiva orgânica, a proporção de casca é alta em relação ao xilema juvenil dessa região. Na região mediana da altura da árvore, a proporção de casca é menor. Nessa região, ocorre o melhor balanceamento entre fluxo de seiva e proporção de casca viva interna para fazer essa função de movimentação descendente da seiva orgânica. As diferenças



percentuais não são extremamente grandes, mas estão em um mínimo de 8 a 12% nas regiões de menos casca, até cerca de 20 a 25% nas regiões de maior teor de casca (topo e ramos finos). O xilema sempre é o tecido principal do tronco, não importa a altura da árvore ou a espécie de eucalipto em questão.

Vejam-se a seguir dados de *Eucalyptus saligna* com 7,5 anos de idade:





Em *Eucalyptus saligna* reflorestado, cerca de 65% do volume da casca do tronco comercial da árvore encontra-se na metade inferior da altura e cerca de 85% da casca até 75% da altura. Os ponteiros, que oferecem toras finas, representam menos de 10% do volume comercial do fuste, mas possuem cerca de 15% da casca do tronco. É por isso, que em algumas situações esses ponteiros finos recebem manejo especial, sendo destinados para biomassa inclusive sem serem descascados. Isso porque são difíceis de serem descascados, ou no campo, ou nos descascadores industriais a tambor. Como geram toras finas, as dificuldades no descascamento são inevitáveis, bem como os rendimentos são menores nessa operação.

A casca dos eucaliptos possui densidade básica menor que a madeira, já que ela mostra-se porosa na parte morta e pouco fibrosa nas camadas internas vivas. Suas células são destinadas a reserva de extrativos e transporte de seiva elaborada. Elas não têm função de sustentação da árvore, como as células de xilema. Por isso, não exigem paredes muito espessas e com alta fração parede. Até mesmo o conteúdo de fibras é bem menor que para a madeira.

A densidade básica da casca do eucalipto varia entre 0,24 até 0,40 g/cm<sup>3</sup> ( mais usual entre 0,3 a 0,35) e a da madeira entre 0,4 até 0,6 g/cm<sup>3</sup>. Por isso, a proporção de casca no peso da árvore é menor que no volume. Valores mais usuais para as espécies de reflorestamento mostram que a casca representa entre 8 a 12% do peso do tronco comercial. No total do peso da biomassa da árvore, incluindo ramos folhas, raízes e tronco, a casca atinge entre 6 a 8% do peso, bastante considerável.

A menor densidade básica da casca, bem como seu tecido poroso, faz com que ela tenha mais espaço para reter água ou ar. Por isso, e também pela lavagem das toras nas operações industriais, a umidade da casca pode ser muito alta. Isso não acontece, quando as toras ficam aguardando maior tempo antes de serem enviadas à fábrica, ou para descascar em tambores após 3 a 4 meses da colheita, ou até mesmo para picagem de toras secas, onde fica fácil se remover o residual de casca das toras descascadas no campo. Existe altíssima relação entre a

capacidade de retenção de água de um material fibroso e sua densidade básica. Quanto mais baixa a densidade básica ( $Db$ ), mais espaço existe como vazios para serem preenchidos por água. Uma madeira leve de densidade  $0,45 \text{ g/cm}^3$  pode ter em sua saturação uma umidade de 61%; uma madeira densa de densidade básica  $0,60 \text{ g/cm}^3$  teria nessas mesmas condições umidade de 50%. Já uma casca de  $Db$  igual a  $0,35 \text{ g/cm}^3$  conseguiria ter quase 70% de umidade ocupando seus espaços vazios na sua máxima capacidade de absorção, isso sem considerar a água livre nas superfícies que ela ainda poderia reter. Definitivamente uma esponja. É por isso, que a casca pode ser considerada um combustível de segunda categoria, pois acaba quase sempre carregando muito umidade para as fornalhas das caldeiras. Essa umidade pode ser interna da própria casca da árvore ou água adicionada na lavagem das toras. Umidade e densidade das cascas são duas propriedades fundamentais para se eleger opções para seu uso e manuseio.

No abate das árvores, tanto a madeira como a casca estão bastante "verdes" ou muito úmidas. Há uma íntima relação entre densidade básica e teor de umidade na máxima saturação, como já mencionado. Para espécies que possuem baixa densidade básica, como *E.grandis* e *E.nitens*, a umidade é altíssima em ambos, no momento do abate das suas árvores. Povoamentos de *E.grandis*, abatidos aos 8 anos de idade, têm mostrado densidade básica da casca tão baixas como 0,28% e umidade da casca no abate de 71,8%. Essa umidade em geral está muito próxima ao que seria obtida na máxima saturação do material, ou seja, cerca de 74,6%. Já a madeira das mesmas árvores mostrou  $Db$  de  $0,486 \text{ g/cm}^3$ , com umidade ao abate de 53,63% e umidade ao máximo teor de umidade de 58,59%. Resumidamente, árvores recém abatidas são bastante úmidas, quer suas madeiras ou suas cascas. Esses valores dependem da densidade dos materiais e das condições fisiológicas do povoamento.

Uma das grandes dificuldades para se medir a densidade básica das cascas de árvores do *Eucalyptus* é que o método se baseia em saturar o material com água para se obter o chamado volume verde ou saturado. Para isso, o corpo de prova permanece imerso em água por

alguns dias. Como a casca possui elevada solubilidade em água, mesmo fria, a perda de peso é considerável. Isso exige uma correção do cálculo da densidade, determinando-se a perda em peso das cascas imersas em água. Toda vez que se realizar a avaliação da densidade básica de cascas de *Eucalyptus*, deve-se paralelamente se executar uma avaliação de perda de peso devido a imersão em água do material. A seguir, deve-se corrigir o valor do peso seco antes de se calcular a Db. Essa perda de material orgânico causa inclusive uma coloração escura na água onde a casca fica mergulhada. Perdas de peso de até 10 a 15% são relatadas. Perdem-se: minerais, açúcares, corantes naturais, ácidos orgânicos, etc.

## 5. FISILOGIA DA CASCA DO EUCALIPTO

A casca tem a função de proteger a árvore e o xilema contra as ameaças do meio ambiente. É também através dela que a seiva orgânica elaborada se transloca. Alguns dos compostos orgânicos formados pela fotossíntese são utilizados para o crescimento e outras atividades fisiológicas no local onde são gerados, nas próprias folhas. Entretanto, a grande maioria é transportada para outros locais pela casca interna ou floema das árvores. Lá, onde requerida, a seiva ajuda a promover o crescimento da planta, ou é armazenada em ramos, raízes, folhas e até mesmo no xilema ativo ou alburno.

O floema é responsável pelo transporte da seiva para qualquer lugar onde exigida na planta, desde os mais diminutos ramos ou folhas na copa, até as mais frágeis raízes debaixo do solo. A seiva orgânica é muito rica em açúcares, proteínas, extrativos, ácidos graxos, etc. Entre seus componentes encontram-se sucrose, frutose, glucose, sorbitol, manitol, amino-ácidos, e nutrientes minerais (cálcio, potássio, ferro, manganês, magnésio, fósforo, etc.). As quantidades excedentes à demanda desses compostos químicos são armazenadas em células de parênquima, que as guardam na forma de amido, óleos, gomas, ceras e

graxas, resinas, etc. Como depósitos de estocagem, a planta se vale das células de parênquima nos tecidos vivos, como alburno, casca interna, folhas vivas, frutos, raízes. O veículo para esse transporte é o tecido denominado floema, presente na casca interna, a que está mais próxima do câmbio vascular. O floema possui células vivas e células mortas, mas ele é muito ativo e dinâmico. Em razão da grande concentração de compostos nutritivos na casca, a planta precisa proteger a seiva e o floema do ataques de predadores. Essa é outra função muito bem executada pela casca das árvores. Uma vez que as raízes dependem de receber seiva orgânica nutritiva elaborada pelas folhas, uma forma de matar uma árvore é remover um anel completo de casca na região do colo da planta. Esse anel é denominado de anel cortical de Malpighi, ou também denominado de anelamento da casca das árvores. As raízes acabam morrendo por falta de alimento. A principal função das raízes é recolher água e sais minerais do solo e da solução do solo. Para fazer isso, as raízes demandam muita energia. Quando falta comida e energia nas raízes, a árvore deixa de absorver água e nutrientes, as folhas caem, a fotossíntese não é mais realizada, finalmente a árvore morre. Alguns predadores herbívoros que habitam nas florestas, como ratões, preás, e mesmo ovelhas, são perigosos às árvores, pois eles se alimentam de casca de árvores na falta de outros alimentos que mais lhes apeteçam.

Fisiologicamente, a árvore do eucalipto utiliza suas raízes para buscar água e nutrientes no solo. O fluxo de água das raízes até as folhas é ajudado por três fatores principais: transpiração das árvores pelas folhas; capilaridade e pela pressão das raízes, que empurram água para cima pelos vasos, porque absorvem muita água passivamente devido à maior concentração interna de suas células em relação à solução do solo. Esse fenômeno, causado pela pressão osmótica diferenciada, consegue ajudar o fluxo de água no interior da planta, das raízes até às folhas. Grandes quantidades de água são absorvidas pelas raízes das plantas. Junto com ela, entram íons de sais minerais nutrientes, que a planta do eucalipto busca para suas atividades vitais. Os principais são: potássio, cálcio, nitrogênio, fósforo, magnésio, ferro, enxofre,

manganês, etc. São os chamados nutrientes. A entrada dos mesmos no interior da planta pode ser de forma passiva (sem interferência das raízes) ou ativa (com a seletividade das paredes celulares das raízes). A planta em si pode não exigir muito os íons cloreto ou sódio em seu metabolismo, mas eles acabam penetrando passivamente pelas paredes celulares das raízes, uma vez que são íons de tamanho pequeno, e passam quase que livremente pelas paredes. Depois eles se concentram no tecido vegetal e colaboram no delta de pressão osmótica entre a solução das raízes e a solução do solo. Já com íons grandes, como cálcio e magnésio, a planta necessita absorvê-los do solo, de forma seletiva, ajudando que eles passem através da parede celular das raízes. Imagine que esse fluxo de água carregando íons sobe pelo xilema ativo (no caso, o alburno ativo) até a copa. Lá, a maior parte da água se perde por transpiração através dos estômatos. A transpiração foi uma outra forma inteligente que as plantas desenvolveram para ajudar que a água conseguisse subir até às copas das árvores. Entretanto, a planta não tem tanto controle sobre a transpiração, pois pelos estômatos ela tanto transpira como também precisa captar oxigênio e gás carbônico para sua fisiologia vital: respiração e fotossíntese. Nas folhas, com a grande transpiração ou perda de água pelas plantas, os íons minerais se concentram, juntamente com a seiva recém elaborada, bastante concentrada e rica em compostos orgânicos. Isso faz com que as cascas tenham composição orgânica e mineral riquíssimas. Queimá-las simplesmente, como hoje se faz como biomassa, significa desprezar uma riqueza inusitada que poderia ser desenvolvida para outras finalidades. Entretanto, muitas vezes a queima é mais uma forma de se livrar de um resíduo do que de buscar a melhor alternativa em termos de eficiência.

A anatomia e a composição química das cascas dos eucaliptos são complexas. O conteúdo fibroso é baixo e a quantidade de células mortas é alto. Tudo isso, leva que a casca seja considerada mais um contaminante a ser separado, descartado ou utilizado, do que uma matéria prima valiosa para o processo.

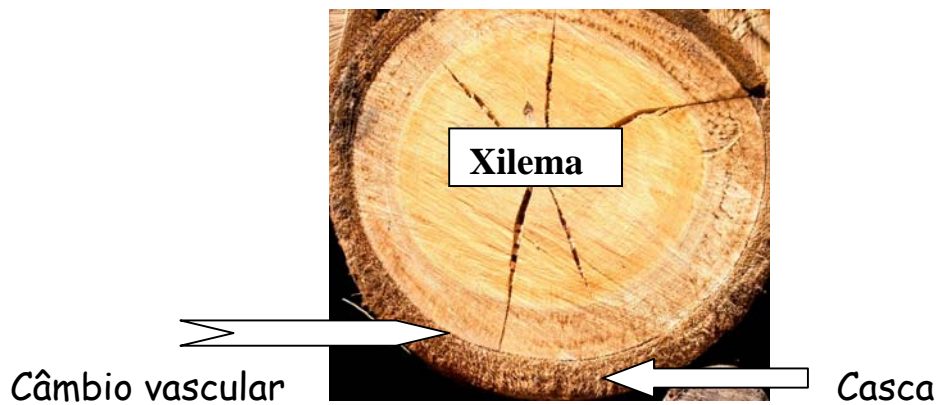
## 6. FORMAÇÃO DA CASCA DO EUCALIPTO

O termo casca das árvores se refere a todos os tecidos formados para o lado de fora do Câmbio Vascular, que é um meristema secundário. O processo como a casca é formada é que causa os diferentes modelos de cascas nas árvores dos eucaliptos, ou entre espécies, entre árvores e na própria árvore.

As cascas dos eucaliptos são constituídas de dois tipos de camadas ou regiões de células:



- Casca interna: quase que completamente viva, ativa e localizada imediatamente ao lado do câmbio vascular, para o lado de fora em relação à medula do tronco. É pela casca interna que se transloca a seiva elaborada.
- Casca externa ou ritidoma: constituída de tecidos quase que completamente mortos em sua maioria. Forma uma barreira de proteção para prevenir danos que possam vir do meio ambiente (ataques de microrganismos, insetos, herbívoros, tempo muito seco ou muito úmido, temperaturas abaixo do ponto de congelamento da água, fogo ou incêndios florestais, etc. O ritidoma ou casca externa, como também chamada, contém células mortas de floema, sem mais função de transporte, além de células de súber ou cortiça.



A casca é formada pela atividade de dois tipos de meristemas laterais, não apicais, ou câmbios: o câmbio vascular formado entre o xilema ativo (alburno) e a casca interna; e o câmbio do súber ou felogênio.

Quando a árvore é bem jovem, ainda um arbusto ou uma mudinha, a epiderme ainda existe. A epiderme seria a pele da planta jovem. Nessas plantas jovens, a casca é constituída de floema, córtex original e epiderme. Com a formação de mais células de cortiça ou de súber na casca, a epiderme acaba se colapsando e morrendo, pois as células de súber logo morrem e se impermeabilizam para proteger a árvore. A epiderme morre por falta de água, alimento e pelo colapso causado pelo aumento do diâmetro do caule do vegetal em crescimento. A epiderme é substituída pelo periderme, que é formado logo debaixo da casca externa em crescimento no vegetal. Quando a parte externa dessa casca externa morta se esfolia e cai ao solo, o periderme é exposto e passa a atuar como um tecido de proteção, uma nova "capa de pele", até mesmo parecido à epiderme. Quando cai o ritidoma, fica em geral exposto exatamente o periderme. Se nós cuidadosamente raspamos esse periderme, veremos que é um tecido vivo e ativo. Em caules maduros, a casca é composta resumidamente de floema, peridermes e córtex ou súber. Excepcionalmente, a epiderme pode continuar viva por muitos anos, cobrindo a casca viva da árvore. Isso só acontece quando a casca externa da árvore não morre. A epiderme nesse caso precisa acompanhar o crescimento do diâmetro e se dividir para não colapsar. Entretanto, isso é raríssimo.



Na verdade, quando a planta fica mais velha, seu caule cresce em diâmetro. O crescimento do diâmetro é devido à atividade do câmbio vascular, como já vimos, que forma xilema para dentro e floema para fora. Para evitar que a casca se estoure toda pelo esticamento causado pelo alargamento de seu diâmetro, novos tecidos precisam ser adicionados à casca. O câmbio vascular cria novas camadas de células de xilema secundário para dentro e de células de floema secundário para fora. Por essa razão, as mais recentemente formadas camadas de células da casca viva estão na sua parte mais interna.

Conforme a árvore fica mais velha, novas células de floema são adicionadas e parte das antigas células de floema se tornam não funcionais, colapsam e morrem. Entretanto, pouco antes de morrer, algumas dessas células vivas de floema recuperam atividade meristemática, formando um novo tipo de câmbio denominado felogênio. Conforme esse novo câmbio começa a se dividir, formam-se preferencialmente células para o lado de fora, que são as células de súber ou felema. Algumas camadas menos abundantes se formam para o lado de dentro, são as células do feloderme. Esses três tipos de células, denominadas felogênio, feloderme e felema constituem o periderme. As células derivadas do felogênio não são fibrosas, estão algo intermediárias a células de parênquima e células fibrosas. Tipicamente, são células retangulares e achatadas na região transversal.

Os felogênios aparecem de modificações de células vivas na casca interna. Elas adquirem de novo a capacidade de se dividirem para promover o crescimento da casca em diâmetro e em circunferência. Os felogênios, conforme se dividem, originam os peridermes. Esses peridermes se originam de forma errática. Eles não aparecem em toda a circunferência da árvore. Por essa razão, que se estabelecem regiões mais frágeis que permitem o desprendimento irregular do ritidoma, também de forma errática. Essa sobreposição de células vivas e mortas (floema, felema, felogênio, feloderme, células de súber, etc.) acaba criando zonas frágeis na casca. Por isso, acabam-se desprendendo zonas de casca morta externa na forma de

casca que se solta e se esfolia, dando essa particularidade a muitos dos eucaliptos. Na separação e queda do ritidoma, as camadas ativas de periderme acabam sendo expostas de novo na superfície da casca.

No floema, a seiva é transportada pelos tubos crivados, que são elementos similares aos vasos do xilema. Somente as camadas de células mais jovens da casca interna é que possuem tubos crivados ativos, para transportar a seiva elaborada. Quando novas células de floema são produzidas pelo câmbio vascular, os tubos crivados mais velhos se tornam não funcionais, se impregnam com químicos e se colapsam também. O colapso é resultado das pressões feitas pelas novas camadas de células sendo formadas nas partes mais internas da casca, tanto pelo câmbio vascular, como pelo felogênio.

Os peridermes, ou o felogênio e suas células derivadas, são novas camadas de células que aparecem de forma errática, como já visto. Eles não são tão bem distribuídos na forma de um anel ao longo de toda a circunferência, como é o câmbio vascular. Os peridermes têm a função de promover uma acomodação no crescimento lateral da casca em relação ao crescimento do diâmetro da árvore. Ao mesmo tempo que os peridermes promovem a geração de novas células, elas passam a receber uma substância repelente à água, chamada de suberina. Com isso, a casca externa vai-se tornando resistente à penetração da água. A suberina é na verdade um grupo de substâncias complexas constituídas de ácidos graxos e de ceras. Ela evita que a árvore perca água através da casca e evita a troca de gases entre a árvore e o ambiente. As células que logo morrem devido à ação da suberina são as nossas conhecidas células de súber ou de córtex. O súber dá também uma proteção de isolamento térmico à árvore, evitando que a árvore morra em casos de incêndios florestais, onde a casca externa evita o dano ao câmbio e ao floema. O súber é muito difícil de ser digerido, tem gosto ruim e não é atrativo a insetos, herbívoros e fungos. Entretanto, em condições de muita umidade, algumas espécies de fungos e líquenes acabam se adaptando a viver sobre a casca das árvores.

A casca pode também mostrar pequenos poros para permitir trocas gasosas do caule vivo com o meio ambiente. São as lenticelas, ou

estômatos do caule. São pouco comuns em eucaliptos, aparecendo em árvores de idades mais jovens.

## 7. ANATOMIA DA CASCA DO EUCALIPTO

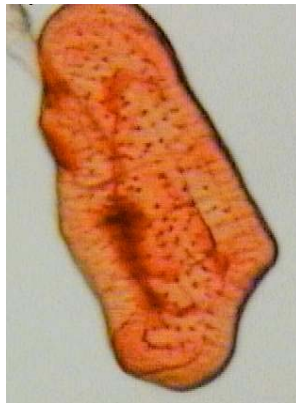
O câmbio vascular apresenta dois tipos principais de células geradoras de outras células: as fusiformes iniciais e as iniciais do raio. As células fusiformes dão origem às células alongadas do xilema (elementos de vaso, fibras e parênquima axial) e do floema (elementos de tubos crivados, fibras de floema, parênquima axial do floema). As células iniciais de raio originam tanto as células de raio medular do xilema como do floema. Os elementos de tubos crivados são muito importantes na casca, pelas suas características de tecidos vasculares. Eles correspondem aos elementos de vaso em forma e função: transporte de seivas líquidas. Eles possuem a função de condução por apenas uma estação de crescimento. Quando eles perdem essa função, eles morrem e se colapsam.

Os parênquimas nos floemas secundários possuem também duas funções: transporte lateral e armazenamento de químicos (compostos energéticos, compostos tóxicos e irritativos, etc.). As fibras nos floemas podem ocorrer em feixes ou bem distribuídas na área da casca interna. Suas funções estão ligadas ao fortalecimento da matriz estrutural da casca. Elas são também de paredes espessas e ricas em lignina.



Fibras de casca

Um outro tipo de célula bem lignificada e de paredes bastante espessas são os conhecidos esclereídeos ou células pétreas ("stone cells"). Elas são o resultado de modificações em células do raio medular ou do parênquima axial. Os esclereídeos são células bastante rígidas, de parede bem espessa e altamente lignificadas. São por essa razão chamados de células pétreas. Às vezes, essas células possuem a impregná-la alguma substância de cheiro e sabor desagradável. As árvores de eucalipto fazem esse tipo de célula para tornar a casca pouco apetitosa para insetos, herbívoros e outros animais. Essas células se transformam em pontos de contaminação nas polpas, pois se não são removidas pela depuração, podem causar defeitos tipo "olho de peixe" nos papéis calandrados.



Esclereídeo

Quando os esclereídeos não recebem a impregnação com suberina ou outros compostos que dificultam sua degradação, eles são denominados felóides. Os esclereídeos e os felóides ajudam a evitar o colapso das cascas em condições extremamente severas de adversidades, isso devido suas paredes muito espessas. Eles possuem distribuição bastante difusa na casca, mas às vezes ocorrem em grupos numerosos e constituem sérios problemas na polpação.

As bolsas de resina ou de goma ("kino pockets") aparecem nas cascas como resultantes de injúrias traumáticas nas mesmas, mas elas podem ocorrer também em condições normais, conforme a espécie. As cascas muito vermelhas em *Corymbia* e em *Eucalyptus* muitas vezes

estão associadas à presença de resinas ou gomas de coloração vermelha ou marrom. As células que originam bolsas de goma são células de parênquima, produzidas pelo câmbio vascular. Antes do espessamento da parede celular e da sua lignificação, essas células passam por uma atividade meristemática complementar e formam bolsas onde se colocam as gomas e extrativos que elas produzem na casca.

Uma outra anomalia anatômica que surge em algumas espécies, são as glândulas secretoras de óleos essenciais. Elas se situam ao lado de uma cavidade na casca e secretam o óleo para o interior dessas cavidades. Em geral elas são células vivas, por essa razão, se situam no floema ou casca interna.

Olhando-se ao microscópio, as diferentes regiões da casca são muito diferentes. A casca interna pode-se considerar como uma continuação do xilema, pelas semelhanças das suas células. Já a casca externa tem aspecto muito distinto e particular. Existem áreas regulares e não colapsadas que se mesclam com regiões totalmente colapsadas e irregulares. O colapso causa distorções nos tubos crivados, nas células de parênquima radial e axial. Mesmo os esclereídeos mostram aspecto colapsado devido às enormes pressões a que estão submetidos. As feixes de fibras ou falsos anéis de fibras estão distribuídos mais uma menos continuamente no floema, cercados por células de parênquima. Essas por sua vez, possuem freqüentemente cristais prismáticos em seu interior. O felema, ou tecido de súber, é uma mistura de células lignificadas com células suberificadas. O feloderme é mais uniforme que o felema, parecendo-se com células de parênquima.

Uma casca típica de *Eucalyptus* pode conter cerca de 25 a 45% de elementos fibrosos (fibras de floema e tubos crivados), 40 a 60% de parênquima e raios e de 2 a 15% de esclereídeos.

Em algumas espécies, como *E.paniculata*, os canais e bolsas de goma são abundantes na casca. Em outras espécies, como *E.grandis* e *E.saligna*, a presença de extrativos em cavidades da casca são também observados com alguma freqüência.

A intensa presença de minerais na casca pode ser resultado de muitas células de parênquima contendo cristais de oxalato e carbonatos de cálcio e magnésio. Esses cristais são armazenados pela planta para uso posterior, mas eles também são úteis para prejudicar a palatabilidade e digestibilidade da casca.

Um dos mais extensos trabalhos realizados sobre anatomia da casca de *Eucalyptus* foi feito por Verônica Angyalossi-Alfonso, em 1987. Desse estudo, inclusive foi gerada uma chave taxonômica para separar espécies de *Eucalyptus* baseados na presença e frequências de diversos elementos anatômicos da casca, como esclereídeos, células parenquimatosas, tipos de pontuações, distribuição de parênquimas na casca, presença de glândulas e cavidades de óleos e gomas, etc.

A avaliação anatômica de polpas de casca de eucalipto tem mostrado algumas características importantes, como sua alta população fibrosa (mais de 20 milhões de "fibras" ou fragmentos de fibras por grama de polpa) e baixo coarseness (cerca de 4 a 5 mg/100 metros). As fibras medidas inteiras mostram-se mais longas que as fibras da madeira, em média cerca de 20% mais longas. A espessura da parede celular varia entre 2,5 a 5 micrômetros.

Algumas dimensões relatadas para elementos anatômicos de cascas de eucaliptos:

- Elementos de tubos crivados: diâmetros de 25 a 150 micrômetros, e presentes em cerca de 30 a 60/mm<sup>2</sup> por seção transversal de casca.
- Células fibrosas do floema: 0,7 a 1,2 mm de comprimento, cerca de 10 a 20 micrômetros de largura, espessura da parede celular de 2 a 6 micrômetros.
- Células de parênquima axial: 20 a 50 micrômetros de altura e 10 a 25 de largura;
- Células de raios medulares: 10 a 20 raios por milímetro no corte tangencial e altura de 60 a 250 micrômetros;
- Esclereídeos: células com mais de 6 micrômetros de espessura da parede celular, sendo algo irregulares em forma, mas que lembram uma célula de parênquima, mas com altíssima espessura de parede. Os

esclereídeos podem mostrar muitas pontuações, pois se derivam de células de parênquima.

## 8. COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA CASCA DOS EUCALIPTOS

As cascas das árvores dos eucaliptos se constituem em armazéns de inúmeros produtos químicos, como açúcares, ceras, pectinas, álcoois, óleos, flavonóides, gomas, resinas, suberina, celulose, hemiceluloses, lignina, minerais, etc. Entretanto, para fins de produção de celulose e papel, a preocupação é sempre voltada para os teores dos componentes estruturais como celulose, hemiceluloses, lignina e compostos extrativos ou solubilizados por água, soda ou solventes orgânicos. Os minerais que são muito abundantes nas cascas, às vezes sequer são percebidos em suas quantidades, pelo desconhecimento dos técnicos sobre o tema.

As cascas são péssimas matérias primas fibrosas, já vimos que o conteúdo em elementos que se assemelham a fibras não é muito alto. Existe na verdade muito mais células pequenas e células de parênquima, denominadas genericamente de finos, do que reais fibras. Além disso, esses elementos alongados são em geral mais fracos pois têm paredes fracas e muitas vezes deformadas. Algumas de suas células, como os esclereídeos, chegam a ser contaminantes ao processo de fabricação do papel, pois se não são descartados pelos hidrociclones, podem acabar por trazer imperfeições às folhas de alguns tipos de papéis. O teor de elementos de tubos crivados, correspondentes aos elementos de vasos das madeiras, também é elevado.

As cascas são também materiais combustíveis de segunda qualidade, pois em geral são muito úmidas, volumosas e possuem altos teores de cinzas.

Quimicamente as cascas se diferenciam das madeiras principalmente pelos teores de extrativos e de minerais. Os extrativos ocorrem em teores elevados, tanto os materiais solubilizados pela água,



como pela soda cáustica, como pelos solventes orgânicos. Esses compostos ou são açúcares facilmente solúveis, ou são compostos de impregnação, ou são sais minerais capazes também de serem dissolvidos por água quente. Os extrativos em água quente nas cascas de espécies comerciais de eucaliptos varia entre 5 a 20%. A maioria está presente na casca interna, rica em seiva elaborada, praticamente compostos já solubilizados em água. As diferenças encontradas são muito grandes, pois dependem da forma como foi a casca amostrada, da relação entre casca interna e externa, e da situação fisiológica da árvore. Quando a casca é fresca, recém retirada da árvore, ela tem dificuldades em liberar material extraível em água. Entretanto, quando ela é secada e depois submetida à extração, muito maior quantidade de material se dissolve em água. Como a preparação da casca para análises implica em se secar e depois moer a casca, os teores de extrativos em água são sempre aumentados devido a essa forma de preparação. A razão para essa diferença é que a secagem destrói membranas semi-permeáveis que envolvem os conteúdos celulares. Com isso, o "leaching" fica favorecido. Os lixiviados de casca são muito ricos em DQO (Demanda Química de Oxigênio) e DBO (Demanda Biológica de Oxigênio). Esses valores extraídos da casca em termos de DQO variam de 0,15 a 0,40 gramas de DQO por grama de casca seca. Há também contribuição elevada da DBO, que equivale para a casca em cerca de 20 a 30% da DQO. Isso indica certa facilidade de decomposição de muitos compostos dos lixiviados, apesar da toxicidade de muitos compostos presentes nas cascas. O lixiviado obtido das cascas é rico tanto em compostos orgânicos, como em compostos minerais inorgânicos. Sódio, potássio e fósforo são facilmente lixiviáveis, enquanto cálcio e nitrogênio são mais difíceis. Por essa razão, os lixiviados de casca apresentam alta relação C/N (carbono/nitrogênio). Os pHs dos lixiviados de casca são baixos, dependem do estágio de decomposição da casca, mas em geral variam de 4,5 a 5,5. Sob condições anaeróbias, o pH do lixiviado pode ser inclusive menor ainda. A concentração dos lixiviados dependerá da relação de água pela matéria seca, do tempo de exposição à água e das características da casca em questão. Existem

fábricas de celulose que fazem uma aspersão de água sobre as toras ou sobre as pilhas de cavacos. O lixiviado será tanto mais concentrado, quanto maior for a presença de cascas nos cavacos ou toras.

Os extrativos em solventes orgânicos variam entre 2 a 10%, dependendo do tipo de solvente empregado. Valores mais altos são conseguidos em soluções contendo álcool. Como a maioria dos laboratórios costumam realizar análises com diclorometano, os valores de extrativos acabam inocentemente baixos, o que é uma realidade típica do solvente empregado, que extrai pouco material das cascas. Os resultados em DCM mostram -se entre 0,8 a 2,0%, muito mais baixos que os resultados para extrativos em álcool/tolueno ou álcool/benzeno.

No que diz respeito aos extrativos de natureza lipofílica, a casca interna e externa se diferenciam bastante. Em ambos os casos, os teores de extrativos são maiores que os encontrados nas madeiras correspondentes. Logo, o teor de casca que acompanha os cavacos pode ajudar a maximizar os problemas de pitch nas polpas e no processo. A casca interna possui em sua composição, ácidos graxos que são comuns no xilema (beta-sitosterol, ácidos palmítico, oleico e linoleico). A casca externa possui mais ácidos triterpênicos do tipo betulínico, ursólico e oleanólico.

A solubilização da casca em soda cáustica a 1% também é elevada (entre 20 a 35%), cerca de mais que o dobro mostrado pelas madeiras do gênero.

Como consequência dessas altas proporções de extrativos, as quantidades de carboidratos acabam sendo baixas: celulose Cross & Bevan (40 a 45%), pentosanas (12 a 18%). Dentre os carboidratos, a glucose é a mais abundante (aproximadamente 70 a 75% do total dos carboidratos), seguindo-se a xilose (20 a 30%) e a arabinose (2,5 a 5%). Grupos acetil representam 2,5 a 3,5% e ácidos urônicos de 3 a 4% do peso da casca.

As determinações de lignina encontradas na literatura são quase sempre feitas pelo método Klason (lignina insolúvel em ácido). Como a maioria dos laboratórios não faz a parte solúvel em ácido da lignina e tampouco faz a correção da lignina frente ao teor de cinzas presentes

na mesma, os resultados acabam prejudicados duplamente. Outro fator a prejudicar os resultados é que muitos analistas acabam realizando o teste de lignina em material que não foi previamente extraído para que o ensaio seja realizado em material isento de extrativos como preconizado. Com isso, mais um ponto de discrepância é introduzido. Os teores reportados de lignina Klason para cascas de eucaliptos variam entre 12 a 20%, até mesmo pelas imperfeições analíticas previamente mencionadas, o que acaba diminuindo os resultados.

Há também muita confusão científica no que se refere à "lignina da casca". Isso porque na casca existem muitos compostos fenólicos e até mesmo a suberina, que se confundem com a lignina nos ensaios convencionais. Há consenso entre os autores que os teores de lignina nas cascas são inferiores aos de lignina nas madeiras da mesma árvore. Além disso, a lignina da casca é estruturalmente diferente da lignina da madeira, principalmente pelo menor teor de grupamentos metoxílicos. É reconhecido que a lignina da casca obtida pelos métodos convencionais, é na verdade uma mistura de diversas substâncias aromáticas, próximas à lignina em alguns casos.

Outra grande riqueza das cascas é seu teor de sais minerais. O teor de cinzas da casca é bastante alto. Isso porque a planta acumula minerais na forma de cristais nas células de parênquima, ou os está translocando livres ou adsorvidos na composição de constituintes da seiva orgânica. Recentemente, com a cada vez maior conscientização para os problemas de exaustão dos solos pela exportação de nutrientes pela madeira e casca, esse fato passou a ser mais avaliado pelos cientistas e técnicos. A casca é riquíssima em minerais. Cerca de 3 a 10% de seu peso consiste de minerais na forma de cinzas. Uma enorme quantidade de minerais é então exportado pelas retiradas de casca das florestas de eucaliptos. Estamos aqui falando apenas dos minerais presentes na composição química das cascas. Há ainda minerais exportados na forma de solo ou terra aderidos à casca das toras, o que colabora ainda mais para o empobrecimento dos solos. O solo que se perde é exatamente o solo mais superficial da floresta, aquele rico em nutrientes em processo de ciclagem dos mesmos. É exatamente desse

solo que algumas toneladas de raízes finas por hectare de florestas de eucaliptos buscam seus minerais para a nutrição das árvores do povoamento.

Para fins de se calcular a quantidade de elementos minerais presentes na casca de árvores comerciais de *Eucalyptus*, vamos simular uma situação prática de um povoamento clonal de *E.saligna*, com um incremento médio anual de 45 m<sup>3</sup>/hectare.ano de toras comerciais com casca. Esse povoamento aos 7 anos dará uma produção de 315 m<sup>3</sup> de madeira mais casca por hectare. Se a proporção volumétrica de casca for de 12%, a distribuição entre casca e madeira no abate das árvores será de 37,8 m<sup>3</sup> de casca e 277,2 m<sup>3</sup> de madeira comercial. Admita-se agora que a densidade básica da casca tenha sido 0,35 g/cm<sup>3</sup> e da madeira de 0,50 g/cm<sup>3</sup>. A proporção em peso de casca passará a ser de 8,7% e da madeira de 91,3%. Ao se produzirem 37,8 m<sup>3</sup> de cascas por hectare aos 7 anos, teremos um peso seco correspondente de 13,2 toneladas secas de casca. Sendo o teor de cinzas, método analítico de determinação, na casca encontrado como sendo de 6,5%, teremos uma presença de 0,86 toneladas de cinzas nas cascas dessas árvores colhidas em um hectare de florestas.

Admitindo-se que o teor de cinzas médio na madeira de *E.saligna* seja de 0,35% base peso seco, teremos uma quantidade de cinzas na madeira total do povoamento correspondente a 0,49 toneladas de cinzas. Significa que teremos muito mais cinzas exportadas pelas cascas do que pela madeira, se ambas forem retiradas durante a colheita florestal. Teores de cinzas superiores a 0,5% nas madeiras são encontrados para algumas espécies de *Eucalyptus*, como *E.globulus* e *E.dunnii*, que são mais acumuladoras de minerais do que *E.saligna* e *E.grandis*. Mesmo que o teor de cinzas na madeira atingisse 0,6%, a quantidade de cinzas minerais extraídas pela madeira ainda seria praticamente a mesma da extraída pela casca. Em resumo, a quantidade de cinzas extraídas pela casca das árvores é significativa e na maioria das vezes ligeiramente maior do que é extraído e exportado pela madeira do mesmo povoamento.

Como seria a composição média dessas cinzas das cascas?

Uma amostra de cinzas analisada para o nosso mesmo *E.saligna* do ensaio, mostrou os seguintes teores de nutrientes:

Nutriente nas cascas	gramas do nutriente/kg cinzas secas	kg de nutriente extraído por hectare nas cascas	Teor de minerais base casca seca (%)
CÁLCIO	315	271	2,05
POTÁSSIO	40	34,5	0,26
MAGNÉSIO	25	21,5	0,16
MANGANÊS	24	21,1	0,15
NITROGÊNIO	23,5	20,9	0,15
SÓDIO	8	6,9	0,05
FÓSFORO	6	5,1	0,039
ENXOFRE	3	2,6	0,0198
FERRO	2	1,7	0,0130
ALUMÍNIO	1	0,84	0,0065
SILÍCIO	0,5	0,43	0,0032
BORO	0,180	0,15	0,0012
COBRE	0,030	0,026	0,00019
MOLIBDÊNIO	0,004	0,004	0,00003
<u>Total de íons minerais</u>	448,2 g/kg	387 kg íons minerais/hectare	
<u>Total de cinzas</u>	1000 gramas (amostra)	863 kg cinzas/hectare	

Resumo para o povoamento clonal de *E.saligna* plantado na região de Guaíba-RS / Brasil, com 7 anos de idade:

Volume total de madeira colhida:

277,2 m<sup>3</sup> / hectare

Volume total de casca nas toras colhidas:	37,8 m <sup>3</sup> /hectare
Peso total de madeira colhida:	138,6 toneladas secas/hectare
Peso total de casca colhida:	13,2 toneladas secas/hectare
Peso total de cinzas na madeira colhida:	0,49 toneladas/hectare
Peso total de cinzas nas cascas das toras:	0,86 toneladas/hectare

A grande riqueza mineral das cascas de eucalipto é o seu conteúdo em cálcio (macronutriente). Também são importantes os teores de potássio, magnésio e do micronutriente manganês. Esses minerais merecem ser administrados para a sustentabilidade futura do sítio. Exportá-los via retirada pura e simples, sem reposição significará o empobrecimento gradual do solo e prejuízos para as futuras produtividades das florestas em gerações subsequentes.

Voltaremos a respeito desse tema em nosso capítulo sobre "Elementos minerais, exportação e ciclagem de nutrientes em plantações de eucaliptos", a ser lançado brevemente nesse nosso online book.

## 9. DESCASCAMENTO DAS TORAS DE EUCALIPTOS

As fábricas de celulose são extremamente cautelosas quanto à qualidade da matéria prima fibrosa. Há boas razões para isso e todas se relacionam à produtividade, qualidade e custos operacionais. Preferencialmente, a madeira a ser convertida em cavacos deve ser a de toras de tronco, obtida de árvores saudáveis, sem nós, sem tortuosidades e com o mínimo de casca. Significa que as toras necessitam de um descascamento prévio, antes de serem convertidas em cavacos.

Há inúmeras razões para se descascar a madeira, mas a maioria das empresas sabe que sua operação fabril é facilitada e otimizada quando a casca das árvores é removida. Isso tem sido aprendido tanto nos laboratórios, quanto pela própria vivência operacional.

As cascas das árvores dos eucaliptos trazem diversos problemas operacionais e de qualidade dos produtos, tais como:

- a) na estocagem da madeira com casca, a susceptibilidade ao ataque de microrganismos é maior;
- b) na produção e classificação dos cavacos, há maior produção de finos e de grumos de cascas e maior ocorrência de entupimentos das peneiras de classificação dos cavacos;
- c) na estocagem dos cavacos em silos e em seu manuseio, é muito maior ocorrência de entupimentos;
- d) na alimentação e circulações mássicas em digestores contínuos, é muito maior a ocorrência de entupimentos das peneiras das circulações de licor;
- e) maior entupimento das telas de filtros lavadores devido presença de material fino;
- f) aumento substancial no teor de sólidos secos à caldeira de recuperação devido menor rendimento no cozimento e maior demanda de álcali ativo para polpação;
- g) dificuldades operacionais nos evaporadores devido incrustações de matéria orgânica e de sílica, exigindo mais freqüentes lavagens;
- h) muito maior formação de espumas devido presença maior de extrativos nas cascas;
- i) rendimento em celulose muito menor, podendo com isso causar uma perda de produção diária da fábrica;
- j) muito maior consumo de reagentes químicos, tanto no cozimento (álcali ativo), como no branqueamento (cloro ativo);
- k) maior quantidade de íons metálicos que comprometem o branqueamento ECF e TCF onde se usam compostos de oxigênio;
- l) frente à menor densidade básica da casca, ela ocupa um volume dentro do digestor que poderia ser ocupado por maior peso de cavacos de madeira. Conseqüentemente, a produção do digestor é menor quando há casca acompanhando os cavacos em relação a quando se cozinha madeira isenta de casca. Significa que uma mesma fábrica pode ter sua produção aumentada se deixar de consumir casca junto aos cavacos.



- m) a presença de casca provoca o escurecimento da celulose e muito maior teor de sujeiras contaminantes, o que exige uma depuração muito mais sofisticada;
- n) a casca está sempre associada à presença de outros contaminantes como terra, areia, galhos e folhas. Todos prejudicam a qualidade do produto e as operações desde o cozimento até a produção do papel. Além disso, há também a abrasão dos equipamentos causada por esses contaminantes.
- o) as resistências físico-mecânicas da celulose diminuem pela presença de casca;
- p) na preparação da massa, o controle da refinação é prejudicado pelo fato das fibras e finos da casca possuírem drenabilidade mais lenta e maior índice de retenção de água ("Water Retention Value");
- q) na máquina de papel, há dificuldades com a drenagem, com a resistência à úmido das folhas e com a qualidade do papel.

Por todas essas razões, além de outras que serão relatadas mais adiante, as fábricas costumam descascar as toras de eucalipto. Entretanto, essa operação não é simples. Pelo contrário, é sempre difícil se obter um descascamento bem eficiente devido à variabilidade das toras em dimensões (diâmetro e comprimento), bem como às resistências e adesão da casca. Por exemplo, as toras finas, de diâmetros abaixo de 7 cm, são muito difíceis de serem descascadas, tanto no descascamento no mato, como nas operações em fábricas. Por isso, algumas fábricas adotam operação mista, descascando as toras mais grossas e picando as toras finas com casca, ou para biomassa energética, ou mesmo para produção de celulose, aceitando que parte dos cavacos contenha uma certa fração de casca. Dessa forma, convivem com uma certa dosagem de casca nos cavacos, sendo que isso pode variar entre 12 até 30% do total de casca que as toras possuem. Isso representa cerca de 1 a 3% de casca base peso seco dos cavacos. As perdas e vantagens que isso acarreta serão objeto de avaliação mais adiante.

Parte do problema para remoção eficiente da casca está na própria variabilidade que existe entre espécies, entre árvores e entre dimensões das toras. Outro fator perturbador é o tempo decorrido entre a colheita (corte da árvore) e o descascamento propriamente dito. A casca pode ser facilmente removida quando a árvore é recém abatida (umidade da casca entre 60 a 70%), Conforme ela vai-se secando, ela se contrai e forma uma camisa difícil de ser removida por meios mecânicos (umidade da casca entre 45 a 55%). Só após uma secagem muito intensa, quando a casca começa inclusive a se soltar do tronco e a se arrebentar naturalmente , é que o descascamento fica facilitado de novo (umidade da casca entre 35 a 40%). Por essas razões, as eficiências dos descascamentos conhecidos é muito variável: entre 95% para as condições melhores , até 65 a 85% para as condições intermediárias e piores. Resumidamente, se quisermos descascar toras de eucalipto, temos que saber e poder gerenciar bem esse processo. Toras recém abatidas (até 3 semanas de corte), ou toras já praticamente secas (mais de 3 meses de estocagem com casca) são as mais fáceis de serem descascadas. Tudo isso implica em operações adicionais, manuseio , estocagens , maquinário extra, e são todas somadoras de custos e de capital de giro. Por essa razão, é que apesar de todo conhecimento em relação aos prejuízos causados pelas cascas, as empresas acabam aceitando algumas ineficiências nessas operações de descasque. Todas essas exigências conduzem a enormes engenharias de logística na área florestal para compatibilizar os diferentes suprimentos em espécies, idades, locais, qualidade de madeira, tempo pós corte, etc., etc.

As dificuldades no descasque estão associadas à adesão da casca à madeira, à espessura e teor de casca, ao tipo de casca, à rugosidade e resistência da casca, ao teor de nós nas toras, ao diâmetro das toras e ao teor de umidade da casca. A adesão da casca na madeira está correlacionada à estação do ano, ao tipo de casca, ao teor de umidade da casca e da madeira, à anatomia da casca, dentre outros fatores. A adesão da casca é muito maior quando a árvore está sofrendo ou sofreu algum stress significativo, como seca forte, incêndio, ataque de alguma praga, déficit de nutrientes no solo, etc.

O descascamento em si não é uma operação simples. Existem diversos métodos para fazê-lo e todos são conhecidos por não removerem toda a casca e por causarem perdas de madeira. Outro problema associado pode ser a disposição a ser dada à casca e resíduos associados a ela. Quanto mais rápido e violento e drástico o método, maior é a quantidade de madeira perdida na operação. Como os descascadores nas fábricas precisam ser robustos e violentos, a perda de madeira é inevitável. O descascamento pode representar perdas de madeira que variam de 0,2 a 0,5 % para os descascamentos manuais ou descascadores de campo móveis que se baseiam em facas ou correntes para descasque. Já para descascadores mais robustos como tambores descascadores, a perda de madeira pode facilmente atingir 1,5 até 3% (ou até mais). A eficiência de descascamento também varia bastante entre esses métodos. Para os primeiros tipos de descasque, onde se perde pouca madeira, a eficiência é bem maior, podendo facilmente ser maior que 95% de casca removida. No caso de tambores descascadores, quando se conseguem eficiências de 85% podemos ficar muito felizes, pois elas variam de 60 até no máximo 90%. Muito pouco pelo esforço envolvido.

As fábricas estão então sempre espremidas pelo dilema: descascar melhor e perder mais madeira ou descascar pobremente e perder menos madeira. Em geral a opção do descasque manual ou de descasque em modelos móveis pequenos é pouco difundida pois demandam muita mão-de-obra. Apesar disso, seus custos globais são competitivos, pois são operações simples, sem grande impacto nas operações silviculturais. Pelo contrário, o impacto acaba inclusive sendo benéfico, pois nessas operações a casca permanece no campo como fonte de nutrientes às futuras gerações de florestas. Além disso, a baixa mecanização causa menos impactos sobre os solos e sobre as cepas das árvores, melhorando a condução ou a reforma das florestas.

Economicamente falando, é claro que a madeira é a mais valiosa das matérias primas e que a polpa é o mais valioso e vendável dos produtos da fábrica de celulose. Um enorme valor é adicionado pelas fábricas de celulose quando convertem madeira de eucalipto para polpa

branqueada de mercado. Por essa razão, é claro que as fábricas precisam avaliar cuidadosamente essa operação de descascamento, que pode variar entre o "céu e o inferno" para elas.

Um descascamento eficiente na fábrica pode conduzir a uma polpa de melhor qualidade e a uma performance superior de toda a operação industrial. Entretanto, as conseqüências podem ser a maior perda de madeira e as dificuldades em se dispor os resíduos de casca, madeira e sujeiras associadas, como terra, pedras, folhas, etc.

Uma vez que a maioria das espécies de *Eucalyptus* são de difícil descascamento, não é somente a operação de descascamento que precisa ser avaliada, mas todo o conceito, envolvendo todas as respostas às inúmeras perguntas que se sucedem, como as que envolvem: quem? quanto? onde? como? por quanto?

As cascas de eucalipto não se fragmentam em pedaços pequenos quando submetidas a forças dentro dos tambores descascadores. Isso é comum para *Pinus*, mas para eucalipto não. Elas tendem a se separar das toras e formarem pedaços compridos como fitas ou cordas. Ao invés de saírem dos tambores pelos orifícios laterais para saída de casca, essas cordas acompanham as toras e vão para operações subsequentes, como lavagem das toras, picagem e classificação dos cavacos. É definitivamente um desafio para se vencer essa dificuldade. Enormes quantidades dessas fitas de casca estão sempre entupindo os orifícios das peneiras e dando trabalho extra e difícil aos operadores. Além disso, são causadoras constantes de perdas de tempo. Para se garantir desses problemas, os gestores das fábricas trabalham com enormes pilhas de cavacos para poderem dormir mais sossegados em relação ao abastecimento dos digestores. Só que sobrecarregam demasiado as necessidades de capital de giro da empresa com seus estoques elevados. Mais alguma coisa a se colocar entre o céu e o inferno. A vida do operador do pátio de madeira definitivamente é complexa, pois ele precisa tentar administrar diferentes espécies, idades, tempos pós corte, diâmetros de toras, estação do ano, umidades, ritmos de produção e de estocagens, etc. Algo a lhe trazer sempre desafios motivantes, mas também estressantes. Entretanto, o que se vê muitas

vezes é a acomodação e a aceitação de que as perdas são inevitáveis, bem como as deficientes eficiências de descascamento.

Nas fábricas, temos que distinguir muito bem entre as eficiências dos descasques ( nos descascadores da fábrica ou no campo) e o quanto realmente entra de casca junto com os cavacos no digestor. Isso porque existem outros mecanismos de se remover cascas ao longo do processo, como as mesas receptoras de toras, as estações de lavagem das toras, as peneiras de classificação dos cavacos, etc. Pode-se por exemplo, termos eficiências de descascamento de 85%, com toras carregando ainda cerca de 1 a 1,5% de cascas. Entretanto, pelos diversos outros mecanismos de remoção de cascas, podemos ter cavacos contendo entre 0,2 a 0,5% de casca em peso. Isso significaria um total de mais de 95% de remoção de casca ao longo do processo. Paralelamente temos que saber a que custo e com qual perda de madeira. Em geral as perdas de madeira são toretos finos que se partem em pedaços pequenos (cerca de 50 a 90 cm) ou são toras que se esmigalham e praticamente se esfarelam pelas enormes ações mecânicas.



Perdas de madeira e fitas de cascas acompanhando toras ao picador

Quando as cascas estão soltas e secas, elas podem ser removidas até com alguma facilidade na lavagem das toras e na etapa de classificação dos cavacos. Entretanto, se elas são demasiadas e se essas operações complementares são deficientes também, facilmente os cavacos adentram ao digestor com mais de 2% de cascas em peso, uma lástima para quem investiu tanto em estações de descascamento.

Quando o descascamento é feito no campo, as cascas que acompanham as toras que chegam à fábrica estão em geral soltas e secas, mais como contaminações de manuseio e não são cascas aderidas às toras devido mau descasque. Por essa razão, elas se soltam com facilidade nas mesas receptoras e operações subsequentes.

Os fornecedores de equipamentos estão sempre buscando inovações para melhorar o descascamento das toras dos eucaliptos. Elas em geral consistem em espaçamentos diferenciados entre os rolinhos de aceleração das toras, ou em velocidades diferentes entre seções. Isso faz com que as toras mais longas sigam e as cascas em fitas caiam pelas aberturas. O problema é que por aí se perdem toretes pequenos de madeira também. A seguir, a dificuldade é manusear esses resíduos.



Quando essas fitas de casca seguem para os picadores, elas são também difíceis de serem picadas. Podem embuchar ou saírem ilesas da picagem. O resultado costuma ser uma massa amorfa, rica em finos, que tende a se acumular a e entupir as peneiras de classificação dos cavacos. É muito comum a necessidade de uma limpeza manual a cada turno nas peneiras de cavacos, para remover as cascas que entopem as aberturas das peneiras. Uma enorme dificuldade, na maioria das vezes, inesperada.

Por todas essas razões, é muito comum se encontrar entre 1 a 1,5% de casca nos cavacos, isso com base em seu peso seco. Do ponto de vista de qualidade e produtividade, esses valores não são bons. Assumindo que as toras possuam entre 8 a 10% de casca base seu peso seco, se continuarmos com 1 a 1,5% de casca nos cavacos, a remoção foi

de aproximadamente 85%. Nas fábricas que mostram 2,5% de casca nos cavacos, a eficiência de todas as operações de descascamento envolvidas fica em apenas 70%. Muito baixa para o tremendo investimento e esforço envolvidos.

Paralelamente às eficiências de descasque, que precisam ser monitoradas e melhoradas, temos as perdas de madeira. Essas podem ser de dois tipos: toretes curtos e madeira esfacelada. As perdas de madeira em tambores descascadores podem facilmente atingirem 3 a 4% se pouco controladas. O pior dos mundos é a combinação de baixas eficiências de descascamento (cerca de 65 a 70%) com altas perdas de madeira nessa operação (acima de 3%). Exemplos como esses não são ocasionais, eles existem, infelizmente. Muitas vezes, essas performances muito pobres encontram-se escondidas pela altíssimas produções e pelos ritmos alucinantes das fábricas, Sempre fica a explicação que temos gargalos e restrições devido a esses ritmos de produção. O problema é que poucos se aventuram a calcular as perdas econômicas disso tudo. Na maioria das vezes, a área de preparo de madeira é vista como pouco charmosa pelos dirigentes e pouco merecedora de investimentos em muitas empresas fabricantes de polpa e de papel. Curioso isso, tanta preocupação com o melhoramento genético das árvores e depois poucos cuidados na preparação dos cavacos que constituirão a matéria prima fibrosa fundamental para o sucesso das operações. Se queremos melhorar a madeira, engenheirá-la para o processo, devemos nos preocupar com sua conversão a cavacos de qualidade, senão onde estará a lógica disso tudo? Por descuido, ou por ingenuidade, os valores reais dessas perdas e ineficiências quase sempre são esquecidos.

Controles mais eficientes da operação de descascamento dependem dos avanços dos recentemente engenheirados descascadores, quer de operação dentro como fora das fábricas. Os novos tambores estão sendo construídos para realmente descarregar as cascas, e para não machucar demais as toras. A otimização, a simulação por sensores óticos (raios de luzes internos aos tambores), a operação e controles online, estão sendo apresentados pelos fornecedores como alternativas



para: a) minimizar perdas de madeira; b) controlar mais eficientemente o processo; c) melhorar a remoção de casca; d) maximizar a qualidade dos cavacos ao digestor em termos de sua pureza, dimensões e uniformidade. Com controles online através de *scanners* é também possível se acompanhar o teor de casca nas toras saindo dos descascadores e de toretes perdidos como madeira nas cascas removidas pelo descascador. Com isso, o operador pode mais facilmente fazer ajustes para minimizar as perdas e as contaminações.

Apesar de todas essas melhorias, a operação demanda constantes cuidados, já que vimos a altíssima variabilidade do suprimento de madeira às fábricas. A cooperação constante entre o pessoal das fábricas e o pessoal florestal é essencial. Também, é importante que cada área conheça as limitações das outras, para que juntas consigam otimizar as operações

Em operações estado-da-arte em fábricas modernas com descascamento dentro ou fora das mesmas, fala-se hoje em teores de casca acompanhando os cavacos de menos de 0,5% (até mesmo 0,25% é razoavelmente atingido), em perdas de madeira no descascamento em tambores de cerca de 1,25 até 2%, e em teores de madeiras na casca enviada para biomassa de 15 a 35% base peso seco. É claro, que na utilização da casca como biomassa, há nela a incorporação de finos e rejeitos da classificação dos cavacos, o que aumenta essa proporção de madeira na casca.

## 9.1 – Descascamento na floresta



Atualmente, existe cada vez mais a tendência de se descascar as árvores na floresta. A razão principal é ecológica, mas os resultados econômicos daí advindos são também relevantes. A casca permanecendo na floresta colabora para melhorias substanciais na conservação do sítio florestal e em sua produtividade. Não importa qual seja a forma de se descascar na floresta, o importante é que a casca seja bem distribuída pelo solo, de forma a não cobrir as cepas, pois se isso acontecer, a brotação ficará prejudicada e a nova geração de árvores ficará muito desigual, com muitas falhas.

Existem diversos métodos para se descascar as árvores de eucaliptos nas florestas, alguns muito produtivos, outros promissores e até mesmo alguns apenas como referência de livro. Está nesse caso o descascamento da árvore em pé, usando um produto químico para matar a árvore, ou o anelamento da casca. Depois da árvore morta, a casca se solta com facilidade, mas isso toma meses.

A forma mais primitiva de se descascar toras no campo é o descascamento manual, usando facões e machados. Isso demanda uma enorme quantidade de mão-de-obra, quase sempre de baixos salários e de difícil obtenção. Há muitas ineficiências associadas e praticamente só é feita para toras muito grossas, onde existam limitações nos equipamentos descascadores. A produtividade é muito baixa, os riscos de acidentes e de incêndios florestais aumentam dramaticamente. Por essas razões, o descascamento manual tende a ser referência de museu. As modernas e competitivas fábricas de celulose não podem basear-se em um exército de pessoas mal pagas para alcançar seu sucesso. Primeiramente, porque esse exército de pessoas não estaria disponível, segundo, porque é um processo muito pouco produtivo, e terceiro, porque as pessoas são muito mais necessárias por seus cérebros do que por seus braços.

Existem máquinas de descascamento simples, portáteis, móveis e de muito boa eficiência. Elas são tracionadas por tratores agrícolas e requerem de 3 a 4 pessoas para operar cada máquina. Cada tora é alimentada individualmente para os mecanismos descascadores, que são

facas ou correntes rotativas. A eficiência de descascamento é excelente, acima de 95% e as perdas de madeira são mínimas (entre 0,2 a 0,5%). O fator limitante é o fato que cada tora toma mais ou menos o mesmo tempo para ser descascada, independentemente de seu volume. É uma operação linear e por isso depende muito da qualidade da floresta sendo descascada. Quando uma floresta tem bom volume, com toras de diâmetros médios de cerca de 20 cm, a produtividade de cada máquina atinge 45 - 50 m<sup>3</sup>/hora. Quando a floresta é pobre, com diâmetros médios de toras de 10 - 12 cm, a produtividade da máquina é reduzida a 15 - 20 m<sup>3</sup>/hora. Outro fator limitante é que as toras não podem ser muito longas, em geral de 2 a 2,5 metros. É tipicamente uma operação para toras curtas. São requisitos básicos para essa operação: a) toras devem ser frescas, praticamente recém abatidas; b) os diâmetros devem estar entre 5 a 35 cm; c) as velocidades lineares de alimentação devem ser de 40 a 80 metros de toras por minuto; d) as toras abatidas pelos cortadores de árvores devem estar bem organizadas para favorecer a produtividade das máquinas descascadoras; e) a casca deve ficar muito bem espalhada nas entrelinhas da floresta, evitando se cobrir as cepas quando a floresta for conduzida para nova rotação; f) as toras com diâmetros acima de 35 cm, precisam ser descascadas manualmente pelos operadores.

De qualquer forma, essas operações apesar de robustas são de muita facilidade. O conceito é simples e a produtividade, a confiabilidade e a disponibilidade das máquinas são boas. Existem poucos fabricantes dessas máquinas no mundo ( [www.demuth.com.br](http://www.demuth.com.br) ; [www.morbark.com](http://www.morbark.com), [www.valonkone.com](http://www.valonkone.com), [www.vkb.com](http://www.vkb.com), etc.).



Fonte: [www.demuth.com.br](http://www.demuth.com.br)

A operação ideal para esse tipo de atividade é a colheita manual feita com moto-serras e a utilização dos descascadores móveis logo a seguir. Cada unidade consegue descascar em média de 25 a 30 m<sup>3</sup>/hora, em condições normais. Em uma jornada de 8 horas diárias pode conseguir produzir entre 200 a 250 m<sup>3</sup>. Existem empresas florestais que estão operando em jornadas de 10, 12 ou 16 horas, dependendo das condições e da época do ano. Significa maior utilização da disponibilidade das máquinas. Isso é mais viável em áreas mais planas e mais limpas, já que a quantidade de pessoas é grande e os aspectos de segurança se multiplicam.

Seja uma fábrica de celulose no Brasil, produzindo 2000 toneladas de celulose por dia. Ela necessitará da colheita de cerca de 8000 metros cúbicos de toras em suas florestas. Considerando que os descascadores tenham uma produtividade de 225 m<sup>3</sup>/dia e que sua disponibilidade seja de 75%, fazem-se necessárias cerca de 45 conjuntos de máquinas para uma operação garantida de suprimento. Umás outras 10 máquinas serão necessárias como reservas, já que há sempre máquinas em manutenção ou paradas para afiação ou ajustes nos elementos cortantes. Definitivamente, trata-se de um razoável exército de máquinas, tratores e de pessoas. A condição mais adequada é se dividir em diferentes frentes, evitando uma concentração de máquinas e pessoas em uma única área.

Uma outra forma para se descascar toras no mato consiste no uso dos *harvesters*. Esses equipamentos foram desenvolvidos para cortar, desgalhar e seccionar as árvores. Entretanto, com um pequeno ajuste no rotor, eles se converteram em eficientes processadores globais, ou seja, entregam a tora seccionada e descascada. Através da ação do rotor, a casca é esfregada, ralada e se parte, soltando com alguma facilidade nas árvores verdes colhidas naquele exato momento. A eficiência nesse momento não é tão grande, talvez seja de 80 a 90% de descascamento. Alguma casca ainda fica aderida nas toras frescas. Como existe um tempo entre a tora ser descascada e ser usada na fábrica, ela acaba propositadamente secando e a casca se desprende

com maior facilidade, quer seja no campo, durante o manuseio e transporte ou na fábrica. Como o processo não foi desenvolvido para ser de alta eficiência em descascamento, exigem-se algumas complementações na fábrica para a remoção de residuais de cascas . O pátio de madeira deve conter mesas receptoras de toras e estações de lavagem das mesmas capazes de remover grande parte do residual das cascas. Os custos adicionais para remoção dessa casca residual são aceitáveis e os resultados finais são excelentes. Pode-se dizer que essa forma de descasque coloca florestais e operadores de pátio em maior harmonia, pois há vantagens para ambos. A integração entre as duas áreas também acaba favorecida, pois o planejamento colabora para melhorias nas eficiências. Como um presente para o solo, as cascas removidas na floresta lá permanecem para fornecerem nutrientes às próximas gerações de árvores. Por todas essas razões é que o pessoal da área florestal se encanta com essa forma de descascamento. A remoção total de cascas na boca do picador chega a atingir 95% e as perdas de madeira são mínimas (menor que 1%)



Os harvesters são equipamentos robustos, de altos custos e de altíssima tecnologia. Eles são máquinas muito bem aceitas pela capacidade que possuem de operar em condições variadas e de cumprir os planos de abastecimento, mesmo em situações adversas. Para uma operação ótima e a baixos custos operacionais, eles também demandam florestas de qualidades boas a excelentes. Isso porque também operam baseados em número de árvores e comprimento de toras. A situação ideal é encontrada em florestas com árvores de ótimo volume ( entre 0,25 a 0,35 m<sup>3</sup> por árvore), em espaçamentos abertos (por exemplo 3 x 3 metros). Com árvores volumosas e espaçadas, e trabalhando com secionamento de toras longas ( entre 4 a 6 metros) a produtividade aumenta bastante. É completamente fora da realidade, usar máquinas como essas para colher florestas com produções abaixo de 150 m<sup>3</sup>/hectare no corte. Os harvesters são equipamentos adequados para operações com toras curtas ou longas , desde 2 até 6 metros de comprimento. Quanto maiores as toras, maior será a sua produtividade. Há uma opção interessante, que é trabalhar com comprimento variável de toras, entre 4 a 6 metros. O próprio operador calcula, árvore a árvore, qual o comprimento a secionar as toras, de forma que não sobre nenhum torete curto na ponta da árvore como resíduo.

Existem diversos parâmetros a influenciar a produtividade dos harvesters, sendo os mais importantes os seguintes: a) volume médio das árvores; b) variabilidade das dimensões das mesmas; c) declividade da área; d) comprimento de secionamento das toras ; e) competência do operador. Quanto melhor a floresta, maior as toras, melhor o operador, maior a produtividade. Em geral, os harvesters produzem de 15 a 22 m<sup>3</sup>/hora. Lembrar que nas produtividades estão incluídas operações de corte, desgalhamento, secionamento ou traçamento e também descascamento. Quando a floresta é de baixa qualidade (árvores entre 0,10 a 0,15 m<sup>3</sup> cada uma, ou menos) a produtividade cai para cerca de 8 a 12 m<sup>3</sup>/hora, completamente inadequada para os investimentos com as máquinas. A operação de descascamento diminui a produtividade de um harvester em 10 a 30%. Essa produtividade fica mais prejudicada quando as árvores são finas, já que o tempo de esfregar e ralar a casca



é o mesmo, tanto para árvores finas ou grossas. Quando as árvores são volumosas, com 0,3 a 0,4 m<sup>3</sup> cada, o descascamento onera a produtividade em apenas 10 a 15%. Por essas e outras razões é que a mecanização com harvesters é mais viável em florestas clonais produtivas, com espaçamentos mais abertos.

Além disso, já vimos que a operação é muito afetada pelo comprimento das toras. Quando elas são curtas ( 2 a 2,5 metros) a operação perde 20 a 30% de produtividade em relação a toras longas (5,5 a 6 metros). Há empresas que optam por comprimentos intermediários (3,5 metros) e outras por comprimentos variáveis, para otimizar o manuseio e as operações subsequentes.

Existem inúmeros fabricantes dessas máquinas robustas, quer seja nos Estados Unidos, Canadá, Finlândia, Suécia , etc. Uma boa referência é se buscar um portal florestal onde todas essas máquinas estejam expostas na web. Uma sugestão é se navegar em [www.forestnet.com/archives/June\\_00/tech\\_update.htm](http://www.forestnet.com/archives/June_00/tech_update.htm) . Nesse endereço existem referências de fabricantes como Valmet, Caterpillar, Hytec, Lako, AFM, Davco, Kesla, Waratah, dentre outros. Pode-se também visitar os endereços eletrônicos de grandes fabricantes como:

- JohnDeere/Timberjack  
[www.deere.com/en\\_GB/forestry/forestry\\_equipment/index.html](http://www.deere.com/en_GB/forestry/forestry_equipment/index.html)
- Caterpillar  
[www.cat.com/cda/layout?m=62322&x=7](http://www.cat.com/cda/layout?m=62322&x=7)
- Komatsu  
[www.komatsuforest.com](http://www.komatsuforest.com)

Outra alternativa para se descascar no campo é o processamento integral da árvore em equipamentos robustos semi-estacionados, que promovem o desgalhamento, o descascamento e inclusive a picagem da madeira a cavacos. A operação é de altíssima mecanização, sendo que a árvore é totalmente trabalhada de uma única vez. A consequência é a menor utilização de mão de obra, a otimização das operações da colheita e a redução de perdas. A máquina faz quase tudo, só não corta a árvore. As dimensões dos cavacos e a limpeza dos mesmos não são tão boas



quanto aos procedimentos tradicionais. Há maior desuniformidade e maior geração de finos, maiores contaminações com folhas e com casca. Por outro lado, a grande vantagem apregoada é que se usa a árvore integral, da base até o topo. O inconveniente dessa operação é a geração de grande quantidade de resíduos de biomassa ao lado do processador no campo. Os custos para espalhar a biomassa de volta na floresta são significativos, mas as vantagens para a ciclagem de nutrientes no campo também são muito bem vistas. Pode-se encontrar esse tipo de equipamento em [www.petersonpacific.com](http://www.petersonpacific.com) . Veja-se um modelo a seguir:



## 9.2 – Descascamento na fábrica

O descascamento na própria fábrica implica em algumas vantagens e também em diversas desvantagens. A primeira das desvantagens é responder à pergunta "o que se fazer com a casca removida?" Essa quantidade de casca removida é fenomenal. Em uma fábrica produzindo 2000 toneladas de celulose por dia, o volume de "casca sólida" que entra na mesma é de quase 1000 m<sup>3</sup>/dia (ou mais de 300 toneladas secas/dia). Só que essa casca se fragmenta e aumenta enormemente em volume, devido aos pedaços gerados. Esse volume de "cavacos de casca" ou casca fragmentada atinge então cerca de 2000 a 2500 metros cúbicos na forma de pilha de casca e cavacos das perdas de madeira, e isso diariamente. Ao mesmo tempo, desde que a casca se

umedece devido a lavagem das toras, o peso de casca úmida também aumenta significativamente.



Tudo isso leva a uma geração absolutamente fantástica de casca. Se ela for usada como biomassa energética pobre, ainda é uma utilização eco-eficiente. Agora, se não houver usos para ela a não ser um aterro de resíduos, melhor se esquecer de pensar em descascar a madeira na fábrica.



Tambor descascador

Vamos continuar as simulações com nossa fábrica de 2000 tad/dia:

- Produção de celulose branqueada: 2000 tad/dia
- Quantidade madeira contendo casca para abastecimento: 8000 m<sup>3</sup>/dia
- Volume de casca aderida na madeira: 960 m<sup>3</sup>/dia
- Peso seco de madeira: 3600 tas/dia
- Peso seco de casca : 330 tas/dia
- Casca deixando área dos descascadores (85% remoção): 280 tas/dia

- Casca a 45% de consistência deixando descascadores: 620 t/dia
- Densidade a granel(aparente) da casca fragmentada: 140 kg as/m<sup>3</sup>
- Densidade a granel da casca contendo madeira fragmentada  
150 kg as/m<sup>3</sup>
- Densidade a granel úmida da casca fragmentada: 310 kg/ m<sup>3</sup>
- Perdas de madeiras nos descascadores e picadores (3,5% em peso seco base madeira, incluindo perdas no descascamento e também finos da picagem): 126 tas/dia
- Casca nos cavacos ao digestor: 45 tas/dia (1,3% base peso seco)
- Madeira na biomassa total (constituída de casca mais madeira rejeitada): 31% do peso seco ( 126 toneladas em 406,5 toneladas de biomassa total)
- Volume como tal aproximado de biomassa fragmentada (casca e madeira rejeitada): 2700 m<sup>3</sup>/dia
- Peso úmido da biomassa total (45% de consistência): 900 t/dia

Esse números com certeza variam de fábrica para fábrica em função de eficiências, matérias primas, umidades, etc. Entretanto, são sempre de uma enorme magnitude. Por essa razão, merecem toda atenção na sua gestão, controle e otimização.

Como resultado desses números gigantescos, a única solução quando se descasca na fábrica é se ter um uso para a biomassa gerada. É absolutamente impossível se pensar em levá-la de volta às florestas, ou então em compostar essa enormidade de material, ou em transformá-la em um sub-produto com as tecnologias e mercados atuais. Em geral resíduos valem pouco, especialmente se for apenas como matéria orgânica. Se houver algum novo derivado por extração de sub-produtos novos e valiosos dessa biomassa residual, a situação poderá ser diferente, mas no momento só existem pesquisas e suposições. Pelo menos com base nas tecnologias atuais, a solução é ter a casca e as perdas de madeira como biomassa auxiliar ou complementar na fábrica. Há alternativas em desenvolvimento para a pirólise e produção de bio-óleo, mas estão ainda em fase de pesquisas. Embora existam muitas desvantagens com a casca como combustível, essa tem sido uma solução

até muito bem-vinda em situações de combustíveis fósseis caros, como óleo combustível e gás natural. Em fábricas que se valem dessa alternativa, a biomassa da área do pátio de madeira pode responder por 30 até 70% de toda a energia extra nas caldeiras de força para mover a fábrica em sua matriz energética (sem considerar aqui o calor do licor preto do ciclo de recuperação de licor). Essa ampla variação ocorre em função das peculiaridades de cada fábrica: o que fabrica, quais combustíveis utiliza, qual a umidade da biomassa, qual a eficiência das caldeiras, qual a perda de madeira junto à casca, etc. De qualquer forma, a contribuição da casca nas matrizes energéticas é inquestionável. Uma das dificuldades que as fábricas ainda enfrentam é entender a matriz energética sob a ótica econômica e não apenas sob a visão de calorías disponibilizadas pelos combustíveis. Qual é o real preço da casca como combustível? Como valorá-la? Muitas fábricas ainda estão considerando a casca como um combustível barato, um sub-produto, ou um presente das florestas para as fábricas. Chegam a considerar a casca como combustível de custo zero. Tamanha ingenuidade só pode mascarar as conclusões que advêm de estudos mais abrangentes sobre essa temática. Voltaremos a esse tema de casca energia em outros capítulos desse online book.

O descascamento na fábrica requer energia, investimentos, equipamentos robustos, áreas grandes para armazenagem e manuseio, e complexos planejamentos.

Existem basicamente dois tipos de máquinas para essa operação de descasque nas fábricas:

#### A) Descascadores a tambor

Esse robustos, pesados e fortes equipamentos estão baseados nas forças de atrito e de impacto desenvolvidas entre as toras dentro de um tambor rotativo. Essas forças soltam e fragmentam as cascas. O tempo de retenção dentro do tambor varia de 30 a 90 minutos. Em geral, os tambores são bem largos em diâmetro ( 4 a 8 metros) e longos em comprimento ( 20 a 40 metros). Seu movimento rotatório promove

fricção e impactos fortíssimos. A casca fragmentada deixa o cilindro por fendas localizadas lateralmente, mas isso não é muito eficiente para os eucaliptos. A razão, lembrem-se, é a forma como a casca se solta, mais como fitas e cordas e menos como pedaços ou fragmentos pequenos. Por essa razão, uma muito boa lavagem se faz necessária após essa etapa de descascamento para tentar remover os pedaços de casca ainda acompanhando as toras. As eficiências desses descascamentos variam de 70 a 90%, mas em geral as fábricas as apresentam entre 75 a 85%, máximo. A água usada na lavagem das toras fica muito rica em DQO e deve-se reciclá-la o mais possível. Atualmente, os descascadores a tambor se movem quase secos, para reduzir o consumo de água, que varia de 0,1 a 1 m<sup>3</sup> de água por metro cúbico de tora processada. Isso tudo para compensar os volumes a mais de água utilizados na lavagem das toras. Muitas vezes até mesmo efluentes mais limpos e menos perigosos do branqueamento são usados na lavagem das toras. Essa água deve ser reciclada em um circuito o mais fechado possível. Como a madeira se molha, há sempre demanda de água nova para repor as perdas.

As perdas de madeira nos tambores é alta. Essa perda depende das variações em diâmetro das toras. Quando toras de grande diâmetros são misturadas com toras finas, os danos e as perdas de madeira são inevitáveis. As toras finas se rompem, se fragmentam com muita facilidade. Elas se partem em pedaços, lascas, cavacos, palitos, todos os tipos de formatos e tamanhos. Essa tem sido a grande realidade de nossas fábricas que estão recebendo toras de madeiras cada vez mais finas, numa tentativa desesperada de se usar a madeira da floresta até os mínimos de seus diâmetros. Anos atrás, o limite mínimo para recebimento de madeira nas fábricas era 10 cm. Depois baixou para 8, depois 6 e agora já se fala e pratica 4 cm. O comprimento das toras também explica muito das perdas de madeira nos tambores. Mais longa as toras, maior a chance de se quebrarem mais toretes e se esfacelarem mais.

Pelas razões expostas, algumas fábricas preferem não descascar as toras finas, fazendo uma colheita diferenciada para elas. Toras com

diâmetros abaixo de 7 ou 8 cm com casca, sequer merecem descascamento. Elas são convertidas em cavacos ou para biomassa, ou para alimentação dos digestores misturados junto aos cavacos de toras descascadas. Conviver com essa casca pode até mesmo ser uma decisão das mais sábias: tudo depende das limitações e restrições com que convive a fábrica.



Ainda com relação às toras finas, como elas são difíceis de descascar, até mesmo no campo, pelas diminuições que causam nas produtividades, as fábricas tem adotados diversas alternativas para elas:

- a) descascamento nas florestas usando descascadores móveis de facas ou correntes, enviando as toras finas descascadas para um picador especial menor na fábrica para convertê-las em cavacos de processo;
- b) picagem dessas toras sem descascamento, enviando os cavacos para caldeiras de biomassa;
- c) picagem dessas toras finas sem descascamento em picadores desenhados para toras finas e misturando esses cavacos com casca com os cavacos do processo, convivendo-se e tolerando certas quantidades de cascas no cozimento;
- d) venda da madeira fina como lenha.

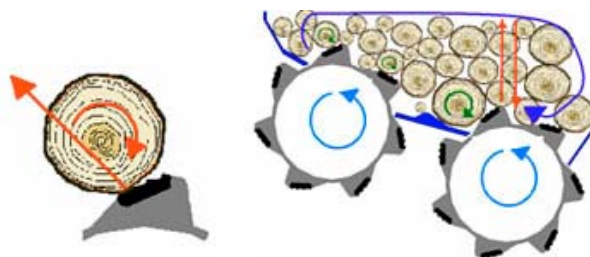
Tambores descascadores são bons consumidores de energia elétrica ( potências de 300 a 1000 kW), em razão do número e tamanho dos motores de acionamento que possuem. As paredes dos tambores são de aço espesso e resistente. Existem tambores suportados e

movidos por gigantescos pneus, e outros por engrenagens. O controle do tempo de retenção das toras no tambor se faz por portões que restringem a saída, pela rotação e pelo fluxo de alimentação. As toras de eucalipto, por serem de descascamento mais difícil que as de Pinus, por exemplo, demandam tempos de retenção 40 a 50% mais longos (tambores maiores como consequência).

Fabricantes de tambores descascadores e equipamentos auxiliares dos mais conceituados podem ser acessados em [www.andritz.com](http://www.andritz.com), [www.metsopaper.com](http://www.metsopaper.com), [www.fulghum.com](http://www.fulghum.com). Com certeza, existem nos mais diversos países, outros fornecedores e até mesmo empresas que são subcontratadas ou possuem licenças para fabricação concedidas pelos fornecedores globais.

## B) Descascador "King"

Essas máquinas pesadas e fortes promovem uma ação de rotação que cria uma combinação de dois tipos de forças de fricção: tora/rotor e tora/tora. Com isso, a casca se solta. Alguns rotores possuem placas de descascamento para aumentar a fricção. Essa forma de esfregação, é menos agressiva às toras. Com isso, as quebras de toras é bem menor. O controle do descascamento é feito pela aceleração da velocidade de rotação. Maior a rotação, maior também a chance de se quebrar toras. Sempre o eterno conflito de se descascar bem, mas de se perder madeira. O equipamento tem a versatilidade de poder ser usado na fábrica ou também no campo, semi-estacionário. Maiores informações em [www.carmanahdesign.com](http://www.carmanahdesign.com), conforme os dois desenhos a seguir:



Formas de se friccionar as toras no descascador





"King debarker" . Veja: [www.carmanahdesign.com](http://www.carmanahdesign.com)

## 10. INFLUÊNCIA DA CASCA DO EUCALIPTO NA PRODUÇÃO DE CELULOSE E PAPEL

### 10.1- Avaliações de vantagens e desvantagens

Existem muitos artigos disponíveis na literatura técnica mundial sobre a influência da casca na qualidade e produtividade de fábricas de celulose kraft. Eles existem para diversas espécies de madeira, tanto para coníferas como folhosas, entre as quais os eucaliptos. Há também muitas comunicações técnicas industriais e debates sobre os problemas causados pela casca nas fábricas de celulose e nas qualidades da celulose e do papel. O assunto é definitivamente quente e continuará sendo pois não está e nem será resolvido tão cedo. Além disso, há alternâncias de modismos: há momentos em que picar madeira com casca e utilizá-la no cozimento é o máximo da inteligência; há outros em que separá-la e queimá-la é o mais moderno. Há agora o momento ecológico de se removê-la e deixá-la no campo, para melhorar o solo, o sítio florestal e a sustentabilidade. Como será isso tudo daqui há 10 anos? Se faltar madeira, será ela novamente olhada como fonte de fibras, mesmo que de segunda categoria? Se faltar energia, ela virará o combustível preferido novamente? Se descobrirem químicos valiosos na casca, será

que ela virará matéria prima para abastecer a indústria química em outra cadeia produtiva? Enfim, o assunto é inesgotável porque a casca está aí: volumosa, presente, gerando resíduos e despesas. Não há como fugir do problema, ou da oportunidade.

Já vimos anteriormente as inúmeras interferências da casca no processo produtivo de celulose e papel. Todos reconhecemos as dificuldades, mas temos tido falta de competência para uma real quantificação dos pontos positivos e negativos, tanto em termos econômicos como ambientais.

Talvez o maior de todos os problemas econômicos causados pela casca seria a perda de produção em uma fábrica instalada. A maior das vantagens em algumas situações seria a colocação de material fibroso à disposição para aumentar o suprimento de fibras, se a empresa estiver com escassez de madeira, e se o preço pago pela madeira estiver alto demais. Outra grande vantagem da casca é a de ser utilizada como combustível de baixo custo, mas de baixa qualidade também.

Independentemente dos diferentes focos, o nosso propósito nessa seção é discutir como a casca interfere na produção e qualidade da celulose e papel. Em outro capítulo do livro nos dedicaremos a ela como combustível.

Já vimos no estudo da anatomia da casca que ela é pobre em fibras e muito rica em parênquima e células de súber: isso em relação à madeira. Vimos na química da casca que ela é mais pobre em celulose e lignina, mas é rica em extrativos em água e soda e em cinzas minerais. Como consequência dessas características, a casca do eucalipto por si só é um material que conduz a mais baixos rendimentos em celulose (entre 30 a 40%, sendo 35% o mais usual para os eucaliptos de casca lisa); demanda muito consumo de químicos no cozimento (álcali ativo entre 27 a 33% como NaOH) e conduz a polpas de baixíssimas alvuras (entre 12 a 20%). Afortunadamente, ela dá poucos rejeitos, ou seja, sua anatomia e estrutura permite fácil liberação dos componentes anatômicos. Algumas desvantagens dos cozimentos de casca pura seriam: difícil reduzir o número kappa e aumentar a alvura da celulose, mesmo com dosagens elevadíssimas de álcali ativo. Se quisermos cozinhar mais a

casca para melhorar essas propriedades, acabamos degradando ainda mais essas fibras frágeis e reduzimos muito a viscosidade. Resultado: baixas resistências nas celuloses.

Certamente, ninguém estaria considerando cozinhar a casca isoladamente e com ela se produzir celulose branca para papel de qualidade. Até porque celulose de 100% de casca tem-se mostrado não branqueável. Mesmo para papel escuro ela seria inviável pela alta demanda de químicos e pelas baixas resistências oferecidas no papel.

O maior problema da casca está na contaminação dos cavacos de madeira com a mesma e as conseqüências associadas a isso.

Uma forma pouco explorada para se reduzir o teor de casca é melhorar a seção de classificação dos cavacos nas fábricas. Certamente, a primeira coisa é melhorar o descascamento. Depois dessa operação, as partículas de casca podem ser removidas mais facilmente pelas peneiras de cavacos. Porque? A separação por peneiras é baseada em tamanhos de partículas e em seu formato. A peneira não é tão inteligente para distinguir se a partícula é de casca ou de madeira, ou se são pedras, areia ou serragem. Desde que as partículas não estejam grudadas na madeira, elas têm um mesmo comportamento nas peneiras. Exceto quando estão na forma de fitas, que se enovelam e entopem as peneiras. Uma vez que a maioria das fábricas não investe muito na área de preparação de cavacos, as peneiras quase sempre estão sobrecarregadas. Isso significa que estão trabalhando mal, às vezes muito mal, mesmo! Com algumas melhorias nas peneiras de cavacos, os finos e as partículas grandes poderiam ser melhores separadas. De forma geral, a maioria das partículas de casca ou são finos ou são "overs" ou rejeitos grandes (pedaços, fitas, cordas, lascas). Se utilizarmos furações maiores para remover os finos (por exemplo, entre 7 a 10 mm), uma considerável proporção de finos de casca e de serragem de madeira poderá ser extraída. Os finos removidos contêm ainda uma grande porcentagem de areia e de solo. O melhor uso para esses finos pode ser como combustível ou tratá-los para remover o pó de madeira, os pedaços maiores de casca e a terra, e depois usar os palitinhos para um cozimento em separado em um digestor "batch". A remoção do material

de maior tamanho, ou "overs", é uma tarefa difícil. A razão é que entre os "overs" temos lascas, "cordas de casca", pedras, pedaços grandes de madeira, etc. A quantidade de "overs" retida pelas peneiras também é função das aberturas das mesmas e do formato das furações. Os pedaços grandes de casca tendem a entupir as furações, devido à sua forma irregular e à sua maleabilidade, já que são materiais que se amoldam facilmente às furações e as entopem.



De preferência, essas cordas e pedaços grandes de casca devem ser removidos antes das peneiras que separam os cavacos. Os pedaços de casca entopem as peneiras por causa de seu formato. Por isso, as peneiras necessitam ter desenhos adequados, ou até mesmo uma peneira adicional com buracos maiores para reter as cordas e pedaços de casca e deixar passar os cavacos, mesmo os cavacos grandes, que ficariam para ação de outra peneira mais abaixo. Mesmo com o uso de classificadores especiais, a necessidade de se parar a instalação para limpeza das peneiras é freqüente. Com isso, evitam-se os entupimentos e a passagem direta de cavacos bons sobre ela (peneira "afogada").

Todo esforço na preparação dos cavacos são recompensados, pois o resultado será um cavaco ao digestor mais limpo e com melhor qualidade.

Podemos encarar o assunto casca nos cavacos sob dois enfoques: a) em uma fábrica já existente, tendo seus cavacos continuamente contaminados com casca e com isso aumentando seus gargalos; b) em uma fábrica nova, desenhada para incorporar os problemas que a

presença de casca traz, mas que necessita das fibras da casca por falta de madeira ou pelo seu alto custo.

Para fábricas existentes, a presença de quantidades significativas de casca nos cavacos ao digestor, traz inquestionáveis perdas de produção, a menos que a fábrica tenha muita folga nas seções de alimentação do digestor, branqueamento, caustificação e forno, caldeiras de recuperação, etc. Em resumo, que seja uma fábrica operando abaixo do ritmo ideal. Entretanto, isso não deveria estar ocorrendo, e se está é por razões de mercado e não técnicas. Fábricas são construídas para operar produzindo em sua melhor eficiência e ritmos.

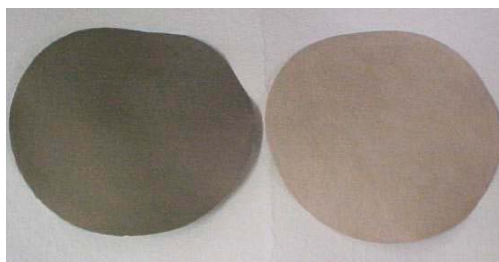
Baseando-se nos conhecimentos acumulados sobre o assunto, podemos afirmar que para polpação kraft de eucaliptos, ocorrem os seguintes fatos relevantes:

- A cada 1% de peso de casca nos cavacos de eucalipto, consumimos em média entre 0,15 a 0,25% a mais de álcali ativo base madeira (como NaOH) para cozimento;
- A cada 1% de peso de casca nos cavacos temos uma redução de 0,15 a 0,25% no rendimento em celulose (base madeira);
- A cada 1% de peso de casca nos cavacos temos uma tendência de se aumentar o número kappa resultante em 0,3 a 0,4 unidades;
- A cada 1% a mais no teor de casca aumentamos o total de sólidos secos gerados no licor em 12 a 16 kg TSS por tonelada seca ao ar de celulose marrom depurada. Esse número aumentará mais 1,5 a 2 kg TSS/tad em função do maior número kappa da celulose e das necessidades adicionais de soda ou licor branco oxidado na etapa de deslignificação alcalina, além da perda maior de rendimento nessa etapa. Em resumo, o aumento de TSS total à caldeira de recuperação equivale a 14 a 18 kg TSS/tad de polpa encaminhada ao branqueamento.

- A cada 1% de casca sobre o peso dos cavacos consumiremos cerca de 0,025 a 0,085% a mais de cloro ativo total no branqueamento, mesmo com a tentativa de correções feitas para equivalência de número kappa no digestor e na deslignificação com oxigênio. Isso porque a polpa resultante da casca na mistura de fibras tem mais dificuldades para alvejamento e redução do número kappa.
- Há muitas situações em que a fábrica tem problemas em demanda de álcali ativo/efetivo e de cloro ativo no branqueamento. Os técnicos às vezes atribuem isso à qualidade da madeira, mas o real problema está na verdade no teor de casca que acompanha os cavacos.



Cozimento kraft de casca de eucalipto  
(Número kappa polpa ~60; Alvura ~15%ISO; Álcali Ativo = 27%)



Polpas kraft de casca (esquerda) e de cavacos de madeira (direita)

- A casca ao entrar no digestor ocupa lugar de cavacos de madeira que dariam maior produção e melhor qualidade. Independentemente de todas as perdas relatadas nos itens anteriores, todas baseadas nos

pesos de casca alimentados ao digestor, temos ainda a perda de produção devida ao volume ocupado pela casca nos digestores e que poderiam estar ocupados com cavacos. Como a densidade da casca é menor e seu rendimento em celulose também, para o volume ocupado pela casca teremos uma perda de produção em relação a se esse volume fosse ocupado por cavacos. Isso é ainda mais grave se a fábrica está trabalhando em sua máxima alimentação de cavacos ao digestor, independentemente se dos tipos "batch" ou contínuos. A densidade a granel da casca de eucalipto é de 135 a 145 kg absolutamente secos por metro cúbico. Para os cavacos, essa mesma densidade é de 165 a 175 kg/tas. Significa que se substituirmos a casca por cavacos, conseguiremos colocar em mesmo espaço dentro do digestor cerca de 20 % a mais de peso de madeira. Como o rendimento do cozimento da madeira é bem maior (madeira cerca de 50% e casca 35%), a diferença é definitivamente aumentada. Se tivermos uma fábrica produzindo 2000 toneladas por dia de celulose, seu consumo de pura madeira seria de aproximadamente 7500 metros cúbicos de toras de madeira de eucalipto. Isso corresponderia a cerca de 22500 m<sup>3</sup> de cavacos por dia, com uma densidade de 170 kg/m<sup>3</sup>. Se tivermos 2% de casca em peso nesses cavacos, o peso de casca nos cavacos seria de 76,5 toneladas secas e seu volume 560 m<sup>3</sup>. Se esse mesmo volume fosse ocupado por madeira, estaríamos alimentando 96,5 toneladas de madeira ao invés de 76,5 toneladas de casca. Como os rendimentos em cozimento são muito diferentes para a casca e para a madeira, as 76,5 toneladas de casca renderiam cerca de 26 toneladas de polpa e as 96,5 toneladas de cavacos de madeira renderiam 48 t. Resultado, se estivermos na máxima alimentação do digestor, essas diferenças nos levarão a uma perda diária de aproximadamente 20 toneladas na produção, ou seja 1%. Logo, a cada 1% de casca em peso, estaremos perdendo 0,5% na produção diária na fábrica. A casca ocupa espaço de madeira e deteriora a produtividade da fábrica. Essa situação poderia ser minimizada se conseguirmos compactar melhor a casca dentro do digestor em relação aos cavacos. O fator de compactação para

cavacos em digestores contínuos varia de 1,4 a 1,8 conforme a região do digestor e conforme os cavacos estejam mais ou menos cozidos (ou amolecidos). Para compensar a perda causada pela casca, teríamos que tê-la mais compactada, com fatores entre 1.5 a 2,3.

- A casca do eucalipto é muito rica em cinzas, o que significa presença de íons metálicos no sistema. Como já visto, a casca chega a possuir de 10 a 20 vezes mais cinzas do que a madeira correspondente de sua árvore. Elementos como sódio, alumínio, manganês, molibdênio, cálcio, fósforo, magnésio, zinco, ferro, boro, nitrogênio e potássio, dentre outros, são encontrados em proporções de 2 a 20 vezes maiores na casca que nas toras de madeira. Mesmo o íon cloreto aparece na casca, sendo mais freqüente em regiões onde as árvores são cultivadas próximas ao mar. O acúmulo desses elementos no sistema é inevitável, quando a casca não é apropriadamente removida. Entretanto, na maioria das vezes, a polpa final branqueada não mostra esse efeito detrimental devido às inúmeras lavagens e alternâncias de estágios ácidos e alcalinos no processo. Em razão da presença desses elementos-traço na casca, deve-se ter atenção especial durante branqueamentos ECF ("Elemental Chlorine Free") ou TCF ("Total Chlorine Free"). Nesses casos é fundamental se fazer a purga ou desativação desses elementos ao longo do processo (lavagens ácidas, quelação, depuração, etc.) para se otimizar a produtividade da fábrica.

Além desses relatos de sérias implicações sobre a produtividade e a economicidade das fábricas, existem outras dificuldades que estão relacionadas com a presença de casca:

- a) são demandadas capacidades adicionais nos depuradores para manter a limpeza da polpa em níveis satisfatórios;
- b) os níveis de pitch e de espuma trazem custos extras em químicos utilizados para controlá-los;



- c) a casca traz sempre contaminantes como areia e solo, além de sua composição mineral típica. Isso tudo leva a maior abrasão e desgaste, aumentando as necessidades de manutenção.
- d) A presença de casca nas pilhas de cavacos acelera a degradação por duas razões: abaixamento do pH e aumento da atividade biológica.
- e) As pequenas partículas de casca são úmidas e grudentas. Elas tendem a serem separadas nas peneiras de cavacos, mas muitas seguem aderidas aos cavacos aos digestores. Quando os finos de casca são abundantes nos cavacos, eles trazem os conhecidos problemas nas circulações de cozimento em digestores contínuos.
- f) Quando os operadores controlam o digestor para descarregar polpa com número kappa constante, o teor de casca variável nos cavacos é um veneno. Desde que maiores cargas de álcali ativo são necessárias para cozinhar a casca que tem dificuldades de ter o número kappa reduzido, para garantir o mesmo número kappa o operador acaba cozinhando demais os cavacos de madeira. A combinação do mais baixo rendimento da casca com o problema de se sobre-cozinhar os cavacos, acabam reduzindo ainda mais o rendimento do digestor.
- g) Os finos de casca tendem a entupir as peneiras dos lavadores, prejudicando a lavagem e aumentando o *carry-over* de filtrados. Isso conduz a aumentos de consumos de químicos nos estágios do branqueamento.
- h) Em muitos casos, mesmo com o grande aumento nas cargas de químicos no cozimento e no branqueamento, a alvura final da polpa ainda poderá ser inferior ou mais difícil de ser atingida rotineiramente.
- i) A casca é uma fonte de pintas na polpa final branqueada. Isso é um tremendo problema, tanto para as polpas de mercado como para as

instalações integradas. Observando-se ao microscópio, é possível se notar muitos esclereídeos ou células pétreas, células suberificadas, feixes de fibras, feixes de casca interna, etc. Para reduzir os problemas de feixes de fibras e de pelotes de esclereídeos, as fábricas procuram cozinhar ainda mais nos digestores, reduzindo ainda mais os rendimentos. Os esclereídeos e as células de floema são muito comuns ocorrerem em grupos ou em feixes. Quando esses grumos são separados e os esclereídeos isolados, eles não são tão problemáticos durante a fabricação do papel. Entretanto, em grumos ou pelotes, eles podem causar o defeito de olho de peixe ("fish-eyes") em papel calandrado, ou pequenos furos e defeitos no revestimento do papel.



Partícula de casca



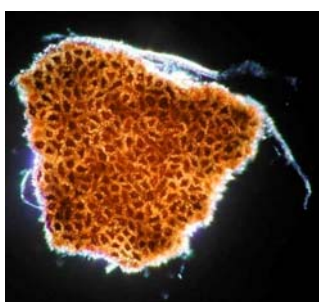
Shive de fibras de floema e grumo de esclereídeos



( Fotos cedidas por Econotech / Canadá)

- j) Os elementos anatômicos da casca e que possuem interesse papeleiro são: fibras do floema, felema, esclereídeos (quando bem individualizados), células crivadas e tubos crivados. Existe uma grande diferença em espessura da parede celular entre os esclereídeos/felema e entre as células crivadas /tubos crivados. Os elementos mais desejados são as fibras de floema, que são similares às fibras de xilema, até mesmo mais longas., Entretanto, feixes de fibras de floema são também problemáticos e trazem dificuldades na fabricação do papel. As células crivadas e os tubos crivados têm paredes finas e são facilmente colapsados e arrebatados nas operações de refinação da polpa. Juntamente com as células de parênquima e células de súber, colaboram para aumentar o teor de finos da polpa. Com isso, ajudam a entupir feltros e prejudicam a

drenagem, principalmente quando o fechamento dos circuitos de água é mais acentuado nas fábricas. Polpas não refinadas de casca chegam a possuir de mais de 20% de finos. Há situações, conforme o tipo de casca, que esse percentual pode ser bastante alto. Seria possível nesses casos chamar a isso de polpa? Uma das mais imediatas conseqüências é a dificuldade de drenagem da massa na máquina e a pior consolidação da folha. O grau de drenabilidade também é afetado, indicando um falso refino (aumenta o grau Schopper Riegler mais devido aos finos e menos devido a refinação das fibras). A resistência a úmido das folhas cai e as quebras de folha se tornam freqüentes.



Grumos de células de casca inclusive com presença de resinas  
( Fotos cedidas por Econotech / Canadá)

Pelas próprias características anatômicas e químicas da casca, a sua presença definitivamente afeta a qualidade da celulose e sua performance na fabricação do papel. Deve-se portanto entender muito bem essas relações, quais as quantidades de cascas toleráveis, quais os tipos de casca estão chegando na fábrica de celulose com a madeira, qual a proporção de casca nos cavacos, nas toras e nas árvores, quais as origens e tipos de madeiras, etc.

k) Um outro problema que a casca freqüentemente traz é a presença de carvãozinhos na massa, isso quando o povoamento florestal sofreu algum incêndio e a casca se queimou. Se o descascamento for pobre, esse carvão não é digerido no cozimento e contaminará a polpa. A depuração de partículas de carvão é reconhecida como muito difícil.

- l) Existem espécies de *Eucalyptus* que desenvolvem uma casca rugosa, esponjosa e que contem muitos extrativos. Elas são pobres em fibras e ricas em células de súber. Essas espécies precisam ser muito bem descascadas para evitar problemas adicionais no processo.
- m) Em relação às propriedades intrínsecas das celuloses, não existem dúvidas que alguns prejuízos se fazem sentir, mais intensamente na alvura e nas resistências ao estouro, ao dobramento e à tração. Os efeitos não são mais significativos porque as fibras da casca ocorrem em pequeníssima proporção na polpa final. Mesmo que tivéssemos 2,5% de casca nos cavacos base seu peso, a percentagem de polpa de casca na polpa final seria de 1,7%. Levando em conta seu teor de finos e perdas dos mesmos nas lavagens, engrossamentos de massa, etc., é possível que isso seja menor que 1,5%, nesse nosso exemplo. Por essa razão, é baixa a influência da casca em muitas das propriedades finais da folha de papel. A polpa final só mostrará significativas desvantagens em sua resistência se for feita com condições severas de cozimento e branqueamento, para compensar a presença da casca para se alcançar os valores desejados de número kappa na polpa não branqueada e alvura na polpa branqueada. Há inclusive algumas referências favoráveis, mostrando que a resistência ao rasgo pode ser melhorada devido às fibras mais longas da casca. Também a opacidade pode ser algo maior pelo aumento do número de partículas por grama de polpa.

Em fábricas já existentes, cada situação tem sua própria peculiaridade. Em razão do número de interações e inter-dependências há que se ser cauteloso e minucioso nas análises para se otimizar o processo. As seguintes áreas devem ser cuidadosamente analisadas e os aspectos positivos e negativos identificados e quantificados para facilitar as decisões de melhorias e de investimentos adicionais. As análises precisam envolver aspectos técnicos, econômicos e ambientais, sem o que estarão incompletas.

- Abastecimento de madeira (disponibilidades, custos, qualidades, etc.);
- Abastecimento de energia (disponibilidades, combustíveis e matriz energética, custos, limitações, etc.);
- Área de descascamento e preparo de cavacos;
- Entradas e saídas do digestor (balanços e rendimentos);
- Limitações na área de recuperação do licor (evaporadores, caldeira, sólidos gerados e processados, forno de cal, etc.);
- Branqueamento da celulose;
- Depuração e lavagem da polpa;
- Qualidade da celulose;
- Limitações na fabricação do papel;
- Qualidade do papel final;
- Performance operacional da máquina de papel;
- Demandas dos clientes em relação aos produtos;
- Perdas e ganhos econômicos setoriais e globais;
- Impactos ambientais, positivos e negativos;
- Aspectos sociais e da qualidade de vida do trabalhador, tanto rural como industrial.

## 10.2 - Quando há vantagens no uso da casca com os cavacos ?

Há pelo menos duas razões importantes para se optar por se usar parcialmente a presença de casca junto aos cavacos para cozimento kraft:

- A possibilidade de se consumir toras finas sem se descascá-las ( por exemplo, diâmetros menores que 6 ou 7 cm), reduzindo as perdas de madeira na floresta e no descascamento, e simplificando toda a operação nessas áreas;

- Aumentar a produção de celulose não na fábrica, mas por hectare de floresta plantada. Dentro de certos limites, mesmo com os problemas conhecidos causados pela casca, a sua utilização parcial acaba por aumentar a produção de celulose por hectare de floresta.

Vejamos o seguinte exemplo prático ( dados florestais e industriais):

- Produção florestal (com casca) no corte da floresta: 350 m<sup>3</sup> /ha
- Quantidade de toras finas (diâmetro menor que 6 cm): 20 m<sup>3</sup> /ha
- Quantidade de toras com diâmetro maior que 6 cm : 330 m<sup>3</sup> /ha
- Casca nas toras mais grossas (12% em volume): 39,6 m<sup>3</sup> /ha
- Eficiência de descascamento nas toras grossas : 85%
- Casca remanescente nas toras grossas: 5,94 m<sup>3</sup> /ha
- Perda de madeira nas toras grossas: 1,5%
- Madeira perdida das toras grossas: 4,95 m<sup>3</sup> /ha
- Quantidade madeira mais casca ao digestor (toras grossas):  
291,39 m<sup>3</sup> /hectare
- Quantidade de casca nas toras finas ( 15%): 3 m<sup>3</sup> /ha
- Produção de celulose das toras grossas (49,8% de rendimento e densidade básica de 0,50 g/cm<sup>3</sup>): 72,56 t/ha
- Produção de celulose das toras finas sem descascamento (46% de rendimento e densidade básica 0,45 g/cm<sup>3</sup>): 4,14 t/ha
- Produção total de celulose usando toras finas com casca: 76,70 t/ha

Pode-se perfeitamente observar que as toras finas, que poderiam estar sendo descartadas como resíduos florestais ou sendo queimadas em caldeira de biomassa, foram capazes de gerar 4,14 toneladas de polpa adicionais por hectare, correspondendo isso a 5,7% de fibras adicionais por hectare de floresta. Em situações de falta de madeira ou quando houver limitações de custo elevado da matéria prima fibrosa, essa é definitivamente uma alternativa a considerar, embora tenha-se depois que conviver com outros problemas já discutidos e que necessitarão contínuas otimizações de processo. Importante nessas condições não é só o balanço econômico

pontual, mas sim um balanço global da empresa. Muitas vezes, a conclusão pode ser que esse ganho não se justifica e é preferível pagar-se mais por uma madeira de terceiros e que venha de mais longe. Esse balanço global pode ser feito em uma base fixa de tempo para as duas situações, por exemplo, um dia ou um mês de produção na floresta e na fábrica. Todas as possíveis implicações e custos associados devem ser levantados para uma mais sábia decisão.

No caso de fábricas futuras, ainda em projeto, a situação pode ser completamente diferente já que o projeto poderá levar em conta todos os possíveis gargalos já conhecidos e com seus impactos avaliados. Com isso, a fábrica pode valer-se de simplificações e de alguma fibra adicional das cascas, embora vá ter consumos de químicos mais elevados e qualidade de polpa e/ou papel algo prejudicadas. As restrições serão minimizadas pelo desenho adequado da linha fabril. A empresa também estará ciente de seus custos adicionais com equipamentos, manuseio, manutenção e seus reflexos nos custos unitários de fabricação.

Há os que defendem contundentemente o uso de madeira sem descascamento. Embora eles aceitem que ao se cozinhar a madeira com casca se perde rendimento, fazem um cálculo de economias de madeira e não de perdas de produtividade. Relatam por exemplo que ao se cozinhar 1 tonelada de madeira de eucalipto contendo 10% em peso de casca, o rendimento depurado do cozimento com certeza será prejudicado em cerca de 2% a menor. Isso significa segundo esses autores, que os 1000 kg de madeira com casca resultarão em 480 kg de polpa não branqueada e depurada (rendimento = 48%). Entretanto, se essa mesma quantidade de madeira com casca for descascada, ao se retirar os 10% de cascas, só teremos 900 kg de madeira. Com um rendimento depurado de 50% (2% a mais que anteriormente), a quantidade de celulose produzida será 450 kg. Em outras palavras, a mesma tonelada de material lenhoso que vem da floresta possibilita um ganho adicional de 30 kg de polpa, ou seja, de 6 a 7% mais. Relatam ainda outros ganhos em mais fácil manuseio, simplificações na área de preparação e manuseio da madeira, etc.



Isso mais que compensaria os custos extras com cozimento, branqueamento, etc.

Sempre devemos olhar o animal por diversos ângulos. Se a empresa tiver excesso de material lenhoso, ela buscará eficiências e produtividade na fábrica. Se ela tiver restrições de suprimento de fibras, ela procurará otimizar seu suprimento de matéria prima e buscará redesenhar sua linha industrial. A grande verdade é que sempre que a empresa conseguir aumentar sua produção a partir de uma mesma unidade fabril instalada, e isso se consegue quando se tira a casca das toras, ela procurará fazer isso, mesmo que a fábrica tenha sido desenhada para cozinhar madeira com casca.

Bem, isso é um assunto sempre interessante para debates. Quem teria razão? É tipicamente um assunto para ser decidido caso-a-caso. O que eu sei é que ainda existem muitas empresas utilizando madeira com proporções elevadas de casca, ou por mau descascamento, ou por optar por não tirar a casca das toras (parcial ou totalmente). Por outro lado, há casos conhecidos de empresas (Ripasa e Aracruz) onde as fábricas foram desenhada para funcionar com madeira com casca e elas optaram depois a mudar para madeira descascada. Por quê? De acordo com o que sei, para aumentar a produção e a capacidade da fábrica com o mínimo de investimentos. Em ambos os casos estamos falando de empresas que operam com madeira de baixo custo.

As decisões contraditórias que temos encontrado nas nossas indústrias em relação ao descascamento podem ser entendidas com base nas restrições que cada empresa está encontrando. Dependendo da porta em que se estiver olhando, sairá uma decisão diferente. A porta de entrada significa aquela em que entra a matéria-prima fibrosa. Se as fábricas estão curtas de fibras, a casca é uma solução, não importam as dificuldades que ela traga no processo. Se a porta de saída é que for o problema, com necessidades de se melhorar a qualidade do produto ou a quantidade produzida em uma fábrica existente, a solução é se tirar a casca. Qual a restrição que temos? Se conseguirmos produzir mais polpa na fábrica, com certeza

estaremos em uma situação mais vantajosa do que economizar a matéria-prima fibrosa. A polpa tem grande agregação de valor. Por isso, aumentar a produção é mais vantajoso do que economizar madeira, concordam? A resposta pode ainda assim ser sim ou não: dependerá dos fatores gargalos da empresa. Existem ainda outras portas a serem abertas ou olhadas: a da energia ou do combustível caro ou escasso, a de um gargalo seríssimo em alguma área do processo, etc., etc. Todas elas acabam mais levando a decisões do tipo para se descascar a madeira do que para se utilizá-la com casca.

### 10.3 - Desmedulando a casca do eucalipto

Já vimos que a casca das árvores dos eucaliptos possuem uma fração mais fibrosa constituída de fibras liberianas ou de floema, tubos crivados, células crivadas e esclereídeos. Elas também possuem células pequenas e retangulares, basicamente células de parênquima e de súber ou córtex. Essa última fração é pouco desejável na fabricação de celulose, pois ela demandará alto consumo de químicos e praticamente não agregará muito rendimento na conversão a celulose. Mesmo que os finos gerados permaneçam em parte na polpa, eles são mais do tipo detrimental do que benéfico. Remover esse tipo de material não fibroso antes da polpação é uma alternativa, a exemplo do desmedulamento que se faz no bagaço de cana. Existem diversas formas de se remover essa fração fina e não fibrosa, mas em geral elas envolvem um desfibramento (a seco ou a úmido) e depois um peneiramento (igualmente a seco ou a úmido). Evidentemente a operação é grosseira e nem todas as células indesejáveis são separadas e tampouco todas as fibras são recuperadas. Há sempre alguma perda de ambos os lados. A operação de desmedulamento de cascas de diversas espécies de *Eucalyptus* mostra rendimentos em "fibras" de 45 a 50%. Significa que cerca de 50 a 55% do material é separado como um pó fino que poderia ser utilizado como

combustível ou enviado para compostagem. Como o processo envolve desagregação em desfibradores de discos ou de martelos, seguida de peneiramento, a contaminação de águas e ar é alta. Tanto se perdem partículas do material, como material orgânico diluído que gera DQO, além das perdas de sais minerais. Não se trata de uma operação em vigor em fábricas de celulose de eucalipto, mas ela é uma opção factível e promissora. Fábricas de celulose de bagaço de cana se valem muito dessa operação para se retirar a medula do bagaço ([www.fmw.co.at/english/LPEinjahres.HTM](http://www.fmw.co.at/english/LPEinjahres.HTM) , [www.lenzing-technik.com/products\\_lenzing/pulp\\_technology/pulping\\_technologies/depithing.html](http://www.lenzing-technik.com/products_lenzing/pulp_technology/pulping_technologies/depithing.html) )

Apesar de se remover praticamente a maioria das células parenquimatosas e corticais no desmedulamento, a porção fibrosa da casca continua a ser de difícil cozimento, em relação à madeira. Com essa operação de desmedulamento, muitas das dificuldades que a casca oferece são significativamente minimizadas, pois a maioria dos finos é removida antes do cozimento, do branqueamento e da depuração. Definitivamente é algo a ser avaliado quando houver carência de fibras para a fábrica.

## 11. COBERTURA ORGÂNICA VEGETAL E COMPOSTAGEM DA CASCA DE EUCALIPTO

A casca do eucalipto pode se transformar em um resíduo volumoso e inconveniente nas fábricas de celulose e papel. Mesmo quando a casca é utilizada nas fábricas como combustível, sempre existem volumes grandes de cascas rejeitados devidos contaminações com pedras, terra, etc. Por essa razão, essa casca suja não é recomendada ser encaminhada às caldeiras de biomassa. Uma alternativa para ela é a compostagem. Esse tipo de rejeito de casca também contém folhas, ramos e outros contaminantes que entram sem convite nas fábricas, acompanhando as toras nas cargas dos caminhões.

As fábricas de celulose estão conscientes que sempre haverá algo a se fazer em termos de resíduos de cascas. Quando a casca é disposta em aterros sanitários, um problema é o lixiviado, muito rico em demanda química de oxigênio. As cascas de eucaliptos são muito ricas em compostos solúveis em água e a contaminação é inevitável devido às águas das chuvas e da lavagem das toras. Por essa razão, a melhor solução para o problema da casca não é o aterro, mas a compostagem ou o espalhamento da mesma sobre o solo como cobertura morta. Isso a transforma de um resíduo para um adubo orgânico valioso e desejado.

As resíduos de casca são muito úmidos, volumosos e difíceis de serem manuseados. Eles exigem intenso manuseio e máquinas e pessoas para isso. Entretanto, isso faz parte da solução do problema. Mesmo quando a fábrica descasca as toras e usa a casca como combustível, esses resíduos são muito volumosos. A razão é que as caldeiras rejeitam cascas muito úmidas ou contaminadas. Apenas para se ter uma idéia, as cascas residuais da área de lavagem das toras possui mais de 10% de terra e areia base seu peso seco. Além disso, são muitíssimo úmidas (mais de 65 - 70% de umidade). Definitivamente, esse resíduo não é um bom combustível. A compostagem ou a utilização como cobertura morta ("mulching") são os usos mais viáveis.

A quantidade de resíduos de casca gerados pela área de lavagem de toras em uma fábrica padrão de polpa de eucalipto varia de 40 a 100 quilos úmidos por tonelada de polpa seca ao ar. A umidade desse material varia de 55 a 75%. Isso significa 10 a 25 kg absolutamente secos por tonelada seca ao ar de polpa, ou 5 a 12 kg secos de casca por tonelada seca da madeira utilizada no processo (cerca de 0,5 a 1% do peso alimentado na fábrica). Definitivamente elevado.

As coberturas mortas e os compostos obtidos de casca de eucaliptos e de outros resíduos orgânicos estão crescendo em importância em nossa sociedade. Eles são úteis em jardinagem, horticultura, fruticultura e também em atividades de viveiros florestais e reflorestamento. Existem muitas empresas que se valem do composto de casca como parte da receita dos substratos para preparação de mudas florestais em seus viveiros.

As coberturas mortas ou "mulches" são materiais naturais (orgânicos ou inorgânicos) colocados no solo, acima da zona de crescimento das raízes das plantas com finalidades como: preservar a umidade do solo, evitar o crescimento de ervas daninhas, ajudar na fertilização da planta. Os "mulches" têm outras contribuições importantes como: redução da compactação do solo, equilíbrio da temperatura, redução da erosão e melhoria da textura do solo. Muitos materiais podem ser convertidos em mulches: folhas e ramos mortos e secos, casca de árvores, casca de frutas, bagaço de cana, etc. Em virtude da riqueza microbiológica do solo, os mulches são gradualmente decompostos de uma maneira natural, retornando carbono ao solo e cooperando para a alimentação das plantas. Solos que recebem esse tipo de matéria orgânica são mais ricos em nutrientes e em vida biológica, são também mais úmidos e ajudam a planta a se defender melhor das adversidades da natureza. Por essas razões, as coberturas mortas melhoram a saúde das plantas.

O uso de coberturas mortas é comum na jardinagem e na horticultura. As razões são inúmeras, mas todo jardineiro ou horticultor sabe que estará dando produtividade e mais beleza ao seu jardim ou horta. Evitando o nascimento das ervas daninhas, as plantas desejadas terão mais umidade e nutrientes para seu uso no solo.

Hoje, com uma sociedade mais voltada para o natural e o verde, o uso de compostos orgânicos e de mulches são alternativas muito valorizadas. Eles permitem que se reduza o uso de agro-químicos como herbicidas e adubos minerais. Uma vez que são baseados em resíduos, a compostagem e as coberturas mortas permitem que se reduzam o lixo e os lixões no planeta.

A casca não é o material ideal para mulching porque ela é pobre em nitrogênio e competirá com as plantas pelo nitrogênio do solo. Embora não tão ideal como as folhas e seus galhos, a casca do eucalipto constitui-se em um material de mulching viável e amigo-do-meio-ambiente. Uma outra vantagem relatada da casca do eucalipto é que ela não atrai, pelo contrário, repele, alguns insetos.

A utilização de casca moída ou fragmentada de eucalipto para condicionamento do solo necessita mais cuidados do jardineiro, agricultor ou florestal que o uso de seu composto. A razão é a demanda inicial alta de nitrogênio pela casca quando ela é colocada em contato com o solo. Para ser degradada pelos microrganismos, o nitrogênio precisa vir de algum lugar e se ele não for adicionado, será tirado do solo. Uma possibilidade então é se melhorar o mulch misturando alguma fonte nitrogenada, deixando isso por um tempo para melhorar a absorção do adubo pela casca. Só depois aplicar ao solo. Duas questões muito comuns são: qual a dosagem de nitrogênio a ser aplicada? Qual a melhor fonte de nitrogênio?. É sabido que a uréia e o nitrato de amônio são as que possuem mais rápida resposta. As dosagens variam entre 0,5 a 1,5% de N base peso seco de casca. Isso varia dependendo do teor de folhas que a casca contiver. A fertilização nitrogenada da casca favorece o seu consumo de oxigênio e aumenta a velocidade de fermentação da mesma. Deve-se cuidar para evitar a perda por lixiviação desse valioso fertilizante mineral adicionado, quando assim o for. A adição de nitrogênio é requerida para se baixar a relação Carbono/Nitrogênio, que é muito ruim nas cascas de eucalipto (ela é naturalmente alta, entre 150 a 250). Quando a casca está contaminada com serragem de madeira, essa relação é ainda pior pelo baixíssimo teor de nitrogênio da madeira. Quando a casca está contaminada com folhas, a situação melhora, pois o teor de nitrogênio das folhas é bem maior do que nas cascas. Discutiremos mais esse assunto no capítulo de ciclagem de nutrientes nas florestas de eucalipto.

Como já vimos anteriormente, os resíduos de cascas de eucaliptos possuem grande variedade de formatos: serragem ou finos, cavacos, pedaços grandes, cordas, fitas, etc. Essa situação não é desejada para quem produz o mulch. O ideal é que as cascas sejam em fragmentos uniformes, como acontece com aqueles obtidos quando se utilizam os descascadores de campo móveis (foto a seguir). Quando isso não acontece, as cascas precisam ser uniformemente fragmentadas em pequenos pedaços ou cavacos. Existem disponíveis no mercado equipamentos para picar cascas .



A casca e a madeira são relativamente resistentes à decomposição. Elas são ricas em lignina e em outros compostos fenólicos, o que aumenta suas resistências ao ataque micro-biológico. Alguns compostos fenólicos podem até mesmo causar algum efeito alelopático (efeito prejudicial) em plantas daninhas ou mesmo na planta onde o mulch está sendo aplicado para proteção. A mistura de algum composto de cálcio, preferencialmente algum resíduo da fábrica de celulose é desejável. Com isso, minimizamos o problema. As fábricas kraft possuem sempre resíduos de cálcio como por exemplo a lama de cal ou os grits da caustificação. É possível que durante a decomposição do mulch que o pH possa subir ligeiramente acima de 7. Cuidados devem ser tomados para evitar que algum micro-nutriente seja prejudicado em sua absorção pela planta devido esse pH mais alto.

A conclusão nesse assunto é que a adição de uma cobertura morta de casca de eucalipto necessita cuidados e acompanhamento. A própria situação atual muito comum de se deixar a casca no campo consiste em uma operação de mega-mulching. Cuidados deveriam ser tomados, acompanhando-se essa degradação e se enriquecendo o ambiente com nitrogênio ou cálcio, quando requerido.

Os mulches devem ser adicionados à superfície do solo, nunca em camadas mais espessas que 15 cm. Quanto melhor são os cavacos de casca, mais espessa pode ser a camada da cobertura. Uma camada muito espessa é detrimental, pois evita que a água da chuva alcance o solo ou causa danos aos caules jovens das plantas. É comum se ter plantas



estressadas ou até mesmo mortas não devido à qualidade do mulch, mas sim devido o excesso de cobertura morta.

Alguns maus usos para o mulch de cascas de eucaliptos são:

- Pedacos de casca muito pequenos, tipo serragem de casca: eles impermeabilizam o solo, não deixam entrar nem água e nem oxigênio no solo.
- Camadas muito espessas de casca, encostadas no caule das plantas: as plantas jovens não possuem mecanismos muito bons para se defenderem de ambientes muito úmidos e em intensa atividade de degradação biológica. Os microrganismos querem degradar matéria orgânica e o caule da planta é também matéria orgânica. A região do colo é sempre uma região sensível nas plantas vivas. Com isso, a planta pode sofrer "stress" ou morrer.
- O excesso de mulching ou de água favorece as condições para doenças fungicas e para o ataque de insetos como grilos e besouros perfuradores.

Em oposição aos problemas do mau uso, é bem sabido que as cascas de eucalipto quando usadas como mulch podem ajudar a prevenção de algumas doenças de fungos nas plantas, como aquelas resultantes de ataques e infestações de *Armillaria*, *Rhizoctonia*, *Pythium* e *Phytophthora*.

Por outro lado, a compostagem das cascas tem a vantagem de eliminar fungos potencialmente causadores de doenças, devido à elevação da temperatura durante a fase termofílica da compostagem. Compostos de casca podem por isso servir de substratos muito bons tanto para prevenir doenças, como para serem inoculados com agentes biológicos favoráveis às plantas, como micorrizas ou rizóbios, nas preparações de mudas em viveiros.

A compostagem é um processo que degrada as moléculas longas e complexas da biomassa, tornando-as mais simples. Os microrganismos participam desse processo e trabalham praticamente sem cobrar nada para fazer o trabalho. É um processo biológico, que pode ser conduzido tanto em presença como ausência de oxigênio (aeróbio ou anaeróbio). A

vantagem da compostagem é que podemos fazer um controle adequado dessa degradação, interrompendo-a no momento em que o composto resultante estiver pronto e nas condições requeridas. Os resíduos de árvores, como casca e madeira, são muito ricos em celulose, lignina e outros carboidratos de cadeias longas. Uma ampla população de microrganismos toma parte nessa degradação.

Na decomposição biológica da matéria orgânica ocorre a transformação dos compostos complexos em compostos mais simples do tipo ácidos húmicos e ácidos fúlvicos. Parte do carbono é perdido como CO<sub>2</sub> para a atmosfera e parte é incorporado aos corpos dos microrganismos, em suas células e sucos vitais. Por essa razão, há uma perda de matéria seca quando se faz a compostagem. Isso dá origem a um rendimento, até certo ponto difícil de ser medido devidos às diferenças nos teores de umidade, às constantes mexidas nas pilhas, misturas de materiais, etc. De qualquer maneira, a perda da fração orgânica da casca na compostagem varia de 45 a 55%, dependendo de alguns fatores, o mais importante sendo o real momento que se encerra a operação e se o composto está pronto ou maduro ou não. Muitas vezes o composto ainda não está pronto, mas o fabricante para ganhar tempo e rendimento, interrompe a sua compostagem e já o libera para comercialização ou uso. Compostos verdes não são adequados pois competirão com as plantas adubadas pelo nitrogênio, da mesma forma que um mulch.

Na decomposição da matéria orgânica, os sais minerais e a terra que contamina a casca acabarão disponibilizando íons nutritivos aos microrganismos. A grade orgânica da biomassa é fragmentada e os íons liberados como nutrientes. É por essa razão que esse fenômeno é também conhecido como mineralização da matéria orgânica.

Antes da compostagem, é possível se preparar os pedaços de casca, fragmentando-os em pequenos pedaços, utilizando um picador de resíduos florestais. É uma boa opção para se acelerar a decomposição, entretanto, quando a casca tiver muitas pedras, isso não é recomendável. Com essa preparação, o tempo de compostagem ficará maior e após a compostagem um eficiente peneiramento deverá ser

feito para retirar pedaços de casca que não compostaram e as pedras e outros macro-contaminantes.



Veja: [www.forestproducts.com.au/machinery/diamond\\_hog.htm](http://www.forestproducts.com.au/machinery/diamond_hog.htm)

Alguns microrganismos estão envolvidos nesse trabalho, principalmente fungos e bactérias. Eles são classificados conforme a temperatura em que são ativos e sobrevivem. Os microrganismos mesofílicos desenvolvem-se bem entre 25 a 40°C e os termofílicos preferem temperaturas mais altas, entre 50 a 65°C.

O primeiro estágio da decomposição mostra uma elevação rápida da temperatura até cerca de 60 a 65°C, em uma fase termofílica, muito rica em atividade biológica. O pH também mostra algum aumento nessa fase. Depois, a temperatura cai gradualmente até a temperatura ambiente e é mantida nessa fase naturalmente: é a fase mesofílica. Quando a relação C/N está próxima a 20 o composto está quase pronto e o processo de maturação deve ser continuado até que o real húmus fique pronto (C/N de aproximadamente 10). Muitas vezes se inoculam microrganismos desejáveis, obtendo-se os inóculos de compostagens anteriores. É possível também se inocularem micorrizas ou rizóbios no composto, para uma venda com valor agregado.

O húmus é o resultado final da decomposição, com uma relação C/N entre 8 a 15 (média 10). O húmus é rico em substâncias do tipo ácidos húmicos e fúlvicos, além de humina. Essas substâncias são formas estáveis da matéria orgânica decomposta.

Os ácidos húmicos constituem-se na verdade em uma complexa mistura de ácidos orgânicos estabilizados, contendo muitos fragmentos de lignina, a qual é bem mais difícil de ser decomposta que os

carboidratos como celulose e hemiceluloses. Esses ácidos são ricos em grupos funcionais carboxílicos que têm a capacidade de capturar e reter cátions do ambiente, como cálcio, potássio, ferro, boro, manganês, etc. Esse efeito de quelação é um dos papéis importantes dos ácidos húmicos para os sistemas naturais. Essas forças de retenção são baixas e as plantas conseguem roubar os nutrientes para sua nutrição. Dessa forma, estabelece-se um maravilhoso equilíbrio. O húmus impede que os nutrientes se percam do sistema e as plantas os tomam e agradecem.

Isso significa que o húmus, através dos ácidos húmicos e fúlvicos adicionam fertilidade ao solo. Além de reter os íons que encontram, como de adubações, eles trazem em sua composição nutrientes como nitrogênio, fósforo e demais nutrientes que as plantas apreciam e necessitam. Ele também promove uma melhoria biológica no solo onde adicionado, pois os nutrientes presentes são benéficos e ajudam nos processos vivos que ocorrem no solo. O próprio húmus é fonte importante de inóculo biológico. Outras funções importantes do húmus são: melhoramento da estrutura, aeração, retenção de água, troca catiônica e estabilidade do pH do solo.

A casca de eucalipto e a biomassa associada que a acompanha possuem alta relação C/N. Isso significa que elas possuem mais dificuldade de serem compostadas porque os microrganismos necessitam de nitrogênio para suas atividades fisiológicas de degradação dos compostos de carbono. Por essa razão, para se acelerar a decomposição da casca do eucalipto, pode-se adicionar algum fertilizante nitrogenado (uréia), ou se misturá-la com alguma outra matéria orgânica mais rica em nitrogênio (lodo secundário de estação de tratamento de efluente, cinzas de caldeiras de biomassa, lodos de esgotos sanitários, resíduos de restaurante, etc.) . Nesses casos, conforme a fonte nitrogenada, é importante se monitorar a presença de metais pesados no húmus. Outra coisa a se monitorar é a presença de patogenicidade do húmus, devido a contaminação com bactérias que possam trazer alguma enfermidade a humanos. Os lodos de tratamento secundário biológico, do tipo por lodos ativados, são ricos em microrganismos e nutrientes. Eles são bastante eficientes para ajudar

na degradação da casca. Quando a casca é biodegradada sozinha, o tempo de biodegradação é bem maior. Quando misturada com outros resíduos e com o lodo ativado, a estrutura da pilha é fantástica, a aeração é mais abundante e a compostagem é favorecida. É importante saber também que a mistura de diferentes substratos (lodos, cinzas, casca, etc.) é bastante mais onerosa e o resultado que trazem em termos econômicos não são nada excepcionais. Por isso, é importante se avaliar muito bem quais as fontes que temos de matérias primas, quanto elas valem, onde estão localizadas, quais os custos envolvidos e os benefícios na compostagem. É importante se avaliar muito bem se devemos ou não misturar resíduos diversos, em quais proporções, de que maneira, como controlar e o que ganhamos com isso. Muitas vezes o ganho é mais ambiental, com a solução do problema dos resíduos, do que econômico, com a venda do composto.

A casca do eucalipto por si mesmo, embora rica em nutrientes, não é um substrato muito favorável. Nós não podemos dizer que seja um material problemático, porque ela se degrada por si só, mesmo tomando mais tempo. A razão é a presença de compostos fenólicos, especialmente taninos e outros compostos fito-tóxicos, produzidos pela planta para se defender do ataque biológico. Esses compostos fitotóxicos e inibidores do desenvolvimento microbiológico são abundantes na casca fresca, mas eles se decompõem com o envelhecimento da pilha de casca. Além das pequenas proporções desses agentes fitotóxicos, as cascas possuem grandes quantidades de açúcares solúveis em água e frações orgânicas lignocelulósicas que são facilmente decompostas. Isso mais que compensa os problemas de menor biodegradabilidade da casca.

Os extratos de casca contendo taninos e outros agentes inibitórios aos microrganismos podem ser utilizados para o desenvolvimento de colônias adaptadas a eles, em condições laboratoriais e de bancada experimental. Posteriormente, essas culturas poderão ser inoculadas nas pilhas de casca para auxiliar na biodegradação. De uma forma geral, as cascas de eucaliptos não são

ricas em taninos anti-microbiológicos, o que ajuda na sua conversão mais rápida a húmus.

A compostagem da casca é necessária antes de se adicioná-la como meio de crescimento ou substrato para outras plantas. Ela se constitui em um procedimento científico e tecnológico. Não se consegue boa compostagem simplesmente se fazendo uma pilha de casca e se esperando o tempo passar. Muitas operações e controles são necessários. Podemos até mesmo dizer que uma outra atividade produtiva tem que ser desenhada e operada. Até certo ponto, isso tem acontecido em muitas fábricas de celulose, pois a casca é um de seus principais resíduos.

No Brasil, tanto a Aracruz - Unidade Guaíba, bem como a Votorantim - Luiz Antônio (VCP) estão operando facilidades de compostagem que são estado-da-arte. Com isso, fermentam e decompõem a casca e outros resíduos orgânicos industriais como os lodos da Estação de Tratamento de Efluentes. As duas empresas possuem diferentes formas de fazer isso e diferentes orientações de mercado. A VCP composta seus resíduos de forma misturada para obter um húmus para aplicação na floresta. Já a Aracruz Guaíba, através de sua parceira Vida Produtos e Serviços em Desenvolvimento Ecológico, faz a compostagem da casca e lodos para compor um fertilizante orgânico para venda a agricultores da região, tudo devidamente autorizado pelos órgãos públicos competentes.



Veja: [www.vcp.com.br/Meio+Ambiente/Projetos+Ambientais](http://www.vcp.com.br/Meio+Ambiente/Projetos+Ambientais)



Veja: [www.vida-e.com.br/vida\\_det-residuos\\_1.asp](http://www.vida-e.com.br/vida_det-residuos_1.asp)

O composto produzido a partir da casca do eucalipto pode perfeitamente ser registrado nos órgãos competentes que governam o registro e a distribuição de fertilizantes orgânicos. Quando a compostagem da casca é associada com outros tipos de resíduos orgânicos industriais (lodos, esgoto sanitário, serragem, cinzas de carvão mineral ou de biomassa, etc.) há maiores exigências para a sua liberação pelos outros riscos associados, como patogenicidade, cheiro e presença de metais pesados.

Um bom gerenciamento do sistema de compostagem deve sempre estar bem atento à matéria prima inicial ao processo e também à qualidade do produto final. Esse último deve ser inodoro, rico em nutrientes (deve-se evitar de perdê-los na compostagem), com adequada relação C/N, boa granulometria, pouca umidade, isento de larvas de vermes e de insetos, sem bactérias patogênicas e sem sementes de ervas daninhas. Tudo isso pode ser conseguido na compostagem através da adição de água, controle do pH, temperatura, adição de nutrientes, tempo de retenção, isolamento da área, etc.

Ao final da compostagem, após se ter uma eficiente degradação orgânica, além de se misturar bem o composto já estabilizado, podemos dizer que a casca se transformou em húmus, um maravilhoso fertilizante orgânico.

Importante saber que as relações C/N da casca inicial precisam ser baixadas para valores entre 10 a 20 (máximo) para que o composto possa ser aceitável. A valores próximos de 20 a degradação da matéria orgânica está praticamente completada e em valores próximos a 10, o



húmus está pronto e estabilizado. Quando temos relações de C/N acima de 20, com certeza o processo de degradação da matéria orgânica ainda não se completou e continuará a ocorrer na "casa do cliente".

Originalmente, a casca possui cerca de 40 a 45% de carbono orgânico, dependendo do teor de cinzas próprias dela e dos contaminantes de terra que sempre a acompanham. Sua relação C/N é bastante elevada pois ela tem baixo teor de nitrogênio (entre 0,15 a 0,25%). Esses valores de nitrogênio são mais altos quando a casca está contaminada com folhas e diminuem quando contaminada com muitos resíduos de madeira. A relação C/N mais usual para o resíduo considerado como casca está entre 150 a 250. Como as folhas possuem entre 0,8 a 1,5% de nitrogênio, uma boa forma de se baixar a relação C/N é se ter bastante galhos finos com folhas misturados na casca. Como já visto, após a compostagem, a relação C/N baixa para valores menores que 20. Isso é consequência do abaixamento do carbono orgânico para cerca de 25 a 30% e da elevação do nitrogênio total para cerca de 1,5%. Todos os sais minerais nutrientes devem aumentar no composto, se tomarmos medidas preventivas na compostagem, para evitar suas fugas através da percolação através da água de molhagem e da água da chuva. Por essa razão é que é fundamental que as composteiras sejam bem desenhadas e operadas.

A explicação para a concentração bem maior dos cátions é simples. Muitos deles estavam imobilizados como cristais na estrutura anatômica da casca e não conseguiam ser solubilizados ou disponibilizados para a análise química. Há também o fantástico efeito dos microrganismos que ajudam na liberação de cátions presentes na terra que sempre acompanha a casca. Com isso, os microrganismos incorporam muitos nutrientes em sua frágil massa celular. Como a matéria orgânica da casca se decompõe e perde carbono pela degradação, os minerais se concentram, se bem guardados e protegidos durante a compostagem.

Algo que precisa ser bem cuidado e conhecido é qual o teor de terra, areia e água que a casca a ser compostada contém. Isso porque em toda pesagem ou análise química que se fizer do composto, esses

materiais poderão afetar os resultados, principalmente se muito variados. O próprio acompanhamento do processo de compostagem através das análises de C, N, Ca, P, K, umidade, pH e micronutrientes, poderá ficar mais difícil devido a esses "contaminantes".

A determinação do rendimento da compostagem é difícil devido à presença de contaminantes como terra, além da dificuldade de se medir adequadamente a umidade da matéria prima inicial e do composto. É relativamente aceito que o rendimento varia de 45 a 55% base fração orgânica. Isso varia em função do conteúdo orgânico, do tamanho e estrutura das partículas e da proporção de cavacos e pedaços grandes de madeira. Quando essas partículas são muito variadas em tamanho e a casca possui muito conteúdo de pedaços de madeira, a fração não compostada é alta. Esses pedaços precisam definitivamente serem removidos por peneiramento e separados do composto, senão o produto e o consumidor ficarão prejudicados.

Quando a casca é simplesmente adicionada como "mulching" sobre o solo, em maior ou menor espaço de tempo, ela também será decomposta por meios biológicos e virará húmus. Existe portanto uma diferença importante entre a casca em si, o "mulching" e o húmus. Todos são matérias orgânicas, mas apenas a matéria decomposta e com baixa relação C/N pode ser chamada de húmus.

Muitas vezes o composto não pronto é secado pelo fabricante de húmus utilizando-se de leitos de secagem. Com a secagem, o material perde o cheiro e dá a falsa impressão de ser húmus pronto. Entretanto, basta receber adição de água e encontrar condições de ar e de nutrientes, que ele volta a se decompor. Nessas condições esse material ainda "verde" pode causar mais prejuízos do que benefícios às plantas. O mesmo ocorre quando o húmus, mesmo pronto, não é peneirado e apresenta ainda pedaços de casca sem decomposição.

Conhecidas as dificuldades e sabedores dos parâmetros qualitativos, se tivermos a matéria prima, poderemos mais sabiamente iniciar o processo de utilização e valorização desse material.

Infelizmente, ainda por muitos, a casca é considerada como um resíduo e, pasmem, enterrada em aterros sanitários como se fosse lixo.

## 12. VALORIZANDO A CASCA PARA A SUSTENTABILIDADE DO SÍTIO FLORESTAL



A atividade de reflorestamento sempre viveu uma questão filosófica conflitiva em se definir ou como uma atividade florestal ou agrícola. Sempre tivemos defensores de que a atividade de plantar florestas deveria ser entendida como agricultura produtiva, dentro da regra "planto, logo tenho direitos de cortar e colher". Contrariamente, os defensores da ecologia não enxergam dessa forma, exigem novos modelos de plantações florestais ou até mesmo seu banimento. Como sempre, a verdade deve estar intermediária entre os dois pontos de vista extremados. Nem devemos ter florestas produtivas apenas para mover a economia, nem devemos deixar de plantá-las, nem devemos também deixar as florestas preservadas indefinidamente, sem agregar valor econômico à sociedade. A própria agricultura já mudou bastante hoje. Já se fala e se pratica a agricultura sustentável, visando à preservação da capacidade produtiva do sítio, as melhorias ambientais, etc. O modelo que privilegiava altíssimas cargas de fertilizantes, pesticidas e intenso preparo do solo, está gradualmente mudando para modelos mais agro-ecológicos e igualmente produtivos. O contra-ponto atual é a agricultura mais orgânica, com maior adoção de fertilizantes orgânicos (húmus, compostos, coberturas orgânicas mortas) e de

controle biológico de pragas, planejamento agro-ecológico, etc. O mundo muda, a agricultura muda e o reflorestamento também. Veja-se que o controle biológico de pragas, o preparo mínimo de solo, o planejamento ecológico dos povoamentos, são todas práticas usuais na área de florestas plantadas. Uso de fertilizantes orgânicos já ocorre em diversas empresas que compostam seus resíduos e os aplicam nas florestas. O mesmo ocorre com a aplicação de cinzas da queima da biomassa. Estamos mudando a silvicultura para modelos mais sustentáveis, sem dúvida alguma.



Deposição de cinza da caldeira de biomassa para aplicação ao solo florestal

Os novos paradigmas florestais sugerem que devemos entender os fatores que governam o crescimento e a produtividade das florestas. Ao invés de forçarmos que a árvore cresça às custas de maciças doses de fatores de produção, devemos entender o que a floresta precisa para crescer bem e ser saudável. Isso implica em se colocar mais ciência para se otimizar a produtividade florestal, conservando a qualidade do sítio onde cresce a floresta. Crescer bem florestas plantadas significa fazer melhor uso dos fatores de produção (água, nutrientes, insolação, etc.), desenvolvendo árvores mais eficientes em relação a esses insumos. Com isso, precisamos combinar adequadamente os genomas e as atividades conservacionistas e silviculturais.

Tanto os resíduos florestais gerados na colheita das florestas, como a deposição de serapilheira ao longo do crescimento das florestas plantadas, podem participar nesse processo de tornar a silvicultura mais ecologicamente correta. Ambos são fontes de carbono e de nutrientes ao solo. A casca pode e deve participar ativamente disso. Essa é uma das

razões de tanto debate sobre o que fazer com a casca: queimá-la? Compostá-la? Deixá-la no campo? Usá-la como fonte de fibras?

Há poucas décadas atrás, as árvores de eucalipto eram descascadas na própria floresta e as cascas lá ficavam. Isso era feito de forma primitiva e manual. Galhos, folhas, casca e toretes finos eram enleirados e depois tudo era queimado para não atrapalhar as atividades florestais que se seguiriam (preparo do solo, reforma do povoamento, etc.). Naquela época se apreciava fazer isso, pois o fogo mineralizava rapidamente a matéria orgânica e colocava no solo uma camada de cinzas fertilizantes, as quais eram apreciadas, apesar de seu fácil potencial de perda na primeira chuva. Apesar da perda do carbono, do desnudamento do solo, da erosão subsequente, da perda da biologia do solo, da compactação do mesmo, as florestas plantadas respondiam bem, com crescimento inicial rápido. Havia uma maior disponibilidade de nutrientes para essa fase inicial de crescimento das árvores. Isso acabou cegando muitos silvicultores por anos, até que a ciência provou o óbvio, sendo o fogo abolido nas atividades silviculturais, pelos problemas ao solo e às culturas no médio e longo prazos. Queimar os resíduos florestais é hoje uma prática obsoleta e danosa à floresta. Ainda mais que o reflorestamento é feito em geral em solos pobres e já degradados pela atividade de agricultura anterior. A queima destrói os resíduos, joga fora o carbono, desnuda o solo, mata a proteção superficial do solo, aniquila a micro-vida, etc. O ganho que acontece é só no curto prazo. No médio prazo, significa empobrecimento do solo, maior erosão, menos biologia, menos vida, menos futuro. A imagem de crescimento inicial favorecido devido à disponibilidade das cinzas resultantes da queima foi finalmente entendida como inadequada e abandonada.

O passo oposto tem sido deixar praticamente todo o resíduo no solo, tanto a serapilheira, como os resíduos da colheita, incluindo-se a casca das toras descascadas no campo. Existem também resultados controversos. Muitos esperavam resultados fantásticos com essa prática e se surpreendem com uma redução inicial do crescimento das árvores. A ausência de um bom planejamento no uso desses resíduos deixados no campo, bem como desconhecimento científico sobre seu

comportamento têm causado problemas em termos de: competição por nitrogênio para sua degradação; efeitos alelopáticos para as plantinhas jovens recém plantadas; aumento do ataque de insetos que se desenvolvem sob essa manta orgânica; camadas de resíduos muito espessas e se transformando em um "mulching" mal aplicado; cobertura de cepas pelos resíduos, impedindo ou prejudicando sua brotação; dificuldades no preparo do solo, na abertura do sulco ou de covas; redução do pH do solo devido a decomposição da matéria orgânica; etc.

Hoje, a maioria dos florestais estão cientes acerca das vantagens de se deixar resíduos florestais no solo, inclusive a casca, para as gerações futuras de árvores. As vantagens de proteção e conservação do solo são reconhecidas. Entretanto, é preciso saber deixá-los e gerenciá-los. A gestão dos resíduos é pouco conhecida ainda. Temos duas atividades principais a gerenciar: uma na colheita, na forma como deixamos os resíduos; a outra na atividade de silvicultura, quando formos plantar ou conduzir a nova floresta de eucalipto. Uma outra atividade a conhecer e gerenciar é a deposição de folhas e galhos ao longo do ciclo da árvore, que chamamos de "litter" ou serapilheira. Todas essas deposições favorecem uma fantástica atividade biológica que acontece nas florestas que é a ciclagem de nutrientes. Voltaremos em capítulo próximo nesse nosso livro sobre esse tema. Nesse momento, é importante conhecer que a casca, quando deixada no mato após colheita, participa ativamente nesse fenômeno fisiológico. Isso porque as plantinhas jovens já irão encontrar nutrientes que serão disponibilizados pelas cascas, antes mesmo delas começarem a depositar suas folhas e galhos como serapilheira.





Já vimos anteriormente nesse capítulo, a enorme quantidade de casca que permanece no campo, quando o descascamento é feito na floresta. Em um povoamento produtivo, a casca pode representar entre 7 a 15 toneladas de matéria seca por hectare, quando da colheita. Mas essa não é toda a contribuição da casca ao ecossistema. Lembrem-se que a casca dos eucaliptos se solta em árvores a partir dos 3 a 4 anos, no fenômeno conhecido como ritidoma. A deposição de serapilheira também ocorre a partir da idade de 12 a 18 meses, com queda de folhas e desrama natural dos galhos mortos. A partir dos 3 a 4 anos de idade, a quantidade de serapilheira depositada no solo varia de 4 a 12 toneladas secas por hectare por ano. É algo como 5 a 10 kg de matéria orgânica depositada ao solo por cada árvore. A casca que cai como serapilheira corresponde a 10 a 15% desse total. Com isso, podemos dizer que muitas espécies de eucaliptos que soltam cascas como ritidoma, o fazem em quantidades que variam de 500 a 1500 kg de casca seca por hectare e por ano. Quanto mais velha a floresta, maior é a deposição de serapilheira. Em resumo, temos uma contribuição notável da casca para a matéria orgânica ao solo. Através disso, poderemos restaurar a fertilidade, com a proteção de solos desnudados ao longo de inúmeras utilizações anteriores. A combinação de deposição de serapilheira e manutenção de resíduos e casca no solo na colheita florestal definitivamente protegerão e melhorarão os solos florestais.

Quando a casca permanece no solo ela:

- Melhora a adição de carbono ao solo, aumentando sua capacidade de reter nutrientes;
- Melhora a fertilidade do solo, devido à contribuição da casca em relação ao seu conteúdo mineral;
- Protege o solo contra a erosão laminar superficial e contra as enxurradas de chuvas;
- Protege o solo contra as perigosas desestruturações devido ao impacto da queda das gotas de chuva;
- Protege o solo contra a compactação devido intensas mecanizações hoje existentes no setor;
- Ajuda a reter mais umidade no solo;

- Melhora a estrutura do solo, a sua porosidade, a sua micro-vida, etc.;
- Reduz a mato-competição, pois abafa o crescimento inicial do mato.

Após a enumeração das vantagens, porque então resultados contraditórios, principalmente os relacionados ao crescimento inicial e sobrevivência das mudas recém plantadas nas florestas? Certamente pela falta de informações e de planejamento das operações florestais. Necessitamos de um eficiente planejamento da colheita e posteriormente, a silvicultura de plantio deve levar em conta que os resíduos são vantajosos, mas precisam ser também trabalhados para não prejudicarem as mudas. Na colheita, o operador deve evitar concentrar a casca em pilhas grossas, pior ainda quando sobre brotações que serão conduzidas. O ideal é uma distribuição regular da casca sobre o terreno, para as operações de reformas que se seguirão, no caso dessa ser a próxima operação. Devemos tentar evitar que a casca e a galharia e resíduos se concentrem ao lado das mudas, abafando-as ou competindo com elas pelo adubo colocado. Se o plantio for feito através de coveamento, devemos limpar bem ao redor das mudas, evitando que a casca ou resíduos de acumulem e toquem nas plantinhas.



Se por outro lado, o plantio for mecanizado e o preparo do solo for por sulcamento, podemos perfeitamente limpar a área onde será feito o sulco e o posterior plantio das mudas, colocando-se uma lâmina na frente do trator que faz concomitantemente duas operações: limpeza da faixa de plantio e sulcamento.





Um sulco limpo se fará disponível para o plantio das mudas. Ganhamos melhoria da mecanização; melhor sobrevivência; melhor crescimento inicial das mudas; redução do ataque de insetos, fungos e outros ataques de agentes biológicos; redução da competição por nitrogênio pela matéria orgânica; redução de efeitos alelopáticos, melhoria na sobrevivência e na uniformidade do povoamento; etc.

Uma outra possibilidade silvicultural é se usar alguma fonte de nitrogênio e de cálcio e se aplicá-la para ser incorporada naturalmente sobre os resíduos ou na linha onde está o mesmo. Essas fontes podem ser algum resíduo industrial (lama de cal, dregs ou grits, etc.), ou o próprio composto de casca, como o fazem algumas empresas florestais.

O resultado é uma combinação especial de práticas limpas, que buscam a sustentabilidade e o mínimo impacto ambiental. Embora muitos poucos trabalhos existam para mostrar os ganhos na produtividade florestal, há indicações de incrementos de até 10% a mais se a casca permanece no campo após a colheita e de 15 a 20% se for feito um

adequado gerenciamento dos resíduos florestais. Há indicações também que as perdas de solo por erosão são significativamente minimizadas pela adoção da prática de se deixar os resíduos da colheita florestal no campo.

### 13. COMENTÁRIOS FINAIS

As cascas dos eucaliptos são muito mais valiosas do que foi possível apresentar nesse capítulo. Mesmo tendo tido um capítulo destinada a elas nesse Eucalyptus Online Book, deveremos ter continuidade com a participação das mesmas em outros capítulos do livro e que se seguirão brevemente, um sobre ciclagem de nutrientes e outro sobre combustão de biomassa de eucalipto para geração de energia. Aguardem, eles serão brevemente disponibilizados em [www.celso-foelkel.com.br](http://www.celso-foelkel.com.br) ou em [www.eucalyptus.com.br](http://www.eucalyptus.com.br).



## 14.REFERÊNCIAS DA LITERATURA

ABREU, L.B. Fatores a se considerar para a integração da colheita com novos plantios florestais. Anais do XIII Seminário de Atualização sobre Sistemas de Colheita de Madeira e Transporte Florestal, p. 335-368 , 2004

ALFONSO, V.A . Caracterização anatômica do lenho e da casca das principais espécies de *Eucalyptus* cultivadas no Brasil. Instituto de Biociências. Universidade de São Paulo, 188 p., 239 ill., 1987

ALFONSO, V.A . Caracterização anatômica da madeira e casca das principais espécies de *Eucalyptus* do estado de São Paulo. Silvicultura, n. 28, p. 720-725 , s/d

ANDRITZ. Celulosa Arauco - Overcoming the "bark with a bite" at Valdivia.

Disponível: <http://fiberspectrum.andritz.com/articles.php?action=Show&id=49>

Acesso em 11/01/2005

APARICIO, J.L. Rendimiento y biomasa de *Eucalyptus nitens* com alternativas nutricionales para una silvicultura sustentable em un suelo rojo arcilloso. Universidad Austral Chile, 171 p. , 2001

ASIASOCIETY.ORG. The native born. Contemporary aboriginal art.

Disponível: [www.asiasociety.org/arts/nativeborn/default.html](http://www.asiasociety.org/arts/nativeborn/default.html)

Acesso em 11/01/2005

AUCHTER, R.J. Effect of bark content on pulp properties. USDA Forest Products Laboratory, 15 p., 1973

AUCHTER, R.J.; HORN, R.A . Economics of kraft pulping of unbarked wood. Paper Trade Journal, p. 38-39, June 25, 1973

AUSTRALIAPLANTS.COM Eucalyptus bark types.

Disponível: [www.australiaplants.com/Eucalyptus\\_bark.html](http://www.australiaplants.com/Eucalyptus_bark.html)

Acesso em 19/12/2004

BALLINGALL, B. Bark.

Disponível: <http://farrer.riv.csu.edu.au/ASGAP/APOL25/mar02-4.html>

Acesso em 19/12/2004

BAMBER, K. The wood anatomy of eucalyptus and papermaking. Appita 38(3): 210-216, 1985

BELLOTE, A. F. J.; SILVA, H.D.; FERREIRA, C. A. ; ANDRADE, G.C. Resíduos da indústria de celulose em plantios florestais. Boletim de Pesquisa Florestal, Embrapa Florestas, n. 37: 99-106, 1998

BERLYN, R.; DRANFIELD, D.; HERBERT, H.; HERBERT, F. Improving the performance of drum debarkers. In 91<sup>st</sup> PAPTAC Annual Meeting, p. D653-D669 , 2005

BOLLEN, W.B. ; GLENNIE, D.W.; Fortified bark for mulching and soil conditioning. Forest Products Journal, p. 209-215, June, 1963

BRAMUCCI, M. Determinação e quantificação de fatores de influência sobre a produtividade de "harvesters" na colheita da madeira. ESALQ. Universidade de São Paulo, 65 p., 2001

BRENTWOOD AUSTRALIA. Industrial shredders. Multi purpose shredding plants. Disponível: [www.brentwood.com.au](http://www.brentwood.com.au) . Acesso em 20/12/2004

BRITANNICA ONLINE. Tree.

Disponível: [www.britannica.com/eb/article?tocId=9108708](http://www.britannica.com/eb/article?tocId=9108708)

Acesso em 19/12/2004

BRITO, J.O . Utilização da madeira com casca na produção de celulose sulfato de *Eucalyptus grandis* e *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. ESALQ. Universidade de São Paulo, 119 p., 1978

BROWN, K.J. Effects of bark in the sulphate pulping of a Northern oak mixture. Tappi Journal 39(6): 443-448, 1956

BROWNING, B.L. The chemistry of bark. In: Chapter 12: The chemistry of wood, p. 587-666, Interscience Publishers, 1975

BUSNARDO, C.A .; GONZAGA, J.V.; MENOCELLI, S.; BENITES, E.P.; DIAS, C.; FOELKEL, C.E.B. Umidade ao abate da madeira e da casca de *Eucalyptus saligna*. Anais do 4º Congresso Florestal Brasileiro, p. 749-753, 1982

CALDEIRA, M.C.; QUILHÓ, T.; FERNANDÉZ, V.; PEREIRA, H.; PEREIRA, J.S. Effect of water availability on the anatomy of bark of *Eucalyptus globulus*. Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa. 1p., s/d

CAPPAERT, I.; VERDONCK, O .; BOODT, M.D.E. Composting of bark from pulp mills and the use of bark compost as a substrate for plant breeding. Compost Science, p. 6-9, September/October, 1976

CARLSON, C.R. Mulching basics. Disponível em:  
[http://grounds-ag.com/mag/grounds\\_maintenance\\_mulching\\_basics\\_covered](http://grounds-ag.com/mag/grounds_maintenance_mulching_basics_covered)  
Acesso em 20/12/2004

CARVALHO, A . G.M.; GUERRINI, I.A .; VALLE, C.F.; CORRADINI, L. A compostagem como processo catalisador para a reutilização dos resíduos de fábrica de celulose e papel. Anais do 35º Congresso e Exposição Anual de Celulose e Papel da ABTCP, 9 p., 2002

CENTRE FOR PLANT BIODIVERSITY RESEARCH. Images of Eucalyptus. Images of bark.

Disponível: [www.anbg.gov.au/projects/eucalypts/images/images.html](http://www.anbg.gov.au/projects/eucalypts/images/images.html)

Acesso em 22/12/2004

CENTRO EDUCACIONAL OBJETIVO. Os tecidos vegetais. Disponível: [http://orbita.starmedia.com/~carabina1/os\\_tecidos\\_vegetais.htm](http://orbita.starmedia.com/~carabina1/os_tecidos_vegetais.htm) . Acesso em 14/04/2004

CHANEY, W.R. Why do animals eat the bark and wood of trees and shrubs? Resources Purdue University FNR-203, 6 p., 2003

CHOW, S. Some physical properties of bark in relation to utilization. Environment Canada, 22 p., s/d

CODY, H. Woodyard modernization lower costs, improves fiber quality at Saint Marys Paper. Disponível: [www.paperloop.com](http://www.paperloop.com) . Acessado em 19/01/2005

CHRISTENSEN, E. Advancing the state-of-the-art in screening bark-free and non-bark-free chips. Tappi Journal 59(5): 93-96, 1976

DEMUTH, Descascador de toras móveis. Novo Hamburgo, Brasil. Disponível: [www.demuth.com.br](http://www.demuth.com.br) . Acesso em 20/02/2005

DESCHAMPS, A .M. Biotechnological methods for valorization of bark wastes. Université de Technologie, Compiègne, p. 183-184 , s/d

DURYEA, M. ; ENGLISH, R.J. ; HERMANSEN, L.A. A comparison of landscape mulches: chemical, allelopathic, and decomposition properties.

Disponível:

[http://www.treelink.org/joa/1999/march/06\\_COMPARISON\\_OF\\_LANDSCAPE\\_MULCHES\\_duryea.pdf](http://www.treelink.org/joa/1999/march/06_COMPARISON_OF_LANDSCAPE_MULCHES_duryea.pdf)

Acesso em 20/12/2004



ELLIS, E. A burning question: bark utilization. Oregon State University, p. 55-60, s/d

EINSPAHR, D.W. Hardwood bark properties important to the manufacture of fibre products. Forest Products Journal 26(6): 28-31 , 1976

EINSPAHR, D.W.; HARDER, M.L. Increasing hardwood fiber supplies through improved bark utilization. Tappi Journal 63(9): 121-124 , 1980

FABROWSKI, F.J.; MUNIZ, G.I.B. ; NAKASHIMA, T. ; NISGOSKI, S.; KLOCK, U. Investigação da presença de óleo essencial em *Eucalyptus smithii* por meio de anatomia de seu lenho e casca. Ciência Florestal, 13(1): 95-106, 2003

FERGUSON, J. How bark is protection for trees.

Disponível: <http://serendip.brynmawr.edu/biology/b103/f02/web1/jferguson.html>  
Acesso em 10/07/2004

FOELKEL, C.E.B. Casca desmedulada de eucalipto: uma nova opção como fonte de fibras para a indústria de celulose kraft. Anais do X Congresso Anual da ABCP, p. 19 - 33, 1977

FOELKEL, C.E.B. Madeira do eucalipto: da floresta ao digestor. Anais do I Congresso Brasileiro sobre a Qualidade da Madeira, 25 p., 1978

GARTNER, J.B. ; WILLIAMS, D.J. Horticultural uses for bark. A review of current research. Tappi Journal 61(7): 83-86 , 1978

GIBSON, A . C. General botany. Bark features. University of California Los Angeles-UCLA

Disponível:

[www.botgard.ucla.edu/html/botanytextbooks/generalbotany/barkfeatures/fulltextonly.html](http://www.botgard.ucla.edu/html/botanytextbooks/generalbotany/barkfeatures/fulltextonly.html)

Acesso em 19/12/2004

GIBSON, A . C. General botany. Types of barks and functions. University of California Los Angeles-UCLA.

Disponível:

[www.botgard.ucla.edu/html/botanytextbooks/generalbotany/barkfeatures/typesofbark.html](http://www.botgard.ucla.edu/html/botanytextbooks/generalbotany/barkfeatures/typesofbark.html)

Acesso em 19/12/2004

GRANTHAM, J.B. Bark utilization: present uses and future possibilities. In: 14<sup>th</sup> Annual Northwest Wood Products Clinic, p. 18-24, 1959

GROVE, T.S. ; O'CONNELL, A . M. ; MENDHAM, D. ; BARROW, N.J. ; RANCE, S.J. Sustaining the productivity of tree crops. Joint Venture Agroforestry Program, 79 p. , 2001

HALL, J.B. Literature review of bark characteristics, wound response and harvesting. School of Agriculture and Forest Science, University of Wales, UK, FRP project 8305, 18 p., s/d

HARDER, M.L.; EINSPAHR, D.W.; PARHAM, R.A . Bark fibrous yield for 42 pulpwood species. Tappi Journal 61(11): 121-122, 1978

HARDER, M.L.; EINSPAHR, D.W. Levels of some metals in bark. Tappi Journal 63(12): 110-111 , 1980

HARKIN, J.M.; ROWE, J.W. Bark and its possible uses. USDA Forest Service Research Note FPL 091, 56 p., 1971

HILLIS, W.E.; UDOMPONGSANON, P. A . The properties of fibres in the bark of *Eucalyptus globulus* and *E.regnans*. Appita 43(5): 363-366, 1990



HOITINK, H.A. J. ; BOEHM, M.J. Biocontrol within the context of soil microbial communities: a substrate dependent phenomenon. Annual Review of Phytopathology, v. 37: 427-446, 1999

HOITINK, H.A.J., STONE, A.G. ; HAN, D.Y. Supresion de enfermedades de plantas mediante compost. Agronomia costarricense 21(1): 25-33, 1997

HONG, C.Y.; UEYAMA, A . An example of utilization of wood waste deposit: manufacture of fortified bark compost having a decreased ability to support an outbreak of soil-borne plant diseases. Kyoto University College of Agriculture, 13 p. , s/d

HORN, R.A . Kraft pulping of pulpwood chips containing bark. Paper Trade Journal, p. 55-59, November 06, 1972

JACOBS. S.M. ; DREW, D.M. Using tree physiology to better understand the effect of environmental factors on wood fibre properties.

Disponível:

[http://tappsa.co.za/archive/APPW2002/Title/Using\\_tree\\_physiology/using\\_tree\\_physiology.html](http://tappsa.co.za/archive/APPW2002/Title/Using_tree_physiology/using_tree_physiology.html)

Acesso em 20/11/2004

JALONEN, A . Wood handling. Seminário Técnico Metso Paper. Tecnicelpa, Portugal, 2004

KEAYS, J.L.; HATTON, J.V. The effect of bark on wood pulp yield and quality and on the economics of pulp production. Canadian Forestry Service, Information Report VP-X-126, 1974

KESLICK , J. A . Technical tree biological terms.

Disponível: [www.treedictionary.com/DICT2003/index.html](http://www.treedictionary.com/DICT2003/index.html)

Acesso em 19/12/2004

KIEHL, E.J. Fertilizantes orgânicos. Editora Agronômica Ceres, 492 p. , 1985

KOLESKI, L.; PRIMAS, F. Descascamento a seco de eucalipto em tambores rotativos. Anais do X Congresso Anual ABCP, p. 35-39, 1977

LAI, Y.Z.; SAJDAK, R.L.; MROZ, G.D.; JURGENSEN, M.F.; SCHWANDT, D.L. Wood and bark specific gravity determination as affected by water-soluble extractives loss. Wood Science 13(1): 47-49, 1980

LEUGARDENS.ORG. Mulch special. Disponível em [www.leugardens.org](http://www.leugardens.org), 4 p. Acesso em 20/12/2004

MACHADO, P.L.O .A . Húmus da terra? Afinal, o que é e para que serve? EMBRAPA SOLOS ([www.cnps.embrapa.br](http://www.cnps.embrapa.br)) . Publicado em 09/12/1999

MACKENSEN, J. ; FOLSTER, H. Study on sustainable nutrient supply in fast young plantations. Deutsche Gesellschaft fur, 79 p., 1999

MAIA, C.M.B.F.; BUDZIAK, C.R. ; PAIXÃO, R.E.; MANGRICH, A .S. Compostagem de resíduos florestais: um guia para a produção de húmus através da reciclagem e aproveitamento de resíduos florestais. EMBRAPA FLORESTAS, Série Documentos n. 87 , 28 p., 2003

McGRAW HILL HIGHER EDUCATION. Vascular tissue - The phloem. Disponível: <http://www.mhhe.com/biosci/pae/botany/histology/html/vasctis2.htm> Acesso em: 22/12/2004

McGRAW HILL HIGHER EDUCATION. Sclerenchyma cells and tissues. Disponível:<http://www.mhhe.com/biosci/pae/botany/histology/html/scler1.htm> . Acesso em 24/12/2004

MANDARRK, W. Mimi spirit bark painting.

Disponível: [www.artareas.com/ArtAreas/home.nsf/Item/NT00003392](http://www.artareas.com/ArtAreas/home.nsf/Item/NT00003392)

Acesso em 11/01/2005

MELLO, H.A . Aspectos da cultura e melhoramento genético do eucalipto e sua utilização como matéria prima para celulose e papel. Anais do I Congresso Brasileiro de Celulose e Papel da ABCP, p. 53-73, 1977

METSO PAPER. Gentlematic: total optimization of debarking. Puunaulakatu, Finlândia, s/d

NEW SOUTH WALES DEPT. ENVIRONMENT & CONSERVATION. The marvel of mulch. Disponível: [www.resource.nsw.gov.au](http://www.resource.nsw.gov.au) . Acesso em 20/12/2004

NUNES, J.R.S. Análise do volume e da percentagem de casca em povoamentos de eucaliptos de origem híbrida, segundo a idade, local, espécie e método de regeneração. Universidade Federal de Viçosa, 103 p., 1981

OLSSON, M. Properties and decomposition of bark. Sveriges Lantbruksuniversitet Rapport n. 34, 16 p., 1978

PIGGOTT, R.R.; THOMPSON, R.A . Drum debarker: key factors for design and performance. Tappi Pulping Conference, p. 541-546, 1986

PORTER, L.J. Bark properties and uses - Chemical. 16 p., s/d

POWERS, R.F.; TIARKS, A . E. Sustaining the productivity of planted forests. 38 p., 1999

Disponível: [www.srs.fs.usda.gov/pubs/rpc/1998-06/rpc\\_98jun\\_38.pdf](http://www.srs.fs.usda.gov/pubs/rpc/1998-06/rpc_98jun_38.pdf)

Acesso em 20/12/2004

QUILHÓ, T. ; PEREIRA, H. ; RICHTER, H.G. Within-tree variation in phloem cell dimensions and proportions in *Eucalyptus globulus*. IAWA Journal 21(1): 31-40, s/d

QUILHÓ, T.; SARDINHA, R.A . Bark anatomy of *Eucalyptus globulus*. Disponível: [www.efn.com.pt/dez95.html](http://www.efn.com.pt/dez95.html) . Acesso em 19/12/2004

RESIDE, D.A .; GARVIN, B. Kraft pulping of unbarked chips: a preliminary economic assessment. Tappi Journal 61(5): 65-67, 1978

ROSA, C.A. B. ; FLORES, D.M.M. ; CARDOSO, G.V. ; FOELKEL, C.E.B.; FRIZZO, S.M.B. Variação das características das árvores de *Eucalyptus saligna* Smith em função da altura do tronco. Universidade Federal de Santa Maria, Simpósio de Pós Graduação, 7 p., 2001

ROSA, M.L. ; REIS, C.M.G. Anatomia vegetal. Escola Superior Agrária de Castelo Branco. Portugal, s/d

Disponível: <http://docentes.esa.ipcb.pt/lab.biologia/disciplinas/botanica/Anatomia.html>. Acesso em 10/05/2005.

ROSS, W.D. Bibliography of bark. Forest Research Laboratory, Oregon State University, Bibliographical Series n. 6, 56 p., 1966

RUBBELKE, D.L. An introduction to plant tissue.

Lakeland Community College, s/d;

Disponível:<http://www.mhhe.com/biosci/pae/botany/histology/html/ptmodov.htm>. Acesso em 22/12/2004

SANTANA, R.C.; BARROS, N.F.; NEVES, J.C.L. Biomassa e conteúdo de nutrientes de procedências de *Eucalyptus grandis* e *E.saligna* em alguns sítios florestais do estado de São Paulo. Scientia Forestalis 56: 155-169, 1999

SCHUMACHER, M.V. ; CALDEIRA, M.C.W. Estimativa da biomassa e do conteúdo de nutrientes em um povoamento de *Eucalyptus globulus* sub-espécie *maidenii*. *Ciência Florestal* 11(1): 45-53, 2001

SCHWANKL, A . Bark. Thames and Hudson, 100 p., 1956

SILVESTRE, A .J.D.; PASCOAL NETO, C.; FREIRE, S.R. Componentes lipofílicos da madeira de *Eucalyptus globulus*: composição e comportamento durante a produção de pasta e papel. *O Papel - Suplemento Técnico Aveiro*, 5(1): 5-15, 2005

SOLBRAA, K. Composting of bark. I. Different bark qualities and their uses in plant production. Norsk Institutt for Skogforskning Report 34.13, p. 285-333 , 1979

SRIVASTAVA, L. Anatomy, chemistry and physiology of bark. In: *International Review of Forestry Research* v. 1, p. 203-277, 1964

STAPE, J.L.; BALLONI, E.A. O uso de resíduos da indústria de celulose como insumos na produção florestal. IPEF n. 40, p. 33-37 , 1988

THEFREEDICTIONARY.COM . Wood, as a medium. Disponível: <http://encyclopedia.thefreedictionary.com/wood,%20as%20a%20medium> . Acesso em 24/12/2004.

TOHKALA, A . GentleBarking - a log debarking method for better economy. *Metso Paper* , 6 p., 2004

UNIVERSITY OF HAWAII, Botany: primary versus secondary growth. Disponível: [www.botany.hawaii.edu/faculty/webb/BOT201/PrimSec/primarysecondary5.htm](http://www.botany.hawaii.edu/faculty/webb/BOT201/PrimSec/primarysecondary5.htm) Acesso em 19/12/2004

UNIVERSITY OF WESTERN CAPE. Plant tissue types.

Disponível: [www.botany.uwc.ac.za/ecotree/celltissues/tissues.htm](http://www.botany.uwc.ac.za/ecotree/celltissues/tissues.htm)  
Acesso em 24/12/2004

VALON KONE Ring debarker for eucalyptus. Lohja, Finlândia, s/d

VEIGA, R.A .A. ; BRASIL, M.A .M.; CARVALHO, C.M. Aspectos da estimativa da porcentagem de casca em maciços de eucalipto. Brasil Florestal 7(26): 29-31, 1976

WALTERS, B. Small gums for small gardens.

Disponível: <http://farrer.riv.csu.edu.au/ASGAP/APOL31/sep03-2.html>  
Acesso em 19/12/2004

WATSON, A .J.; HIGGINS, H.G.: Pulping and papermaking properties of unbarked small diameter eucalypt wood. Proceedings of the First Latin American Congress of Pulp and Paper, Buenos Aires, 19 p., 1976

WAWER, A . Bark in hardwood chips: effect on mill operations. Pulp and Paper Canada 76(7): 51-54, 1975

WEIER, T.E.; STOCKING, C.R.; BARBOUR, M.G.; ROST, T.L. Botany. John Wiley & Sons, 6<sup>th</sup> Edition, 720 p., 1982

WEST VIRGINIA UNIVERSITY. Tree bark pages and website.  
Disponível: [www.caf.wvu.edu/bark](http://www.caf.wvu.edu/bark) . Acesso em 18/01/2005

WIEDERMANN, A .: Kraft pulping of several unbarked European hardwoods. Tappi Journal 55(8): 1209-1211, 1972

WONG, A. Problems of wood organics in the kraft pulping of chips with bark. Pulp and Paper Canada 84(7):38-43 , 1983

YAMADA, M.; TOMA, T.; HIRATSUKA, M.; MORIKAWA, Y. Biomass and potential nutrient removal by harvesting in short rotation

plantations. Proceedings of Site Management and Productivity in Tropical Plantation Forests, p. 213-226, 2001

ZIGERLIG, K. Aboriginal art.

Disponível:

[http://collectorsworld.org/topics/collections/item?item\\_id=24489&page=2](http://collectorsworld.org/topics/collections/item?item_id=24489&page=2)

Acesso em 19/12/2004