

GRAZIELA BAPTISTA VIDAURRE

**EFEITO DOS PARÂMETROS DO DENTE DA SERRA DE FITA NA
QUALIDADE E PRODUTIVIDADE DA MADEIRA SERRADA DE EUCALIPTO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2006

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

V651e
2006

Vidaurre, Graziela Baptista, 1979-
Efeito dos parâmetros do dente da serra de fita na
qualidade e produtividade da madeira serrada de
eucalipto / Graziela Baptista Vidaurre. – Viçosa :
UFV, 2006.
xi, 70f. : il. ; 29cm.

Orientador: Bendito Rocha Vital.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de
Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 68-71.

1. Madeira serrada - Qualidade. 2. Produtividade.
3. Serras de fita. 4. Dentes de serra - Avaliação.
5. Eucalipto. I. Universidade Federal de Viçosa. II.Título.

CDO adapt. CDD 634.983

GRAZIELA BAPTISTA VIDAURRE

**EFEITO DOS PARÂMETROS DO DENTE DA SERRA DE FITA NA
QUALIDADE E PRODUTIVIDADE DA MADEIRA SERRADA DE EUCALIPTO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 24 de fevereiro de 2006.

Prof. José de Castro Silva
(Conselheiro)

Prof. Ricardo Marius Della Lucia
(Conselheiro)

Prof. José Tarcísio da Silva Oliveira

Prof^a. Ana Márcia M. Ladeira Carvalho

Prof. Benedito Rocha Vital
(Orientador)

*Que Deus me dê sabedoria para descobrir o certo,
vontade para escolhê-lo e
força para fazê-lo durar.*

(autor desconhecido)

Aos meus queridos pais Alfredo e Stela,
pelo esforço incansável quanto à minha formação, pelo apoio incondicional,
sobretudo, pelos exemplos de trabalho e amor e pelo presente da VIDA

Aos meus irmãos Daniela, Lara e Tarcísio,
pela compreensão dos meus estudos.

Ao meu sobrinho Victor,
pela alegria que me proporciona.

Aos meus tios Élio e Iêda,
pelo carinho e pela sensibilidade.

AGRADECIMENTOS

A DEUS, pelo dom da vida e por me amparar sempre.

À sociedade brasileira, por financiar meus estudos desde a infância.

À Universidade Federal de Viçosa, pela oportunidade de cursar a pós-graduação em Ciência Florestal.

Ao CNPq, pela bolsa concedida.

Ao Prof. Benedito Rocha Vital, meu orientador, pela seriedade na condução desta pesquisa, pelo exemplo de força de trabalho, responsabilidade, dedicação e, sobretudo, pela confiança depositada em meu trabalho.

Ao Prof. José de Castro Silva, pela amizade, pela enorme acessibilidade, pela boa vontade, pelo aprendizado, pelas valiosas correções, pelos preciosos materiais disponibilizados ao longo desta jornada e pelo exemplo de vida.

Ao Prof. Ricardo Marius Della Lucia, pelos ensinamentos, pelos exemplos de educação, pela docilidade e gentileza.

Ao Prof. José Tarcísio da Silva Oliveira (CA-UFES), pela prontidão em participar deste trabalho e pelas valiosas contribuições nesta pesquisa.

À Prof^ª. Ana Márcia Macedo Ladeira Carvalho, pela amizade, pela alegria proporcionada, pela disponibilidade e pelas correções.

Aos engenheiros da Aracruz Produtos de Madeira Ltda., Vicente Lelis e Frederico Soares, e aos funcionários Carlos Dionísio, José Marcos, Uenio e Antônio Marcos, pela boa vontade e atenção.

Ao colega Jair do Carmo e ao Prof. Marcio Pereira da Rocha (UFPR), pelas informações e materiais disponibilizados.

Aos colegas Cassinha, Fernando Vítor, Carla Távora, Rafael Baptista, Andréa Colli, Wescley Evangelista, Odete Souza e Pedro Gustavo (“primo”), pelos momentos de alegria e amizade nesta jornada.

Aos funcionários da pós-graduação, Ritinha e Frederico, e aos funcionários “Chiquinho”, Sr. Ésio, Maninho e Aristeu.

Aos meus professores de graduação da UFRRJ, Acácio Geraldo de Carvalho, Edvá Brito, João Vicente Latorraca e Azarias Machado, por me iniciarem na pesquisa com toda a paciência.

Aos meus professores de graduação, Silvio Nolasco, Paulo Sergio Leles (carinhosamente “Verdinho”), Hugo Amorim e Tokitika, pela amizade e pelos conselhos quanto à carreira profissional.

Aos meus pais, pelo esforço incondicional para que eu crescesse profissionalmente. Obrigada ainda por abrirem as portas do meu futuro, iluminando meu caminho, e me proporcionarem o que ninguém retira do ser humano: O CONHECIMENTO.

Ao meu sobrinho Victor, simplesmente por existir.

Ao Carlos, pela valiosa ajuda na confecção dos gráficos, pelo carinho, pela amizade, pela sensibilidade, pela paciência e, sobretudo, pelo companheirismo durante esta etapa.

A todos que participaram desta jornada, compartilho esta vitória.

BIOGRAFIA

Graziela Baptista Vidaurre, filha de Alfredo Junger Vidaurre Neto e Stela Baptista Vidaurre, é natural de Duque de Caxias-RJ e nasceu no dia 17 de agosto de 1979.

Em 1989, concluiu o ensino básico na Escola Estadual Euclides Feliciano Tardin; em 1994, concluiu o ensino fundamental na Escola Estadual Padre Mello; e, em 1997, terminou o ensino médio na Escola Nossa Senhora de Natividade, todas no município de Bom Jesus do Itabapoana-RJ.

Em 26 de abril de 1999, ingressou no curso de Engenharia Florestal na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), no município de Seropédica-RJ, onde se graduou em 20 de fevereiro de 2004.

Em 2001, iniciou seus trabalhos de pesquisa na área de Tecnologia da Madeira, culminando no desejo de um treinamento mais aprofundado nesta subárea dos estudos florestais.

Em março de 2004, iniciou o Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, em nível de mestrado, na Universidade Federal de Viçosa (UFV), submetendo-se à defesa de tese no dia 24 de fevereiro de 2006.

ÍNDICE

	Página
RESUMO	x
ABSTRACT	xii
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1. Madeira de eucalipto	4
2.2. Desdobro do eucalipto	6
2.3. Técnicas de desdobro	10
2.4. Serra de fita	12
2.5. Desvio de corte	14
2.6. Controle dimensional	15
2.7. Dente de serra	17
2.7.1. Fatores que influenciam a escolha do dente	17
2.7.2. Formatos básicos de dentes	18
2.7.3. Elementos dos dentes	22
2.7.3.1. Altura do dente (H)	23
2.7.3.2. Passo dos dentes (P)	23
2.7.3.3. Ângulo livre ou de incidência (α)	25
2.7.3.4. Ângulo de corte (β)	26
2.7.3.5. Ângulo de ataque (γ)	26
2.7.3.6. Garganta do dente	27
2.9. Avanço por dente	31
2.10. Esforços do corte	33
3. MATERIAL E MÉTODOS	35
3.1. Localização do experimento	35
3.2. Descrição do local	35
3.3. Seleção do material	35

3.4. Amostragem do material	36
3.5. Caracterização das toras.....	36
3.6. Preparação da lâmina de serra de fita	36
3.6.1. Soldagem das lâminas.....	36
3.6.2. Nivelamento.....	36
3.6.3. Tensionamento	37
3.6.4. Preparação do perfil do dente.....	37
3.7. Delineamento experimental.....	38
3.8. Processamento das toras.....	39
3.9. Caracterização do material.....	41
3.10. Avaliação da qualidade e produtividade da madeira serrada ..	42
3.10.1. Desvio de corte.....	42
3.10.2. Velocidade de avanço.....	43
3.11. Análise dos resultados	43
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	45
4.1. Altura de corte, avanço por dente e área da garganta	45
4.2. Qualidade das tábuas	47
4.3. Avaliação da produtividade	55
4.4. Gráfico de controle do processamento.....	57
4.4.1. Gráficos de controle baseados na espessura média de corte.....	57
4.4.1.1. Classe de diâmetro menor (25 a 34 cm)	57
4.4.1.2. Classe de diâmetro maior (35 a 47 cm)	58
4.4.2. Gráficos de controle baseados no desvio-padrão dentro das tábuas	60
4.4.2.1. Classe de diâmetro menor (25 a 34 cm)	60
4.4.2.2. Classe de diâmetro maior (35 a 47 cm)	61
4.4.3. Gráficos de controle baseados do desvio-padrão entre as tábuas	63
4.4.3.1. Classe de diâmetro menor (25 a 34 cm)	63
4.4.3.2. Classe de diâmetro maior (35 a 47 cm)	64
5. CONCLUSÃO	66
5.1. Qualidade	66
5.2. Produtividade	66
5.3 Gráfico de controle	67
5.3.1. Espessura média	67
5.3.2. Desvio-padrão dentro das tábuas.....	67
5.3.3. Desvio-padrão entre tábuas.....	67
6. REFERÊNCIAS	68

RESUMO

VIDAURRE, Graziela Baptista, M.S., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2006. **Efeito dos parâmetros do dente da serra de fita na qualidade e produtividade da madeira serrada de eucalipto.** Orientador: Benedito Rocha Vital. Conselheiros: José de Castro Silva e Ricardo Marius Della Lucia.

O objetivo deste trabalho foi determinar o efeito dos parâmetros dos dentes de serra de fita na produção e qualidade da madeira serrada de eucalipto. Analisou-se o efeito de dois passos de dentes (57,15 mm e passo variado: 50,8 – 50,8 – 50,39 – 50,71 – 60,03 – 60,35 mm), de dois ângulos de ataque (26 e 27°) e de duas alturas do dente (22 e 25,4 mm) sobre duas classes diamétricas (25 a 34 cm e 35 e 47 cm). Utilizam-se clones de híbridos *Eucalyptus grandis x Eucalyptus urophylla* com quinze anos de idade. Mediu-se a espessura de cada tábua em cinco pontos, obtendo dados da análise de variação da espessura de corte em relação à espessura-meta determinada. Não houve relação entre a menor classe diamétrica e o menor desvio de corte, conforme mencionado na literatura. Não houve ganho de qualidade quando se trabalhou com passo variado. Lâminas de serra que possuíam ângulo de ataque de 27° e passo único tanto com altura do dente de 22 mm quanto com 24,5 mm geraram desvios de corte acima da espessura-meta. A menor variação em torno da espessura-meta foi obtida quando se utilizaram lâminas

de serra de ângulo de ataque de 27° e altura do dente de 25,4 mm. O maior desvio de corte ocorreu quando o desdobro foi efetuado com passo variado e ângulo de ataque de 26° . A utilização de passo variado, de modo geral, foi a que apresentou maiores desvios de corte. A produtividade não foi afetada pelos seis tratamentos estudados.

ABSTRACT

VIDAURRE, Graziela Baptista, M.S., Universidade Federal de Viçosa, February 2006. **Effect of the parameters of the tooth of the sawblade in the quality and productivity of the sawed wood of eucalyptus**. Adviser: Benedito Rocha Vital. Committee Members: José de Castro Silva and Ricardo Marius Della Lucia.

The main objective of this work was to evaluate the effect of the bandsaw teeth parameters on the production and quality of the sawed wood of eucalyptus. It was evaluated the effect of two tooth pitches (57,15 mm and variable pitch: 50,8 – 50,8 – 50,39 – 50,71 – 60,03 – 60,35 mm), two hook angles (26 and 27°) and two gullet depths (22 and 25,4 mm) on eucalyptus sawed wood. Ten logs of *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* clones, fifteen years old were used. Logs were classified in two diameter classes with five logs with diameter between 25 to 34 cm and other five logs with diameter between 35 and 47 cm. Board thickness was measured in five points in both sides. Cut deviation was not affected by log diameter as mentioned in the literature. Variable pitch did not improve wood quality. Band saw with hook angle equal to 27° and gullet depth of 22 mm or 25,4 mm provided positive cut deviation. The smallest thickness variation was found for bandsaw with gullet depth equal 25,4 mm and hook angle equal 27°. The largest cut deviation was observed with variable pitch and hook angle of 26°. The productivity was not affected by the six treatments.

1. INTRODUÇÃO

O uso múltiplo dos recursos florestais possibilita a diversificação de produtos, agregação de valor e maximização do lucro. Os potenciais de produtos que podem ser gerados a partir da madeira de eucalipto são muito amplos (BORTOLETTO, 2003). Dentre esses produtos, destaque pode ser dado para a geração de produtos sólidos.

O descompasso crescente entre oferta e demanda de madeira nos mercados interno e externo tende a favorecer o quadro de substituição das madeiras nativas pela madeira de reflorestamento. Assim, a utilização crescente dessa madeira tem se tornado mais evidente nos últimos anos, sobretudo em razão dos questionamentos existentes em relação à exploração das nossas florestas nativas, quer seja por razões ecológicas, quer seja pela elevação dos preços de suas madeiras. O aumento no preço se deve principalmente às dificuldades da exploração da floresta tropical e às grandes distâncias entre as zonas de produção e de consumo (SILVA, 2005).

No Brasil, a madeira de eucalipto destinava-se ao abastecimento de empresas de celulose e papel ou à produção de carvão para siderurgia. A oscilação no preço da celulose e papel e o baixo preço do carvão fizeram com que as grandes empresas florestais do país procurassem usos alternativos para a madeira proveniente de reflorestamentos. Quando ocorre uma retomada periódica do aumento do preço do ferro-gusa e, conseqüentemente, do carvão, algumas empresas abandonam suas atividades, ligadas ao processamento da

madeira de eucalipto, concentrando-se na produção de insumos energéticos (lenha e carvão).

Num futuro bastante próximo, árvores jovens, de rápido crescimento e de pequenas dimensões, tenderão a compor o mercado madeireiro, devido à grande demanda de madeira, aliada a pressões econômicas para resultados imediatos (SILVA, 2002). Ao substituir as espécies nativas tradicionalmente utilizadas em serrarias por espécies do gênero *Eucalyptus*, a indústria passou também a utilizar toras de menor dimensão.

A maior parte da matéria-prima hoje disponível para o desdobro é, ainda, proveniente de plantios inicialmente planejados para a produção de celulose ou carvão. Como conseqüência, os produtos gerados não apresentam os padrões de qualidade desejados para sua utilização industrial, havendo baixa disponibilidade de madeira no mercado, menor rendimento na operação de desdobro, além da grande distância entre as unidades de produção e consumo. Esse quadro deve ser alterado com a entrada no mercado de madeira submetida a tratamentos silviculturais, com a finalidade específica de produção de madeira serrada.

As experiências na área de serraria são muito restritas quanto à possibilidade de suas extrapolações (SILVA, 2003); contudo, já é possível considerar que a madeira serrada de eucalipto produzida com técnicas eficientes de desdobro e programas adequados de secagem gera produtos de alto valor comercial, aproximando-se dos valores pagos às essências nativas de alto valor no mercado.

Informações nacionais relacionadas à comercialização da madeira serrada de eucalipto são muito restritas. Os órgãos responsáveis apresentam estatísticas referentes apenas à madeira serrada de *Pinus* e serrados provenientes de floresta nativa, ressaltando a recente importância dada ao eucalipto como madeira serrada no país.

Na literatura há poucos estudos relacionados aos aspectos ligados à usinagem e ao processamento mecânico do eucalipto. É mais comum encontrar trabalhos sobre secagem da madeira serrada, formas de minimizar as tensões de crescimento e sobre as propriedades físicas e mecânicas da madeira.

Pesquisas relacionadas aos parâmetros de usinagem para desdobro de eucalipto são praticamente inexistentes. Acredita-se que as grandes detentoras dessa tecnologia são grupos da iniciativa privada, os quais disponibilizam, muitas vezes, as informações, por questões estratégicas de mercado.

O principal objetivo deste trabalho foi determinar o efeito dos parâmetros que compõem os dentes de serra de fita na produtividade e qualidade da madeira serrada de eucalipto. Como objetivo específico, analisou-se o efeito do passo dos dentes, do ângulo de ataque e da altura do dente na madeira serrada de eucalipto.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Madeira de eucalipto

A tendência de substituição da madeira de pinus pelo eucalipto já é visível em alguns pólos moveleiros, como o de Colatina-ES, Ubá-MG e Arapongas-PR (NAHUZ, 2003).

No Brasil, existe um número reduzido de empresas de grande porte que utilizam a madeira de eucalipto para serraria. Recentemente, tem-se observado aumento de indústrias para produção de madeira sólida (MAESTRI et al., 2005). Esses empreendimentos estão concentrados nas regiões Sul e Sudeste do país e, de modo geral, estão enfrentando dificuldades em relação à disponibilidade de matéria-prima. O segmento de madeira serrada ainda é incipiente e marcado por preconceitos culturais e técnicos, decorrentes da introdução desse gênero no país, inicialmente, com propósitos especificamente energéticos.

A substituição da madeira de eucalipto pelas madeiras nativas representa a grande oportunidade de uso, devido ao caráter renovável das florestas produtivas, em espaço curto de tempo. A pressão crescente dos órgãos ambientais e a certificação alavancarão a entrada do eucalipto no mercado. Ortolan (2003) alerta para os riscos de baixa disponibilidade futura e elevação exagerada dos preços de madeira tropical certificada, argumentando que o seu

custo só é inferior ao da madeira reflorestada quando explorada de forma predatória.

Ponce (1995) mencionou que é possível a produção de madeira serrada de eucalipto de qualidade quando existem pesquisas de laboratório e de campo com o intuito de identificar os melhores clones e espécies, ensaios silviculturais e de manejo, investigação dos melhores métodos de propagação, espaçamento, cronograma de desrama, duração da rotação, bem como identificação dos melhores métodos de colheita e processamento da madeira. Faz-se necessária a incorporação dessas novas tecnologias para se obter madeira serrada de eucalipto de boa qualidade.

A qualidade da matéria-prima ideal para serraria envolve os seguintes parâmetros: homogeneidade, diâmetro adequado ao processo, baixa tensão de crescimento e poucas rachaduras, grã direita, ausência de nós, forma retilínea e cilíndrica, ausência de podridão e ataque de pragas, porção reduzida de alborno, maior presença de madeira madura, ausência de exsudatos, medula centralizada e ausência de impurezas (pedra, areia etc.). A qualidade da tora está relacionada a fatores que antecedem a sua presença na serraria, como práticas silviculturais (espaçamento, fertilização, desbastes e desramas), técnicas de abate, derrubada e transporte das toras, assim como cuidados na estocagem das toras (limpeza, descascamento); tais fatores influem na classificação final do produto.

A maioria dos defeitos inerentes à madeira de eucalipto pode ser minimizada por meio de programas especiais de manejo florestal e melhoramento genético. A idade de corte das árvores é um dos fatores preponderantes para se obter um material de qualidade. Não basta obter árvores de grande diâmetro, mas árvores com madeira adulta para garantir a sua estabilidade, uma vez que a qualidade é diretamente proporcional à quantidade de madeira adulta presente na peça. Os valores de resistência crescem significativamente com o aumento da idade da árvore (CALORI et al., 1995; SILVA, 2002).

A qualidade da madeira serrada de eucalipto é um ponto básico para se obter uma boa rentabilidade e depende das técnicas adotadas na formação da floresta até o desdobro e fases subseqüentes. Rotações longas de plantações de eucalipto proporcionam maiores diâmetros das toras, beneficiando a qualidade e acarretando maiores rendimentos no desdobro, além de maior

estabilidade dimensional da madeira, devido à maior quantidade de cerne; a madeira de rotações mais longas possibilita, ainda, a obtenção de produtos de maior valor agregado, devido à maior proporção de madeira limpa, de qualidade superior (SILVA, 2002). Madeira com grande diâmetro e rápido crescimento não necessariamente gera madeira de boa qualidade. Há a demanda de mais conhecimento e técnica para seu processamento e secagem, assim como do cuidadoso controle de todas essas etapas, a fim de assegurar um produto de qualidade adequada (BOFF, 2005).

Para a produção de madeira sólida, não é recomendado o desdobro de madeira que apresenta alta densidade. Isso se deve à dificuldade de usinabilidade da madeira e, ainda, ao fato de a madeira de maior densidade de eucalipto tender a gerar maiores rachaduras e empenos nas tábuas – o que já foi observado para o desdobro da espécie de *Eucalyptus cloeziana*.

A madeira serrada de eucalipto, segundo alguns especialistas, pode ser utilizada em situações em que se emprega a madeira tropical, como móveis, especialmente para jardins, pisos, janelas, tampos de mesa, lâminas faqueadas e em aplicações estruturais (pellets, LVL etc.).

2.2. Desdobro do eucalipto

A conversão de toras em madeira serrada compreende a transformação de peças de seção circular ou elíptica em peças de seção retangular. É uma operação que permite melhor aproveitamento da madeira, além de lhe conferir maior versatilidade de uso (REVISTA DA MADEIRA, 2003). Ponce (1992) menciona que as toras são convertidas em produtos úteis de madeira mediante aplicação de um ou mais processos mecânicos, que as transformam em peças menores, dando-lhes forma, tamanho e superfície requerida para cada um de seus usos.

A indústria de processamento primário de madeira deve produzir madeira serrada de qualidade, aproveitando ao máximo a matéria-prima, a fim de se obter maior produtividade e rentabilidade. Para alcançar essa meta, deve-se controlar a eficiência de todo o processo, buscando-se a otimização dos parâmetros ligados a rendimento, capacidade produtiva e custos de produção.

O método de desdobro é uma das variáveis que afetam o rendimento em madeira serrada. Na prática, vários fatores contribuem para a seleção desses métodos: tipo e tamanho de serras, capacidade dos equipamentos, dimensão das toras, demanda do mercado, habilidade do operador, localização da unidade industrial e operações de logística. Segundo Dell Menezzi e Nahuz (1998), diversas formas de desdobro têm sido utilizadas para a madeira de eucalipto, com vantagens e desvantagens. Na escolha da melhor técnica, deverá ser priorizada aquela que cause menos problemas aos produtos acabados, como rachaduras e empenamentos, do ponto de vista das tensões de crescimento e secagem. O desdobro de eucalipto exige técnicas especiais, em razão das condições intrínsecas da madeira, como a ocorrência de tensões internas de crescimento e excessiva espiralização da grã. Além dos problemas ligados à qualidade do material serrado, observam-se perdas do material e conseqüente diminuição no rendimento final (REVISTA DA MADEIRA, 2003). Para minimizar tais problemas, algumas serrarias chegam ao extremo de utilizar as rachaduras como orientação da linha de serra; para diminuir a tendência ao empenamento, utilizam-se toras mais curtas.

Quando a matéria-prima provém de plantios homogêneos e é destinada à serraria, elimina-se a necessidade de classificação da madeira no pátio. As pequenas variações em diâmetro e comprimento dispensam ajustes nos equipamentos, reduzindo-se a necessidade de um tratamento particular para pequenos grupos de toras. Essa situação constitui um diferencial que se transforma em vantagem ao se trabalhar com madeira reflorestada. Outro fator importante quando se trabalha com madeira de reflorestamentos é que os resíduos gerados pelo desdobro das toras são homogêneos, podendo ser aproveitados de madeira não apenas para a geração de energia, mas também em usos mais nobres, como a geração de cavaco para a celulose.

O sistema de desdobro que emprega madeira de eucalipto no Brasil, notadamente os de maior porte, utiliza, em sua grande maioria, serras de fita para o esquadrejamento das toras; em seguida, usam-se serras circulares múltiplas para a geração de tábuas. Os blocos são transformados em tábuas através de um conjunto de serras circulares, denominado multilâmina ou multiserra; sua regulação varia de acordo com as dimensões das peças que se pretende produzir. A quantidade de tábuas dependerá do número de serras

circulares que compõem a multilâmina, da espessura e do diâmetro do bloco desdobrado.

A produtividade de uma serra multilâmina é bastante elevada, pois gera um número considerável de tábuas numa única passada. Isso difere do corte em serras de fita simples ou mesmo em resserras, que permite a obtenção de apenas uma única tábua por corte. Apesar da maior produtividade, o rendimento em madeira serrada é menor, em razão das maiores espessuras dos fios de corte das serras circulares.

Garcia (1995) afirmou que cortes tangenciais sucessivos, efetuados com serras de fita simples, não são, do ponto de vista prático, indicados para a produção de madeira serrada de espécies que tenham elevadas tensões de crescimento, como é o caso do eucalipto. Após a retirada de cada tábua, o bloco remanescente se deforma por flexão, pela adaptação à nova distribuição residual, implicando a perda de uniformidade de espessura da próxima peça a ser serrada. Para se resguardar a qualidade da madeira de eucalipto, algumas empresas preconizam, a cada giro da tora, a retirada de, no máximo, duas tábuas por cada face de corte, quando se utilizam toras de maior diâmetro; recomenda, ainda, a retirada de apenas uma tábua por cada face de corte em toras de menor diâmetro, exceto se a tora apresentar um arqueamento acentuado. Isso pode ser explicado em função da elevada tensão de crescimento, usualmente presente nesta espécie. Ao girar a tora, as tensões seriam liberadas de forma balanceada, resultando em produtos de melhor valor de mercado, por apresentarem menos rachaduras. A automação da serraria pode facilitar a operação de desdobro com a rotação da tora no momento do corte.

Quando se pretende priorizar a qualidade das tábuas, recomenda-se que o desdobro inicial seja realizado com serras de fita (simples ou dupla) até que o bloco atinja pequenas dimensões. Nesse processo, a multilâmina geraria peças de qualidade e tamanho inferior, uma vez que a medula é pouco valorizada no mercado. Por sua vez, as tábuas geradas pela serra de fita possuem melhores valores no mercado, por estarem normalmente livres ou apresentarem pequenas proporções de medula. Isso ocorre porque o operador do equipamento poderá decidir qual corte gerará pranchas de maior qualidade. Neste sistema, os blocos devem ser girados após cada corte, o que pode ser

considerado uma desvantagem, pois diminui consideravelmente a produtividade de uma serraria.

Pipino (2001) ressaltou que, de todos os trabalhos de usinagem de madeira, o desdobro de toras em serra de fita é, de longe, o mais difícil, do ponto de vista da manutenção e treinamento dos operários. O corte deverá ser organizado de forma a retirar peças com o máximo de rendimento e produtividade.

Os critérios gerais de seleção devem, de modo geral, priorizar o corte na melhor face. Quando duas ou mais faces se mostrarem iguais, seleciona-se a mais distante da medula. Devem-se, ainda, serrar as tábuas priorizando a melhor classe de qualidade da madeira e, ainda, garantir que a face interna das tabuas também pertença à melhor classe de diâmetro. Salienta-se a importância de um treinamento adequado dos operadores do equipamento e, sobretudo, o entendimento das inúmeras particularidades presentes na madeira do eucalipto, bem como da classificação final do produto.

As costaneiras das tábuas devem ser retiradas simultaneamente, evitando, assim, a liberação desproporcional e assimétrica das tensões de crescimento, que pode ocasionar empenamentos. Nesse processo também é muito importante serrar por classe, e o responsável por ele deve conhecer tais regras para evitar produzir tábuas com larguras menores ou mesmo maiores que o definido, sendo fundamental serrar para a máxima largura limpa da tábua. O operador deste equipamento deve estar atento para as espessuras fora do padrão e notificar tal problema. Observa-se, então, que o processo industrial é tão responsável pelo aumento da qualidade quanto o planejamento adequado da madeira no campo.

A qualidade deve ser padronizada, segregando-se a madeira de eucalipto por faixas de densidades: baixa (menor que 536 kg m^{-3}), média (entre 536 e 725 kg m^{-3}) e alta (acima de 725 kg m^{-3}); por coloração (clara, rosada e vermelhada); e pela tradicional classificação por defeitos presentes na madeira. A alta qualidade deve ser a meta das tomadas de decisões dentro de uma serraria.

O ganho na qualidade das tábuas de eucalipto permite seu emprego em usos onde se observa maior valor agregado, como mobiliário, construções, artesanato e esculturas, e não apenas como pellets, embalagens, divisórias e

parte interna dos móveis. Tal fato vai ao encontro das exigências de mercado, cada vez mais exigente em qualidade dos produtos. A adequação aos mercados de exportação deverá contemplar os critérios de conformidade dos produtos, passando pela qualidade e pelas exigências dos consumidores.

O perfeito funcionamento do processo produtivo permite maior número de produtos, com variadas classificações, além do atendimento de vários interesses dos consumidores. Com o controle de todos os parâmetros, resguarda-se a qualidade do produto final e permite-se obter uma madeira de eucalipto com padrões de qualidade comparáveis aos de outras madeiras já consagradas no mercado. Os estigmas ainda persistentes da madeira de eucalipto junto ao público consumidor são removidos quando se utiliza um produto de qualidade, com todo o seu envolvimento tecnológico.

As operações de industrialização da madeira devem realizar-se de tal maneira que a máquina não sofra desgaste excessivo, dano ou destruição, diminuindo os custos de manutenção ou de substituições (BROWN; BETHEL, 1975).

A variação da espessura de corte influi significativamente no rendimento e na qualidade das peças serradas. Equipamentos que apresentam grande variação dimensional ocasionam menores rendimentos, porque essas variações requerem maiores sobremedidas das peças serradas. Segundo Ponce (1992), a diversificação de produtos no processo produtivo é prejudicial, pois, quanto maior a variabilidade dos produtos e, conseqüentemente, do tipo de corte, menor é o rendimento. A espessura de corte produzida pela trava dos dentes de serra durante o desdobro da madeira tem sensível influência no rendimento. Um estudo conduzido nos Estados Unidos mostrou que a redução na espessura de corte de uma serra circular de 9,5 mm para 7,14 mm aumentou em 7% o rendimento (PONCE, 1992).

2.3. Técnicas de desdobro

As espécies de eucalipto requerem técnicas de desdobro diferentes das normalmente utilizadas para espécies de coníferas, que requerem, geralmente, menor energia para o corte. Os eucaliptos são, muitas vezes, mais densos e, portanto, duros, pesados e resistentes. Essas características aumentam a

energia requerida para processá-los e aceleram o desgaste das ferramentas de corte, das máquinas e do sistema de alimentação e transporte da madeira em uma serraria (NERI et al., 1999).

Segundo os mesmos autores, as forças de corte requeridas têm grande importância no projeto da geometria da ferramenta de corte e na potência requerida das máquinas que compõem uma serraria. As forças de corte variam com a espécie de madeira, com a direção das fibras e de corte, com a afiação da ferramenta e outras variáveis relacionadas com a matéria-prima e com a ferramenta.

Mackenzie (1960) propôs uma notação com dois numerais para definir as diferentes situações durante o corte ortogonal da madeira. O primeiro número representa o ângulo entre o fio de corte da ferramenta e a fibra da madeira e o segundo indica o ângulo entre a direção de corte e a fibra da madeira.

O tipo 90-0 é encontrado em processos de corte como os realizados pelas plainas, desgrossadeiras e, também, nos cortes de tábuas, na direção paralela à das fibras. O trabalho da serra de fita é um típico caso de corte 90-90, e as forças de corte variam em função do tipo de corte. Normalmente, maiores forças de corte são requeridas para o corte 90-90 que para o 90-0. O tipo 0-90 requer menor energia para o corte (KOCH, 1985). A máquina de processamento de madeira mais comum, depois da serra, é a plaina, que trabalha em corte periférico, mas na direção 90-0. A maior parte da madeira serrada normalmente é aplainada para eliminar defeitos, uniformizar as dimensões e melhorar a qualidade de corte. A qualidade da superfície e os tipos de defeitos de corte estão relacionados com o tipo de cavaco formado e, quando o corte é do tipo 90-0, observa-se a formação dos três tipos de cavaco diferentes (NÉRI et al., 1999).

Néri et al. (1999) mencionam, ainda, que o corte 90-90 é de grande interesse prático – por exemplo, aquele realizado pela serra de fita no corte longitudinal. A aresta cortante da ferramenta separará o cavaco através de um corte longitudinal, separando a estrutura celular na direção perpendicular à fibra. Durante sua formação, o cavaco sofre deformação por cisalhamento e se rompe devido à flexão; posteriormente, ele desliza ou se move para fora da

face de corte, formando uma espécie de cordão, composto de pequenos segmentos retangulares (HOADLEY, 1980).

Tendo em vista que uma ferramenta de corte separa as fibras perpendicularmente, um pequeno ângulo de ataque deverá deformar drasticamente a madeira, em compressão perpendicular às fibras durante o corte. Um efeito similar ocorre quando a ferramenta não está bem afiada, e essas condições permitem que as fibras não sejam completamente cortadas ou, quando flexionadas na superfície de corte, provocam fendilhamento abaixo do plano de corte; por essa razão, recomenda-se o uso de grandes ângulos de ataque e ferramentas bem afiadas, pois estas condições minimizam os danos superficiais na peça, causados pelo corte (MACKENZIE, 1960; HOADLEY, 1980). O corte longitudinal da serra de fita é um caso especial de corte 90-90. A fita é mais estreita que a peça a ser cortada e, dessa forma, o dente deve separar e cortar as faces laterais para poder passar livremente dentro da ranhura de corte. Para evitar o atrito entre a serra de fita e as superfícies laterais de corte, os dentes devem ser mais largos na ponta; essa configuração recebe o nome de trava, cuja espessura deve ser maior que a da fita.

Del Menezzi (1999) define a técnica de cortes tangenciais como a obtenção de peças que tangenciam as camadas de crescimento. Esta técnica é bastante utilizada para diversas espécies, mas, no caso do eucalipto, apresenta problemas. Entre os problemas, Pandey et al. (1984) afirmam que a parte interna da tábua, que está sob tração, tende a encurtar. Além disso, os autores observaram que 15 a 20% das tábuas desenvolveram rachaduras durante o desdobro e que, durante os processos seguintes, as peças apresentaram outros problemas, como colapso e empenamentos.

2.4. Serra de fita

A serra de fita é um dos principais equipamentos de uma serraria. Destaca-se dos demais equipamentos pelo seu papel principal de desdobrar a tora, transformando-a em blocos. Sua ação é complementada com a multilâmina, que é utilizada no desdobro da parte central da tora. Ela exige cuidados minuciosos na sua preparação e manutenção. A escolha mal planejada dos parâmetros que compõem os dentes e sua geometria, preparação da garganta,

tensionamento e nivelamento das serras, pode ocasionar problemas futuros na linha de produção. Resultados satisfatórios são possíveis se todos os fatores supracitados estiverem interligados.

O trabalho com serra de fita requer profissionais especialmente treinados e qualificados, uma vez que o nível de detalhamento de sua manutenção é muito grande. Para exemplificar, dos inúmeros dentes que compõem uma lâmina de serra, se apenas um deles estiver mal preparado, pode provocar uma redução do padrão de qualidade do produto, em razão das marcas deixadas na madeira, bem como redução na precisão do desdobro. Destaca-se ainda que, para o manuseio com as lâminas de serras de fita, é fundamental a utilização dos equipamentos de proteção individual, pois as lâminas possuem pontas cortantes nos seus dentes e a sua afiação gera faíscas que podem danificar a visão do operador.

O setor de manutenção de serras é importante e estratégico numa serraria, quando se pretende atingir um nível de qualidade e um rendimento eficientes. Caso a serra apresente problemas, faz-se necessária a interrupção das atividades e que se proceda à sua substituição, a fim de se resguardar a qualidade pretendida. Outro fator operacional que deve ser levado em consideração é a periodicidade e o tempo entre as substituições da lâmina de serra. Trocas muito freqüentes proporcionam diminuição da produção, uma vez que todo o processo deve ser interrompido; além disso, existe um tempo ocioso na substituição da serra, além de exigir maior demanda de técnicos para o setor de afiação. É também importante o acompanhamento do desempenho de trabalho das lâminas de serra de fita durante sua vida útil, através de um banco de dados, o que possibilitaria a detecção de um eventual problema. Para o controle desse banco de dados, deve-se anotar, primeiramente, a data de início de trabalho da serra, identificando-a por meio de um código específico. Deve-se, ainda, anotar o horário de início e fim do funcionamento de cada lâmina e a quantidade de horas trabalhadas. Obtém-se, com isso, o tempo entre as afiações. Nesse banco de dados, devem-se mencionar as ocorrências, como tipo de trinca na garganta do dente, detalhando as suas possíveis causas, sua reincidência, quando presente, assim como a recolocação da estelita devido às marcas deixadas na madeira ou variação na espessura. Com esse controle,

pode-se avaliar um determinado problema na qualidade das tábuas relacionado à lâmina de serra, bem como analisar as causas dele.

Observa-se, no Brasil, que as serras de fita utilizadas em serraria de pequeno porte, que predominam nesse setor de produtos sólidos, são equipamentos antigos e que a troca da lâmina de serra é efetuada em espaçamento de tempo muito longo, ocasionando baixa qualidade nas pranchas geradas. Os operadores efetuam a troca da lâmina apenas quando ela não está trabalhando adequadamente e não mantêm, assim, um padrão mínimo de qualidade na produção. A operação de substituição da lâmina de serra e a sua posterior afiação são processos demorados e trabalhosos, e a sua afiação também demanda certo trabalho. Esses fatores justificam o longo tempo de trabalho das lâminas de serra de fita nesses estabelecimentos.

As serras de fita pertencentes às serrarias que possuem alto grau de tecnologia, possuem scanner que fazem a leitura dos diâmetros máximos e mínimos nas toras a serem desdobradas, sua conicidade e seus possíveis defeitos. O scanner está conectado ao computador presente na cabine do operador e, através da interpretação da imagem gerada na tela, o operador define a seqüência de cortes a serem efetuados. Esta seqüência é baseada também na classificação final da madeira.

2.5. Desvio de corte

Eleotério et al. (1996) afirmaram que a precisão das dimensões é uma característica que determina a qualidade de uma peça de madeira. A qualidade da madeira serrada pode ser avaliada de duas maneiras: pelas suas características naturais (propriedades físicas, mecânicas, anatômicas, entre outras) ou pela precisão de suas dimensões. Ponce (1993) afirma que a variação dimensional é uma das causas que dificultam a comercialização e conseqüente baixa competitividade da indústria madeireira brasileira.

As causas de variação do corte advindas de uma serra de fita podem estar relacionadas à escolha errônea dos parâmetros ou métodos, à manutenção da lâmina de serra e, por último, à manutenção do equipamento.

Um ângulo de corte inadequado gera desvio no processo de desdobro, em razão de a lâmina de serra ser forçada para trás no momento do corte. O

tamanho inadequado da garganta do dente também ocasiona desvios de corte. A capacidade da garganta deve ser calculada para não preenchê-la com mais que 60-70% da serragem. Outro fator ainda relacionado à escolha equivocada dos parâmetros é a velocidade de corte inadequada para a profundidade de corte.

Com relação à manutenção da serra, deve-se averiguar se a lâmina de serra está corretamente nivelada e tensionada. Deve-se ter certeza de que a tensão foi aplicada ao longo de toda a lâmina e de que as pistas de rolagem (parte da lâmina de serra não-tensionada que toca nos volantes do equipamento) estão corretamente posicionadas a certa altura da extremidade da lâmina.

2.6. Controle dimensional

A variação dimensional das peças serradas influi significativamente no rendimento; serrarias com maior variação dimensional da espessura têm rendimentos menores. Quanto maiores as variações, maiores devem ser os acréscimos nas medidas das peças serradas (maior sobremedida).

Deve-se ter um acompanhamento permanente da produção, de forma a assegurar um adequado controle dimensional. A medição da espessura de corte ao longo da tábua consiste numa prática eficiente do controle de qualidade das peças geradas pelo desdobro. Recomenda-se que esse processo seja executado por amostragem e concomitante com o processo de desdobro, principalmente depois da troca da lâmina de serra. Os dados das medições devem ser anotados em planilhas e, em seguida, processados quanto ao desvio-padrão entre e dentro das tábuas da amostra aleatória. Assim, avalia-se o quanto a espessura média das tábuas está desviando em relação à espessura desejada de corte. A partir daí, deve-se localizar a origem desses desvios. Esse procedimento é de simples execução, pois necessita apenas de paquímetro, prancheta, planilha e um técnico muito eficiente, pois controla o padrão de qualidade das peças geradas. Devem-se elaborar relatórios que incluam o diagnóstico com as sugestões para melhorar um eventual problema. A qualidade do produto serrado deve ser o objetivo sempre

do segmento industrial, para assim angariar mercados exigentes no quesito qualidade.

De acordo com Pipino (2001), além dos ganhos de qualidade de madeira serrada, através da diminuição da variação da espessura das tábuas, consegue-se uma redução considerável no volume do resíduo gerado durante o processo produtivo, em especial no beneficiamento.

O sistema americano de controle dimensional é baseado em análise estatística e tem como objetivo a avaliação do comportamento dos vários tipos de serras no que se refere às variações de corte nas peças produzidas. Amostras de peças coletadas das serras têm suas espessuras ou larguras medidas em vários pontos, de 4 a 10 por peça. Calculam-se o desvio-padrão dentro e entre as peças e o desvio-padrão total. O desvio-padrão dentro das peças avalia o comportamento das lâminas de serra durante o corte, sua estabilidade e variação. O desvio-padrão entre as peças avalia o comportamento dos dispositivos bitoladores – aqueles que determinam as espessuras ou larguras durante o corte. O desvio-padrão total avalia o comportamento geral, determinando as condições do equipamento, e quanto deve ser o acréscimo nas dimensões da peça para que seja aceita pelo consumidor ou para que, no beneficiamento, tenha suas superfícies aplainadas (PONCE, 1993).

Williston (s.d.) afirma que a variação da amostra representa a variação do que pode ocorrer no processo produtivo; a amostra para a medição da espessura deve ser tomada em quatro pontos de medição, distribuídos entre o comprimento e a largura das tábuas. Sugere, ainda, que, para se obter uma impressão confiável, 25 tábuas devem ser avaliadas ao dia; cada amostra deve consistir de quatro pranchas, distribuídas durante os turnos de funcionamento da serraria e, também, após a troca das lâminas de serra. Ressalta-se que cada amostra (quatro pranchas) deve ser retirada na mesma ocasião – a cada quatro horas.

Carmo (2004), entretanto, estudando dois modelos de perfis de dente em serras de fita no desdobro de madeira nativa da Amazônia, utilizou oito pontos para sua amostragem de espessura de corte, sendo quatro pontos de cada lado das tábuas, distribuídos apenas ao longo do comprimento.

Os gráficos de controle têm como função principal a indicação imediata de tendências de desvios da qualidade de um produto dos limites predeterminados. Além de indicar a ultrapassagem desses limites, as fichas servem, principalmente, para controle de influências responsáveis pela qualidade insatisfatória do produto. Trata-se mais de evitar a ocorrência de baixa qualidade do produto do que a eliminação posterior deste, como no caso da inspeção de produtos por planos de amostragem (NOCK; RICHTER, 1979).

Williston (s.d.) relata que os pontos localizados fora dos limites dos gráficos indicam que o processo está fora do controle; ele está sob controle quando os pontos estão estabelecidos dentro dos limites. O autor ainda relata a importância desse tipo de controle com os operadores que estão diretamente envolvidos na qualidade do desdobro. Os envolvidos devem entender a importância do gráfico de controle no processo de desdobro, fazendo sugestões para melhorar ou alterar os casos de desvio de corte.

2.7. Dente de serra

Todos os tipos de lâminas são constituídos de um corpo ou folha e dentes. Estes dentes são formados por entalhes e saliências, que realizam um ataque sucessivo aos feixes fibrosos da madeira, onde arrancam certa quantidade de madeira, sob a forma de pequenas partículas, conhecidas como serragem (ROCHA, 2001). O processo de desdobro envolve intenso contato entre a extremidade de dente de serra e a madeira, sendo, assim, considerado a essência do processo dentro da serraria.

2.7.1. Fatores que influenciam a escolha do dente

O formato e as dimensões dos dentes da serra têm influência sobre o resultado do corte. De modo geral, considera-se que a geometria ideal é aquela que possibilita ganhos de qualidade e produtividade na madeira serrada.

Segundo Sandvik (1999), na escolha do dente devem-se considerar os seguintes fatores: capacidade de garganta, estabilidade lateral adequada e geometria cortante. Uddeholm (s.d.) sugere que a escolha do formato do dente deve considerar os seguintes parâmetros:

- *Tipo de madeira* – madeiras mais densas e secas exigem formatos de dentes mais robustos, enquanto madeiras mais macias e verdes permitem formatos menos resistentes, deixando mais espaço para o fundo do dente.
- *Direção do corte em relação às fibras* – no corte transversal às fibras os dentes sofrem maior desgaste, quando comparados aos cortes longitudinais.
- *Velocidade da lâmina* – a velocidade elevada da lâmina está geralmente associada com o corte de madeiras moles e a utilização de elevadas velocidades de avanço, necessitando, então, de fundos de dentes maiores.
- *Avanço* – elevadas velocidades de avanço sujeitam os dentes a grande esforço e exigem um formato mais robusto. Velocidades elevadas de avanço também exigem fundos dos dentes maiores.
- *Espessura da lâmina* – lâmina fina exige dentes mais resistentes que lâmina grossa.
- *Profundidade do corte* – se as outras condições forem iguais, o aumento da profundidade do corte requer mais espaço para o fundo do dente; contudo, a lâmina, nesta condição, está sujeita a maiores esforços, o que deve ser compensado pela redução do avanço.

2.7.2. Formatos básicos de dentes

Pipino (2001) afirmou que o bom trabalho do dente de serra é função de sua geometria, dos esforços que são aplicados contrários ao corte, da resistência da lâmina e dos ângulos de incidência, corte e ataque. A autora ainda afirma que as modificações na geometria dos dentes das lâminas de serra de fita visam à redução dos esforços de corte, levando a um aumento da velocidade de avanço no carro porta-tora no momento do corte, propiciando ganho de produtividade e redução no consumo de energia.

No Brasil, de modo geral, todos os formatos de dente são utilizados para o desdobro da madeira, indistintamente da espécie. Variam-se apenas os

aspectos relacionados à profundidade e, em poucos casos, alterações no ângulo de ataque (Comunicação pessoal)¹.

O Quadro 1 sugere o emprego de alguns formatos de dentes de acordo com determinadas características da madeira. Observa-se, neste quadro, que o formato “SB”, também chamado de cavaco projetado, é o mais recomendado pelo autor, seguido pelo formato do dente “LS”.

Quadro 1 - Formatos de dentes de acordo com características da tora, da madeira e do processo adotado

Afição			Formato do dente
Serrarias	Toras grandes	Madeira dura ^{1/}	S, SB
		Madeira mole*	S
	Toras pequenas	Madeira dura	SB
		Madeira mole	LS, SB
Toras congeladas		SB	
Oficinas de aplainamento		Madeira dura	LS, SB
		Madeira mole	LS, SB
Aplicações especiais de serramento		Madeira dura	LS, SB
		Madeira mole	S, SB

Fonte: Sandvik (1999); em que: LS = “N”.

^{1/} O autor não menciona os intervalos de densidade para madeira mole e madeira dura.

Uddeholm (s.d.) mencionou que o formato “N”, também denominado dente reto (Figura 1), é geralmente utilizado para lâminas com larguras de até 50 mm (2”). É um dente forte, recomendável para madeiras excessivamente duras e possui a área do fundo do dente relativamente pequena. Observa-se a utilização deste tipo de dente para serrar eucalipto em serrarias no Brasil. Segundo Sandvik (1999), este modelo de dente é intensamente usado para o desdobro e resserra, tanto de madeira de coníferas quanto de folhosas.

O dente tipo “O” (Figura 2) tem o fundo reto e uma grande área. É recomendado para madeiras de menor densidade. Esse fundo reto tende a reduzir o risco de fendas no fundo do dente (UDDEHOLM, s.d.). Carmo (2004) afirmou que este tipo de dente é freqüentemente empregado, em razão de sua

¹ Jair Figueiredo do Carmo, Eng. Florestal, M.S. em Ciências Ambientais e Florestais pela UFRRJ.

simplicidade de afiação; todavia, se forem utilizados grandes ângulos de ataque, torna-se frágil para trabalhar com lâminas largas, em grande produção; este modelo de dente possui, ainda, facilidade de evacuação do cavaco. O autor ainda denominou este tipo de dente como modelo tradicional, utilizado na região de Sinop-MT, e, ainda, de dente reto. Isso gera certa confusão na denominação dada ao dente tipo “O” e do tipo “N”.

Segundo informações da região amazônica de Sinop-MT (comunicação pessoal)², o modelo de dente mais difundido entre as madeiras no Brasil é o com fundo reto, sendo utilizado para desdobro de qualquer espécie. Para este formato de dente, o ângulo de ataque geralmente está compreendido entre 12 e 16°, ângulo de corte entre 52 e 55° e ângulo de incidência entre 22 e 23° para o desdobro de madeiras de média densidade. Gonçalves (2000) denominou este modelo de dente como “perfil especial”; possui ângulo de saída e espaço da garganta muito amplo e, devido a essas características, é usado no desdobro de madeira macia (baixa densidade).

O formato em “S”, denominado de “bico de papagaio” ou “bico de louro” (Figura 3), é utilizado em alguns países da América Latina, como o Chile. É empregado normalmente para lâminas largas, especialmente quando possuem as pontas dos dentes recalcados (UDDEHOLM, s.d.). Devido à convexidade das costas do dente, o ângulo de saída fica reduzido ao mínimo. Carmo (2004) afirmou que este tipo de dente é o que possui maior resistência dentre todos, devido ao seu formato. O autor, ainda, relatou que o ângulo de incidência se torna bem reduzido, podendo ocorrer choque do dorso dos dentes na madeira, e a área da garganta é muito reduzida, dificultando a evacuação do cavaco.

Existe também o formato denominado “NS” (Figura 4), que é uma combinação dos tipos “N” e “S”, ainda conhecido como dente em gancho. Uddeholm (s.d.) citou como vantagens deste modelo de dente uma ponta com alta capacidade de recalque e uma grande área de garganta. Dessa forma, reduz o risco de surgimento de fendas e aumenta a capacidade de contenção de serragem. É recomendado para lâminas de 150 a 200 mm, tanto para madeiras moles como para madeiras de maior densidade.

² Jair Figueiredo do Carmo, Eng. Florestal, M.S. em Ciências Ambientais e Florestais pela UFRRJ.

O formato de dente tipo “SB”, também denominado “cavaco projetado” ou, ainda, “quebra-cavaco” (Figura 5), é usado para serrar madeira congelada, em países de clima temperado. Carmo (2004) mencionou que é o dente com as melhores condições para o desdobro de madeiras tropicais e seu uso ainda é reduzido, devido à falta de trabalhos publicados pelo CTFT – Centro de Tecnologia da Florestal Tropical – Guiana Francesa. Possui um raio de garganta maior, prevenindo a formação de fendas. O dente possui uma estabilidade lateral elevada, devido à pouca profundidade da garganta. Um ponto de transição no fundo da garganta faz com que os cavacos congelados se quebrem, transformando-se em cavacos menores, proporcionando ótima utilização da área da garganta, com o mínimo de fuga e adesão de serragem nas tábuas. Sandvik (1999) e Gonçalves (2000) mencionaram que este tipo de dente é usado para serrar tanto coníferas quanto folhosas.

O dente misto (Figura 6), conhecido como “dente com arraste”, apresenta resistência intermediária entre o bico do papagaio e o reto, mas sua capacidade de armazenamento e evacuação de cavaco é menor que a do dente reto (SENAI, s.d.). Segundo Weissenstein (1997), este modelo de dente, juntamente com o bico de papagaio, é o mais usado em serras de fita para cortar toras.

Existe também um modelo de perfil que utiliza um “dente falso” (Figura 7) na garganta do dente. Este modelo de dente possui como vantagem uma boa evacuação do cavaco durante o desdobro.



Fonte: Rocha (2001).

Figura 1 - Formato tipo “N”.



Fonte: Rocha (2001).

Figura 2 - Formato tipo “O”.



Fonte: Rocha (2001).

Figura 3 - Formato tipo “S”.



Fonte: Rocha (2001).

Figura 4 - Formato tipo “NS”.



Fonte: Rocha (2001).

Figura 5 - Formato tipo "SB" ou cavaco projetado.



Fonte: Senai (s.d.).

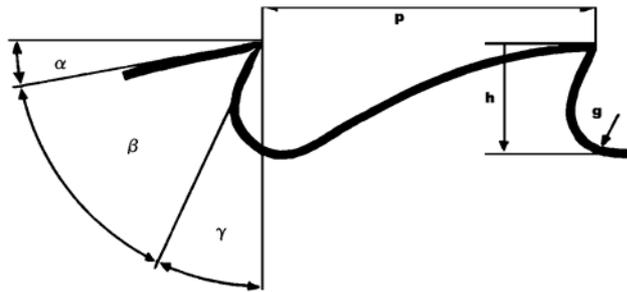
Figura 6 - Formato tipo arraste.



Figura 7 - Formato cavaco projetado com "dente falso" na garganta.

2.7.3. Elementos dos dentes

A Figura 8 apresenta os principais elementos dos dentes de uma lâmina de serra.



Fonte: Uddeholm (s.d.)

Figura 8 - Elementos básicos dos dentes de uma lâmina de serra.

em que:

h = altura do dente;

p = passo do dente;

α = ângulo de incidência;

β = ângulo de corte; e

γ = ângulo de ataque.

2.7.3.1. Altura do dente (H)

Segundo Rocha (2001), a altura do dente corresponde à distância vertical entre a ponta e o fundo dele. Aumentando-se a altura dos dentes, haverá maior vão entre eles, o que possibilitará maior velocidade de alimentação; contudo, não se pode aumentar a altura de um dente indefinidamente, pois sua resistência depende da relação entre sua altura e distância de um dente a outro. O autor recomenda a seguinte relação:

$$\frac{H}{P} = \frac{1}{3} \quad (\text{eq. 1})$$

em que:

H = altura do dente (mm); e

P = passo do dente ou distância de um dente a outro (mm).

2.7.3.2. Passo dos dentes (P)

O passo de um dente corresponde à distância entre dois dentes consecutivos. A escolha do valor do passo é função de alguns fatores, como tipo de madeira, velocidade da lâmina de serra, velocidade de alimentação, entre outros (ROCHA, 2001).

Pipino (2001) mencionou que o passo do dente depende muito mais da altura de corte a efetuar que da natureza da madeira; mais um exemplo de que o desdobro de madeira provida de reflorestamento possui uma grande vantagem em relação ao de madeira nativa, uma vez que as alturas de corte são, de certa forma, padronizadas. A autora relatou que é preciso escolher uma forma de dente de maior resistência e só então definir o passo dele. Senai (s.d.), ainda, afirmou que, de posse da superfície e da altura do dente determinada e conhecendo a rigidez da lâmina de serra de fita, pode-se determinar o passo do dente.

Um passo grande demais aumenta o esforço sobre cada dente, gastando-se rapidamente o gume da lâmina; um passo pequeno produz uma superfície serrada mais regular, porém exige maior consumo de energia (ROCHA, 2001). Um passo pequeno implica necessariamente um fundo de dente pequeno e restringe o avanço da madeira a serrar, o que pode ser

inconveniente numa serraria de grande produção. Se o ângulo de corte (β) e o ângulo de ataque (γ) forem grandes, as costas do dente podem ser fortemente convexas, a fim de se evitar um passo excessivamente grande (UDDEHOLM, s.d.). O mesmo autor relatou que dentes com pontas recalçadas necessitam de um passo maior que os dentes travados. A diferença pode chegar a cerca de 35%. As fitas finas, que geralmente têm dentes travados, devem ter dentes pequenos e passo também pequeno, a fim de que os dentes finos sejam suficientemente fortes.

Para serrar madeira de baixa densidade e verde, é preferível usar geralmente passo de 40 a 50 mm (1 ½ a 1 ¾"); para madeira de maior densidade e seca, o passo deve ser de 35 a 40 mm (1 ¼ a 1 ½") (UDDEHOLM, s.d.). Há muitas espécies de madeiras que requerem forma de dentes e passo especiais. Essas exigências variam muito, especialmente no que se refere a certas madeiras tropicais.

Existe, ainda, o passo que é caracterizado por possuir as pontas dos dentes desigualmente espaçadas na lâmina de serra, denominado de passo variado. Sandvik (1999) afirmou que uma lâmina de serra pode possuir vários passos, normalmente de 3 - 5 passos, com a mesma forma básica do dente. Também diferentes formas de dentes com diferentes passos podem aparecer na mesma lâmina de serra de fita. Este tipo de passo tornou-se possível através de técnicas modernas de afiação, sendo mais usado na América do Norte.

As vantagens de dentes de serra desigualmente espaçados foram, por muitos anos, conhecidas na indústria de metal. Entre 1980 e 1990, foram introduzidas canteadeiras circulares com dentes desigualmente espaçados em serrarias, obtendo-se bons resultados (ARMSTRONG, 2005).

Sandvik (1999) e Armstrong (2005) mencionaram que uma vantagem de serras com dentes desigualmente espaçados é que eles eliminam ou reduzem a vibração harmônica, que causa ondulações na madeira serrada. Os autores afirmaram que a velocidade de avanço pode ser aumentada e os tamanhos da sobremedida e da espessura de corte podem ser reduzidos, o que significa maior rendimento no final do processo de desdobro. Alguns afiadores norte-americanos informam que o desempenho de serrarias que desdobram madeira congelada é aumentado, indicando que serras de fita de

passo variável deveriam também trabalhar bem em serrarias que desdobram folhosas.

Ao avaliar as vantagens das serras com passo variado, devem-se considerar os seguintes parâmetros (ARMSTRONG, 2005):

- Para todos os três dentes sucessivos na serra, a distância entre o primeiro dente e o segundo não deveria exceder 115% da distância entre o segundo e o terceiro dente.
- O passo mais curto não deveria ser menor que 65% do passo do dente mais longo, ou seja, o maior espaçamento não deveria ser mais longo que 153% do dente mais curto.
- A profundidade da garganta deveria exceder 50% do espaçamento do dente mais curto.

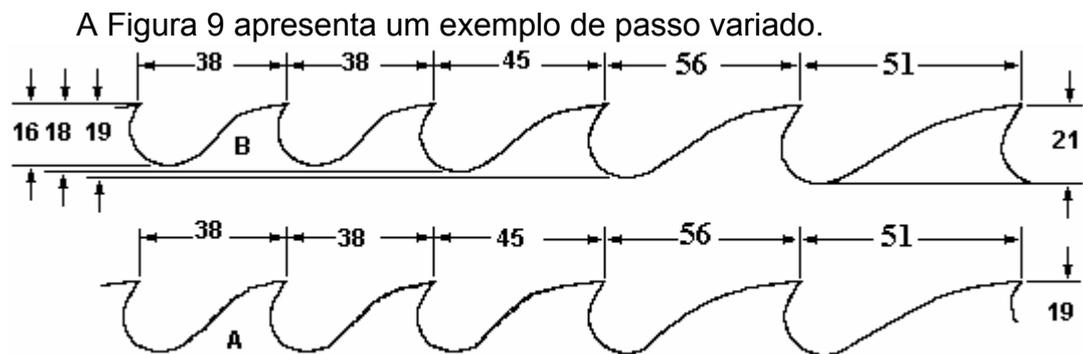


Figura 9 - Passo variado.

2.7.3.3. Ângulo livre ou de incidência (α)

É o ângulo formado por uma reta que tangencia as pontas dos dentes e por outra que tangencia suas costas, passando pela ponta. Quanto maior for este ângulo, melhor será a penetração na madeira, facilitando o corte; se este ângulo, no entanto, for muito grande, a ponta do dente se torna enfraquecida. Se for de 0° , o dorso do dente encosta na madeira, dificultando o avanço da peça serrada; este ângulo nunca pode ser menor que 5° (ROCHA, 2001). Uddeholm (s.d.) também afirma que o ângulo não deve ser menor que 5° e que, para madeira muito mole, pode chegar até 12° ; se a saída não for suficiente, as

costas do dente causarão atrito com a madeira, provocando excessivo atrito com a lâmina de serra.

O ângulo de incidência é necessário para evitar que o dorso do dente se choque com a madeira. Quando o ângulo de incidência for pequeno, o esforço de corte aumenta seguramente em função do choque do dorso com a madeira e recomenda-se um ângulo-limite de incidência de 15° . Este ângulo não tem qualquer função mecânica no corte ou, mesmo, função de evacuar a serragem produzida durante o corte (SENAI, s.d.).

Para as condições escandinavas, é utilizado um ângulo de incidência de $8^\circ - 12^\circ$, ao passo que o padrão nos EUA é de $12^\circ - 16^\circ$ (SANDVIK, 1999). Williston (s.d.) recomendou que o ângulo de entrada não seja inferior a 10° . O autor ainda relata que o valor de 12° é comumente utilizado na Europa e que nos EUA o valor do ângulo de incidência geralmente é de 16° , dentro dos limites estabelecidos pelo autor supracitado.

2.7.3.4. Ângulo de corte (β)

É o ângulo formado pela ponta metálica do dente e determina a sua resistência. Deve ser suficientemente grande para dar a rigidez necessária ao dente. Seu valor varia de 35° para madeiras macias a 65° para madeiras duras (ROCHA, 2001).

Uddeholm (s.d.) sugere que este ângulo não deve ser inferior a 40° e que para madeira dura pode ser próximo de 50° ; para madeira muito mole, este valor poderá atingir até 35° .

2.7.3.5. Ângulo de ataque (γ)

Este ângulo também é chamado de “ângulo de gancho”, ou mesmo de “saída de cavaco”, e determina a capacidade de corte da lâmina. Uddeholm (s.d.) afirmou que este ângulo é da maior importância para a aptidão do corte e pode ter efeito decisivo sobre a capacidade de produção. Para Weissenstein (1997), quando se considera a qualidade no acabamento de

usinagem da madeira, deve-se exigir um critério muito exato em relação ao ângulo de ataque.

Deve ser adaptado ao tipo de madeira, velocidade de corte, tipo do dente (travado ou recalçado) e formato do dente. Quando este ângulo é muito pequeno, a serra não corta, e sim repele a madeira, fazendo com que a lâmina retroceda no volante. Se for muito grande, os dentes penetram na madeira, dificultando o corte, fazendo com que a lâmina deslize no volante. Seu valor deve estar entre 5° , para madeiras duras, e 35° , para madeiras macias (ROCHA, 2001). Pipino (2001) afirmou que, de modo geral, para se conseguir uma boa qualidade de corte, o ângulo de ataque deve estar compreendido entre 20° e 35° . Sandvik (1999) recomenda para madeiras de coníferas e madeira de maiores diâmetros o uso de 25° - 30° para serras recalçadas e estelitadas e 10° - 15° para lâminas que possuem dentes travados. Para madeiras de folhosas, recomenda-se o ângulo entre 15° e 25° para lâminas recalçadas ou estelitadas e um ângulo um pouco menor em lâminas travadas. Uddeholm (s.d.) mencionou que este ângulo não deve ser inferior a 12° .

Sandvik (1999) afirmou que o ângulo de corte é selecionado para proporcionar um bom poder de corte. Um ângulo de corte de maior valor permite um corte mais eficiente, mas, ao mesmo tempo, reduz a estabilidade do dente.

Se o ângulo de corte assumir valores elevados, a lâmina será puxada contra a madeira. Se isso acontecer, seu gume dianteiro pode ficar fora dos volantes da serra de fita. Um ângulo de corte subdimensionado, no entanto, requer desnecessariamente muita força de corte, podendo causar vibração e um desdobro estável. Em ambos os casos, as lâminas estão propensas a rachaduras, especialmente na garganta (SANDVIK, 1999).

O Quadro 2 apresenta um resumo dos valores dos ângulos de incidência, corte e de ataque de acordo com diversos autores, em relação à serra de fita.

2.7.3.6. Garganta do dente

A garganta do dente deve ter uma área suficientemente grande para armazenar a serragem retirada pelo dente durante o corte da madeira.

Segundo informações da região de Sinop – MT (Comunicação pessoal)³, a profundidade da garganta está diretamente relacionada com o tipo de madeira que está sendo desdobrada, sendo maior para o desdobro de madeira de baixa e média densidade (algo em torno de 14 a 16 mm) e menor para madeira de alta densidade (algo em torno de 12 mm). Esses valores irão variar em relação à largura e espessura da lâmina de serra utilizada, ou seja, depende do tamanho da máquina (diâmetro dos volantes).

Pipino (2001) afirmou que, quando o dente penetrar na madeira, a serragem obtida deverá alojar-se no corpo da lâmina, até que possa ser livremente evacuada. A garganta do dente deve ter uma área suficiente para armazenar o pó de serra produzido, até poder evacuá-lo na saída do corte.

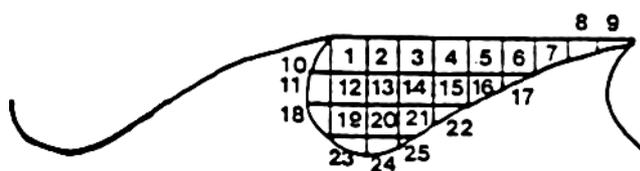
A área da garganta pode ser obtida de duas formas: pelo cálculo da área, proposto por Sales (1990) na Figura 10, ou mesmo através da Equação 2, proposta pelo Senai (s.d.). A área da garganta é o somatório das áreas numeradas.

Quadro 2 - Valores dos ângulos de incidência, corte e de ataque de acordo com diversos autores, para dentes de lâminas de serra de fita

Ângulo de incidência	Condições	Autor
Nunca inferior a 5°		Rocha (2001) e Uddeholm (s.d.)
Valor-limite de 15°		Senai (s.d.)
14°	Madeira de baixa densidade	Weissenstein (1997)
12°	Madeira de média densidade	Weissenstein (1997)
10°	Madeira de alta densidade	Weissenstein (1997)
Valor-limite de 12°		Uddeholm (s.d.)
8 - 12°	Escandinávia	Sandvik (1999)
12 - 16°	USA	Sandvik (1999)
16°	USA	Williston (s.d.) e Sharptool (2006)
12°	Europa	Williston (s.d.)
Ângulo de corte	Condições	Autor
35°	Madeira de baixa densidade	Rocha (2001)
65°	Madeira de alta densidade	Rocha (2001)
Próximo a 35°	Madeira de baixa densidade	Uddeholm (s.d.)
Próximo a 50°	Madeira de alta densidade	Uddeholm (s.d.)
56°	Madeira de baixa densidade	Weissenstein (1997)
63°	Madeira de média densidade	Weissenstein (1997)

³ Jair Figueiredo do Carmo, Eng. Florestal, M.S. em Ciências Ambientais e Florestais pela UFRRJ.

68°	Madeira de alta densidade	Weissenstein (1997)
Ângulo de ataque	Condições	Autor
20°	Madeira de baixa densidade	Weissenstein (1997)
15°	Madeira de média densidade	Weissenstein (1997)
12°	Madeira de alta densidade	Weissenstein (1997)
Próximo a 35°	Madeira de baixa densidade	Rocha (2001)
Próximo a 5°	Madeira de alta densidade	Rocha (2001)
Nunca inferior a 12°		Uddeholm (s.d.)
20 - 35°		Pipino (2001)
25 - 30°	Dentes estelitados e recalcados (conífera)	Sandvik (1999)
10 - 15°	Dentes travados (conífera)	Sandvik (1999)
15 - 25°	Dentes estelitados e recalcados (folhosas)	Sandvik (1999)
15 - 18°	Madeira média e mole	Senai (s.d.)
Próximo a 12°	Madeira dura	Senai (s.d.)



Fonte: Sales (1990).

Figura 10 - Representação geométrica para o cálculo da área da garganta de um dente.

$$AG = \frac{H \cdot P}{1,75} \quad (\text{eq. 2})$$

em que:

AG = área na garganta (cm^2);

H = altura do dente (cm);

P = passo (cm); e

Fator = 1,75.

2.8. Velocidade de avanço

A velocidade de avanço é a velocidade de deslocamento do carro portadoras em direção à lâmina de serra de fita. É medida em metros por minuto (SENAI, s.d.). Esta variável é muito importante quando se considera a produtividade numa serraria. A velocidade de avanço é reduzida quando a madeira apresenta defeitos, como nós, ou, ainda, quando a lâmina apresenta

algum problema de manutenção. Para seu cálculo, Carmo (2004) sugeriu a Equação 3.

$$Va = \frac{\text{Comprimento}_{\text{tora}}}{TP_{\text{tábua}}} \quad (\text{eq. 3})$$

em que:

Va = velocidade de avanço (m/min); e

TP = tempo de processamento de cada tábua (min).

A velocidade de avanço em serras de fita pode ser definida pelo operador do equipamento, ou mesmo padronizada, em função do tamanho do bloco a ser desdobrado. Quando definida pelo operador, deve receber um treinamento específico, no intuito de evitar perdas na qualidade do corte ou, ainda, evitar acidentes.

Nos países da Escandinávia, a velocidade de avanço normal é de aproximadamente 60 - 80 m/min. Fabricantes de máquinas mais modernas já desenvolveram equipamentos que operam com velocidades de alimentação de até 120 m/min. É provável que a velocidade de avanço alcance 150 m/min no futuro. Velocidade de avanço de até 120 m/min é empregada na América do Norte, onde máquinas mais pesadas operam freqüentemente com lâminas mais grossas no desdobro de madeiras mais macias (SANDVIK, 1999).

Segundo Pipino (2001), o desgaste das lâminas de serra de fita não aumenta proporcionalmente com a velocidade de avanço. Assim, o aumento da velocidade de avanço é desejável e aceitável. Isso reflete na diminuição do preço do produto, em razão do menor custo com mão-de-obra. Outro fator que favorece esse aumento é o ganho na espessura de cavaco, o que melhora consideravelmente sua evacuação.

A seguir, estão mencionados alguns fatores considerados pelo Senai (s.d.) que influenciam a determinação da velocidade de avanço no corte, quando se utiliza serra de fita:

- *Altura de corte* - é muito importante na determinação da velocidade de avanço, em razão de o esforço de corte aumentar rapidamente com o

aumento da altura do corte. A velocidade de avanço deverá ser sempre inferior ao valor-limite de armazenamento de cavaco permitido pela garganta do dente. Em madeiras densas, a lâmina atinge seus limites mecânicos bem antes que a garganta do dente seja preenchida pela serragem.

- *Tensão de montagem* - quanto mais tensionada no volante, maior será a velocidade de avanço. A tensão de montagem depende da resistência mecânica da lâmina.
- *Diâmetro dos volantes* - especificações de fabricantes através de manual ou catálogo indicam a velocidade de avanço máximo para a máquina adquirida (potência instalada).
- *Preparação do corpo da lâmina* - a estabilidade da lâmina no corte devido ao tensionamento, o endireitamento do dorso e o aplanamento também influenciam a velocidade de avanço.

2.9. Avanço por dente

Segundo Bonduelle (2001), o critério de qualidade pode ser calculado sem dispor de material de medição do estado de superfície, adaptado à madeira, na indústria. A “rugosidade” do estado de superfície é definida pelo avanço por dente, caracterizado por A_d (Equação 4). Essa grandeza é, na maioria das vezes, visível nas superfícies usinadas. O autor definiu o avanço por dente como o passo das marcas deixadas na madeira. É o fator que vai determinar o estado da superfície. Quanto menor o avanço por dente, melhor será o acabamento, porém maior será o desgaste da ferramenta. Sempre existe essa correlação entre qualidade e rapidez do desgaste dos gumes.

$$A_d = \frac{1.000 * V_a}{n * Z} \quad (\text{eq. 4})$$

em que:

A_d = avanço por dente (mm);

V_a = velocidade de avanço (m/min);

n = frequência de rotação do motor (min); e

Z = número de dentes ativos da ferramenta.

Carmo (2004), Senai (s.d.) e Gonçalves (2000) definem este parâmetro de qualidade como espessura do cavaco. Já Sandvik (1999) o define como avanço por dente, e Weissenstein (1997), como passo da faca, passo do gume de corte ou, ainda, avanço por gume de corte.

Senai (s.d.) menciona que o avanço por dente, obtido pela lâmina de serra de fita, é função do número de dentes, cortando a madeira durante um intervalo de tempo dado, e do deslocamento relativo da madeira em relação à serra durante esse mesmo intervalo de tempo (Equação 5). Nota-se que o primeiro parâmetro depende, essencialmente, do passo do dente (P) e da velocidade de corte (V_c); o segundo é fixado pela velocidade de avanço (V_a).

$$Ad = \frac{Va + P}{Vc * 60} \quad (\text{eq. 5})$$

em que:

Ad = avanço por dente (mm);

P = passo (mm);

V_a = velocidade de avanço (m/min); e

V_c = velocidade de corte (m/seg).

Sandvik (1999) apresentou o cálculo do avanço por dente através da Equação 6:

$$Ad = \frac{P * Va}{Vc} \quad (\text{eq. 6})$$

em que:

Ad = avanço por dente (mm);

P = passo (mm);

V_a = velocidade de avanço (m/min); e

V_c = velocidade de corte (m/seg).

O avanço por dente deve se situar entre 0,5 e 1,5 mm, para que esteja localizado na zona de bom corte (SENAI, s.d.). O autor relata ainda que estudos de laboratório demonstram que, quanto maior for a espessura de cavaco na faixa indicada (0,5 a 1,5), melhor será a sua evacuação.

Para aumentar a espessura de cavaco, pode-se aumentar a velocidade de avanço; esse aumento dependerá da capacidade da máquina e da forma de preparação da lâmina de serra de fita.

O Quadro 3 relaciona três intervalos de avanço por dente com a qualidade da superfície, a vida útil do gume proposto e a necessidade de lixamento, em função da espessura do cavaco.

Quadro 3 - Avanço por dente e sua relação com a qualidade da superfície, vida útil do gume e necessidade de lixamento

Avanço por dente (mm)	Qualidade da superfície	Vida útil do dente	Necessidade de lixamento
0,3 a 0,8	Ótima	Curta	Baixa
0,9 a 1,7	Razoável	Ideal	Normal
1,8 a 5,0	Ruim	longa	Alta

Fonte: Senai (s.d.).

2.10. Esforços do corte

Para Gonçalves (2000), quando a velocidade de avanço é baixa, a força de corte tende a ser maior que o esperado. Isso pode ser explicado pela fricção da aresta de corte com a madeira, pois os dentes passam mais vezes na região de corte para retirar a mesma quantidade de material. Com altas velocidades de avanço erroneamente empregadas, aumentam-se as forças de corte devido ao preenchimento da garganta dos dentes e à fricção da serragem entre a lâmina e a madeira. O mesmo autor reforçou que o esforço de corte é mais elevado quando se corta a madeira seca, sendo menor para madeira verde. Com relação à densidade da madeira, o esforço de corte em madeiras muito densas pode chegar a ser cinco vezes maior, quando comparado à madeira macia.

Gonçalves (2000) relatou que o corte perpendicular às fibras requer maior energia em comparação com o corte ao longo das fibras, isto é, as forças de corte tendem a ser maiores no corte perpendicular. O estado de afiação do dente também influencia a força de corte, uma vez que um bom acabamento no dente diminui tais forças.

O avanço por dente também influencia a força do corte, pois nas espessuras entre 0,2 e 2,8 mm gera-se um esforço de corte maior; acima de 2,8 mm, as forças de corte são bastante aumentadas. Isso é explicado por modificações das condições de usinagem, assim como pelo preenchimento da garganta do dente com serragem.

O ângulo de incidência também exerce influência sobre o esforço do corte; quanto maior o ângulo de saída, menor será o esforço do corte; e, quando muito pequeno (inferior a 2°), pode causar atrito do dente com a madeira.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Localização do experimento

O experimento foi realizado na empresa Aracruz Produtos de Madeira Ltda., localizada no distrito de Posto da Mata, município de Nova Viçosa, no sul do Estado da Bahia. A empresa trabalha com os mercados interno e externo de madeira serrada de eucalipto e apresenta alta tecnologia no desdobro da madeira.

3.2. Descrição do local

Os plantios estavam localizados no município de Mucuri-BA, a uma altitude de 82 metros, com latitude de 18° 02'19" S e longitude de 39° 51' 43" W.

3.3. Seleção do material

O material utilizado neste trabalho foi obtido de plantios de clones de híbridos *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*. As árvores foram coletadas em plantios comerciais da empresa Aracruz Produtos de Madeira. Na época da coleta, as árvores tinham 15 anos de idade, com espaçamento inicial de 3 x 3, sofrendo desbaste aos 7 e aos 11 anos de idade, sem submetê-las à desrama.

3.4. Amostragem do material

Utilizaram-se 60 árvores para a realização da pesquisa, tomando-se a primeira tora de cada árvore; elas foram identificadas quanto à classe diamétrica ainda no pátio da serraria. Para a coleta dos dados, foram desdobradas seis tábuas por tora, totalizando 30 tábuas por classe diamétrica e 60 por tratamento.

Não foram realizadas avaliações nem mencionados detalhes operacionais da etapa de derrubada das árvores. As toras foram desdobradas uma semana após o corte.

3.5. Caracterização das toras

As dimensões e o formato das toras foram obtidos através de um *scanner*, após seu descascamento. Os dados fornecidos pelo *scanner* foram: diâmetro maior, diâmetro menor, comprimento, volume, altura de corte e *tapper* (conicidade).

3.6. Preparação da lâmina de serra de fita

3.6.1. Soldagem das lâminas

Neste trabalho, a ligação das duas extremidades de uma lâmina de serra, para obtenção de uma serra sem fim, foi feita por meio de uma solda MIG (Metal Inert Gas). A soldagem foi realizada manualmente a gás e arco protegido.

3.6.2. Nivelamento

O nivelamento foi efetuado para evitar eventuais saliências e pequenas imperfeições causadas à lâmina no decorrer de sua fabricação. Durante o nivelamento, um sensor determinou a altura da serra de fita, onde estava conectado a um martelo. À medida que o sensor detectava alguma irregularidade na espessura da lâmina, o martelo corrigia as distorções. Isso foi efetuado ao longo do comprimento da lâmina de serra, em um equipamento

especializado. O nivelamento e o tensionamento são operações interligadas, que são executadas quando uma lâmina de serra está sendo preparada.

3.6.3. Tensionamento

Esta etapa de preparação consiste em diminuir a espessura da parte central do corpo da serra, com a intenção de induzir um estado de tensão residual e permitir que a lâmina possua um dorso convexo. Assim, as partes dorsal e dentada da serra estarão com maior tração que a central no volante, tornando-se mais rígida e suportando maior pressão lateral ao avanço da madeira (GONÇALVES, 2000).

O tensionamento das lâminas foi realizado com o auxílio de roletes, em uma bancada de aço. O início do tensionamento foi feito com maior pressão dos roletes na parte central da lâmina, seguido de menor pressão nas laterais, sendo realizado nos dois lados das lâminas. Para verificar o tensionamento, empregou-se uma medida da régua-padrão, com aproximadamente 2,0 a 3,5 mm de luz no centro da serra.

Para as duas pistas de rolagem (áreas não tensionadas na lâmina que se apóiam no volante da serra de fita), definiu-se uma distância de aproximadamente 20,0 mm, tanto na parte voltada para os dentes como na parte contrária a estes.

3.6.4. Preparação do perfil do dente

A extremidade dos dentes foi calçada com estelita. A soldagem foi realizada automaticamente. No decorrer do processo, o operador verificou a regulagem da altura da lâmina e se a solda estava disposta devidamente na serra. Posteriormente, os dentes foram desbastados lateralmente, mediante dois rebolos diamantados dispostos entre as duas laterais do dente. Para obter maior eficiência nesse procedimento, foi certificado se a espessura do dente estava adequada. O desbaste do topo dos dentes foi feito no momento da afiação da lâmina, ou seja, conforme retificava a garganta do dente, o rebolo também afiava o topo deste.

A afiação dos dentes foi feita numa máquina afiadora dotada de rebolo, utilizando-se quatro passos (uma passagem completa por todos os dentes da lâmina) para completar esse processo: o primeiro passo mais brando, seguido de dois passos mais fortes, findando novamente com um passo mais leve.

Para confecção das lâminas de serra de fita que possuíam passo variado, realizaram-se os seguintes procedimentos:

- Retirada de todos os dentes da lâmina original (perfil fixo).
- Marcação dos novos dentes na lâmina.
- Abertura dos novos dentes na máquina afiadora, através do desbaste e acerto dos perfis.
- Nivelamento e tensionamento da serra (idem ao passo único).
- Soldagem do metal duro nas pontas dos dentes.
- Desbaste e afiação dos dentes.

3.7. Delineamento experimental

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com seis tratamentos, ou seja, seis diferentes geometrias de dentes de lâminas de serra de fita (Quadro 4) para o desdobro das toras de eucalipto. Utilizaram-se 10 toras por tratamento, sendo cinco para a classe diamétrica compreendida entre 25 e 34 cm (classe 1) e as outras cinco com diâmetro entre 35 e 47 cm (classe 2).

O modelo de dente empregado foi o apresentado na Figura 9. Observa-se que há diferenciação quanto à altura do dente, ao tamanho do passo e ao ângulo de ataque e de incidência, mantendo-se a mesma espessura da lâmina de serra para todos os tratamentos.

Quadro 4 - Delineamento experimental

Tratamento	Passo (mm)	Altura do dente (mm)	Ângulo (graus)		
			Incidência	Corte	Ataque
1	57,15	22	8	55	27
2	57,15	22	9	55	26
3	57,15	25,4	8	55	27
4	57,15	25,4	9	55	26
5	Variado ^{1/}	22	8	55	27
6	variado	22	9	55	26

Em que: variado: 50,8 – 50,8 – 50,39 – 50,71 – 60,03 – 60,35 mm.

A Figura 11 apresenta um desenho esquemático dos tratamentos descritos no Quadro 4.

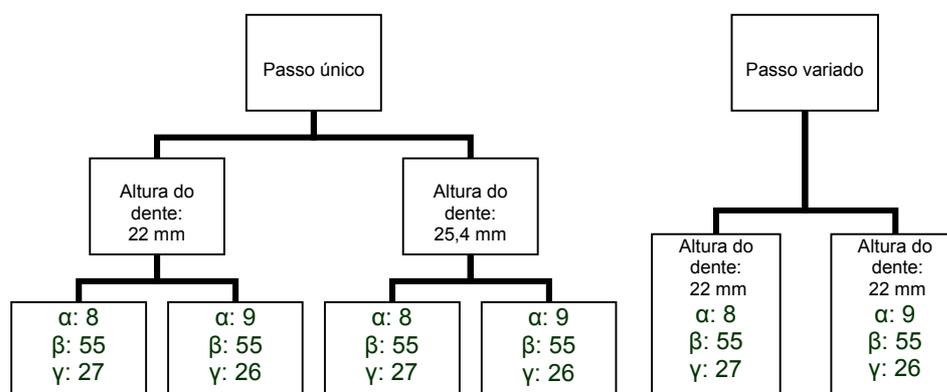


Figura 11 - Desenho esquemático dos tratamentos.

Pela fórmula proposta por Senai (s.d.) e Rocha (2001), a altura da garganta seria suficiente com valores de 19,05 mm. No delineamento proposto anteriormente, as alturas dos dentes para os seis tratamentos encontram-se acima dos valores sugeridos pela Equação 2.

O valor do ângulo de corte ($\beta = 55^\circ$) foi igual para todos os tratamentos. Os valores do ângulo de incidência (α) variaram em função dos valores atribuídos ao ângulo de ataque (γ). Neste experimento foram priorizados os valores de ângulo de ataque, em razão de sua importância, já mencionada anteriormente.

3.8. Processamento das toras

As toras foram descascadas e encaminhadas por meio de correntes transportadoras, para serem desdobradas. No local, cada tora passou por um *scanner* que estava conectado à cabine do operador, fornecendo os dados que possibilitaram a caracterização das toras. Inicialmente, as toras passaram por um desbastador, composto por duas facas, sendo uma desbastadora da tora e a outra com a finalidade de retirar as costaneiras das toras e, assim, melhorar a qualidade das primeiras tábuas. Vale lembrar que o desbastador foi acionado apenas nas quatro primeiras tábuas retiradas. Em seguida, as toras foram

desdobradas em serra de fita vertical, retirando-se seis tábuas. O sistema de corte respeitou o princípio de não retirar mais que uma tábua por face, ou seja, a tora foi girada a cada tábua desdobrada. O tipo de corte utilizado foi o tangencial. A Figura 12 apresenta o sistema de corte utilizado no desdobro das tábuas.

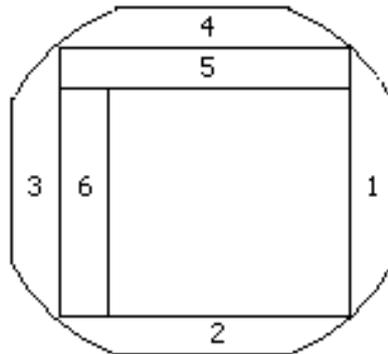


Figura 12 - Sistema de corte utilizado no desdobro.

As toras e pranchas foram devidamente identificadas, de forma que fosse possível identificar as tábuas. A retirada das bordas das pranchas foi realizada por uma canteadeira, para facilitar a leitura das espessuras. A seguir, as tábuas seguiram para o local de leitura da espessura.

As toras foram desdobradas num engenho de serra de fita vertical, que apresentava as seguintes características:

- Velocidade de serra de fita = 43.046 m/min.
- Velocidade de avanço = definida pelo operador.
- Diâmetro dos volantes = 1,828 metro.
- Potência do motor = 250 CV.
- Rotação do motor = 1.750 rpm.
- Polia do motor = 35 cm.
- Polia do engenho de serra fita = 90 cm.
- Carro porta-tora = 6,5 m de comprimento por 2,45 de largura.
- Rotação do volante medida com auxílio de um tacômetro = 365 rpm.
- Lâminas de serra de fita = 25,4 cm de largura e 1,8 mm de espessura.

3.9. Caracterização do material

As características das toras utilizadas nesta pesquisa estão sumarizadas no Quadro 5. Os resultados representam as médias das toras para cada classe diamétrica.

Quadro 5 - Caracterização das toras

Tratamento	Classe diamétrica ^{1/}	Diâmetro médio (cm)	Comprimento (m)	Volume (m ³)	Tapper (cm/m)
T1	1	28,27	3,7	0,22	4,8
	2	42,63	5,0	0,72	17,4
T2	1	28,03	3,7	0,22	8,8
	2	39,56	5,0	0,55	9,6
T3	1	28,26	3,7	0,23	7,2
	2	39,08	5,0	0,61	12
T4	1	28,03	3,9	0,29	6,4
	2	39,49	4,7	0,55	11,8
T5	1	29,07	3,7	0,22	2,7
	2	38,73	4,8	0,57	9,4
T6	1	30,84	3,9	0,30	8,0
	2	41,79	5,0	0,68	12,8

^{1/} Classe 1 (diâmetros entre 24 e 34 cm) e classe 2 (diâmetros entre 35 e 47 cm).

Observou-se variação no comprimento das toras dentro das respectivas classes diamétricas, em decorrência do seccionamento, ainda no campo, em tamanhos padronizados pela empresa. O diâmetro médio foi calculado em função da média dos diâmetros das duas extremidades da tora e do diâmetro central.

Ressalta-se que as toras apresentavam pequenas rachaduras de topo ao longo da seção transversal, em consequência da liberação das tensões de crescimento. Em certas situações, ocorreram rachaduras radiais nas seções transversais das toras. O material não foi classificado por normas, uma vez que essas avaliações fugiam dos objetivos estabelecidos no presente trabalho.

3.10. Avaliação da qualidade e produtividade da madeira serrada

O efeito das seis geometrias de dentes no processamento mecânico da espécie estudada foi avaliado através dos estudos da velocidade de avanço e da variação na espessura das pranchas serradas. Essas duas variáveis permitiram avaliar os aspectos qualitativos e quantitativos, ou seja, a produtividade do processamento e a qualidade das peças produzidas.

3.10.1. Desvio de corte

Para a medição da espessura, as tábuas foram posicionadas em dois suportes de ferro devidamente confeccionados, para facilitar a leitura das espessuras, uma vez que estes se encontravam a uma altura confortável para o operador. Cada suporte possuía a capacidade para a leitura de cinco tábuas, as quais foram posicionadas de forma vertical, para facilitar a medição da espessura nas duas laterais.

Os pontos de medição apresentavam-se equidistantes e foram marcados com giz de cera. Em cada tábua, foram tomadas dez medidas de espessura, com auxílio de um paquímetro digital, sendo cinco em cada lateral (Figura 13), com base na metodologia adotada por Carmo (2004). O desdobro das tábuas foi efetuado no sentido ponto 1 ao 5.



Figura 13 - Medição das espessuras.

Calculou-se a média da espessura, correspondente aos dois lados de cada tábua, gerando, portanto, cinco dados de espessura média de corte para cada prancha e, em seguida, para cada tratamento.

Realizaram-se 60 medições de espessura por tora, resultando em 600 pontos de medição por tratamento; não foi efetuada medição nas extremidades das pranchas.

Foram elaborados gráficos de controle ou cartas de controle, com base na metodologia sugerida por Williston (s.d.). Esses gráficos permitem avaliar as variações no desdobro; eles fazem uma inferência a espessura média de corte, desvio-padrão entre tábuas e desvio-padrão dentro das tábuas.

Para determinação da variação de corte dentro e entre pranchas, foram utilizadas as Equações 7 e 8.

$$S_w = \frac{\overline{Rw}}{d_2} \quad (\text{eq. 7})$$

$$S_b = \frac{\overline{Rb}}{d_2} \quad (\text{eq. 8})$$

em que:

S_w = desvio-padrão dentro das tábuas;

S_b = desvio-padrão entre tábuas;

\overline{Rw} = média da diferença da maior para a menor espessura de corte do conjunto de tábuas de cada tora presente na amostra;

\overline{Rb} = média da diferença da maior para a menor espessura de corte média de corte do conjunto de tábuas de cada tora presente na amostra; e

d_2 = valor tabelado em função no número de tábua que compõe cada amostra.

3.10.2. Velocidade de avanço

O tempo de corte de cada tábua foi obtido empregando-se um cronômetro digital, que foi acionado no momento em que a serra de fita tocava a tora e paralisado, imediatamente, quando o corte foi finalizado.

Conhecendo o comprimento das toras, a velocidade de avanço pôde ser calculada. Para cada tora foi obtida uma velocidade de avanço média, determinada a partir da velocidade de avanço de cada prancha desdobrada.

3.11. Análise dos resultados

Para análise da produtividade e qualidade da madeira serrada, foi aplicada a ANOVA inteiramente casualizada, em nível de 95% de

probabilidade. Os valores de velocidade de avanço e desvio total de corte foram analisados separadamente, para cada geometria de dente. Assim, foi analisado o efeito da geometria de dente para a espécie estudada. O desvio de corte total foi avaliado na análise de variância, em relação à média da espessura obtida em todas as peças serradas para cada tratamento. Paralelamente, foi também analisado o desvio obtido em relação à dimensão-objetivo predefinida pela empresa (31,5 mm).

Foram elaborados também gráficos de controle do desvio de corte total para cada modelo de dente. Esse procedimento foi utilizado para verificar quais os tratamentos que apresentaram processos de corte fora dos limites de controle. Esse tipo de gráfico tem grande utilização no controle de qualidade das empresas, em que geralmente se trabalha com número reduzido de amostras.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Altura de corte, avanço por dente e área da garganta

No Quadro 6, observam-se os valores médios para altura de corte, avanço por dente estimado e capacidade da garganta dos dentes em comportar a serragem, para os seis tratamentos.

Quadro 6 - Valores médios de altura de corte, espessura do cavaco e área da garganta

Tratamento	Classe Diamétrica	Altura de corte (cm)	Avanço por dente ^{1/} (mm)	Área da garganta (cm ²)
1	1	20,92	1,65	7,18
	2	30,07		
2	1	18,76	1,72	7,18
	2	29,65		
3	1	21,6	1,64	8,29
	2	26,27		
4	1	21,23	1,83	8,29
	2	27,10		
5	1	21,06	1,54	7,18
	2	32,67		
6	1	20,96	1,75	7,18
	2	28,91		

^{1/} Cálculo sugerido pela fórmula do Senai (s.d.).

A menor média de altura de corte para a classe 1 foi obtida para o tratamento 2 (18,76 cm), enquanto a maior altura média de corte encontrada foi o tratamento 5 (21,06 cm). Já para a classe diamétrica 2, o menor e o maior valor para a altura média de corte foram, respectivamente, para o tratamento 3 (26,27 cm) e para o tratamento 5 (32,67 cm). Não foi realizada a análise de variância para a comparação entre as alturas de corte, uma vez que os cálculos de variação da espessura de corte foram segregados por classe diamétrica, subtendendo-se as maiores e menores alturas de corte.

Os avanços médios de avanço por dente foram superiores ao intervalo sugerido pelo Senai (s.d.) como zona de bom corte (0,5 - 1,5 mm). Isso indica que a evacuação do cavaco foi eficiente e que as alturas de corte estão de acordo com os valores de velocidade de avanço e do tamanho do passo.

Comparando os valores de referência apresentados no Quadro 3 com os dados apresentados no Quadro 6, os tratamentos 1, 3 e 5 geraram peças com a qualidade de superfície considerada razoável e a vida útil do dente ideal, com necessidade de lixamento normal. Nesses tratamentos, o valor do ângulo de ataque foi de 27° , apesar de o tamanho do passo e as alturas serem variados. Já para os demais tratamentos (2, 4 e 6), que possuíam ângulo de ataque de 26° , as peças desdobradas foram classificadas como de qualidade ruim, com o gume de vida útil longa e alta necessidade de lixamento.

O valor do ângulo de ataque influenciou a classificação do avanço por dente; o maior valor gerou melhores resultados na madeira serrada, em concordância com Senai (s.d.). Na medida do possível, é viável trabalhar com ângulo de ataque sempre maior. Confirma-se que maiores ângulos de ataque proporcionam maior velocidade de avanço. Sandvik (1999) e Pipino (2001) sugerem limites, respectivamente, de 25° a 30° e 12° a 25° para obtenção de zonas de bom corte. Para Pipino (2001), os valores dos ângulos de ataque utilizados nesta pesquisa não gerariam zonas de bom corte.

Os tratamentos 3 e 4 possuíam área da garganta em torno de 12,4% superior à dos demais tratamentos. Isso é explicado pelo fato de a altura da garganta possuir valores superiores nesses dois tratamentos.

4.2. Qualidade das tábuas

O Quadro 7 apresenta a média geral dos desvios de corte, bem como o desvio de corte, em porcentagem, em função dos tratamentos. O desvio de corte em porcentagem apresentado neste trabalho foi calculado a partir dos valores absolutos das espessuras médias de corte. Estes desvios de corte são em relação à espessura-meta de corte.

Quadro 7 - Desvio médio de corte por tratamento, desvio-padrão e desvio de corte, em porcentagem

Tratamento	Desvio (mm) ^{1/}	DP (mm)	Desvio (%)
1	+ 0,57 A ^{2/}	1,00	3,01 B
2	- 0,09 C	1,15	2,75 B
3	+ 0,11 B	1,13	2,74 B
4	- 0,61 E	0,95	2,86 B
5	- 0,36 D	1,13	2,75 B
6	- 0,88 F	1,18	3,90 A

^{1/} Em que: (+): acima da espessura-meta e (-): abaixo da espessura-meta; DP: desvio-padrão (mm).

^{2/} Letras diferentes diferem entre si a 95% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Observa-se que os desvios de corte dos seis tratamentos foram significativamente diferentes entre si em nível de 95% de probabilidade.

O desvio-padrão é considerado uma medida que melhora a interpretação de um determinado dado e representa a média dos desvios absolutos que todos os valores amostrais possuem ao redor da média. Deseja-se, então, um menor desvio-padrão. Analisando o Quadro 7, observa-se que o menor e o maior desvio-padrão foram obtidos para os tratamentos 4 e 6, respectivamente. Com relação ao desvio em porcentagem, o tratamento 6 foi significativamente diferente dos demais, que, por sua vez, não diferiram entre si; ou seja, a média de espessura obtida para as tábuas desdobradas com lâminas de serra com o passo variado e 26° de ângulo de ataque distanciou 3,90% da espessura desejada de corte de 31,5 mm.

Os desvios de corte acima dos valores propostos para a espessura desejada de corte ocorreram apenas nos tratamentos 1 (+ 0,57) e 3 (+ 0,11); no tratamento 1, esse desvio foi em torno de cinco vezes maior que o desvio do

tratamento 3. Observou-se então que, quando o desdobro foi realizado com lâminas de serra com passo único e ângulo de ataque de 27°, as tábuas apresentaram desvios acima da espessura-meta de corte (31,5 mm).

Os demais tratamentos apresentaram o desvio de corte abaixo da espessura-meta; sendo que o maior desvio de corte (mm) em relação à espessura desejada de corte ocorreu quando foi utilizado passo variado com ângulo de ataque de 26°. As Figuras 14 e 15 apresentam o desvio médio de corte por tratamento e o desvio médio em porcentagem.

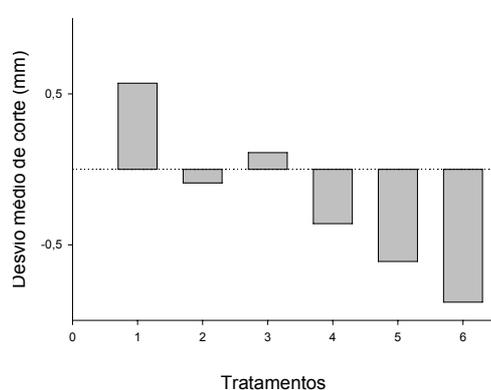


Figura 14 - Desvio médio de corte por tratamento.

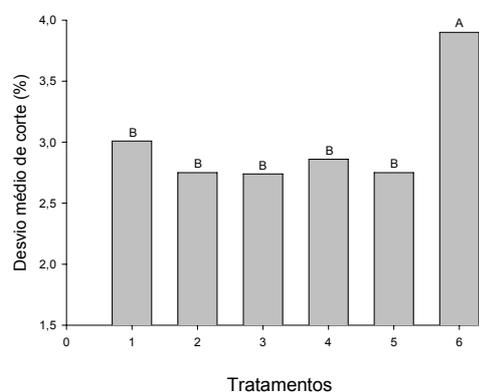


Figura 15 - Desvio médio de corte em porcentagem.

Apenas o tratamento 6 foi significativamente diferente dos demais. O Quadro 8 apresenta os valores de desvio médio de corte por tratamento e classe diamétrica. Os valores dos desvios fazem uma inferência do quanto a dimensão de corte, medida pelo paquímetro, distanciou-se da espessura-meta estabelecida, o que afeta a quantidade de resíduo gerado pelo processo produtivo, interferindo, diretamente, no rendimento da serraria.

A análise de variância indicou interações significativas entre as fontes de variação e, por isso, os efeitos foram desdobrados. No Quadro 8 são apresentados os desvios médios de corte e desvios médios absolutos de corte, em porcentagem, por tratamento e classe diamétrica.

Quadro 8 - Desvios médios de corte e desvios médios absolutos de corte, em porcentagem, por tratamento e classe diamétrica

Tratamento	Classe diamétrica*			
	1		2	
	Desvio (mm)	Desvio (%)	Desvio (mm)	Desvio (%)
1	+ 0,50 Aa ^{1/}	2,50 Bc	+ 0,65 Aa	3,52 Ab
2	- 0,42 Bd	2,64 Ac	+ 0,23 Ab	2,88 Acd
3	+ 0,26 Ab	2,84 Abc	- 0,03 Bc	2,65 Ad
4	- 0,29 Acd	2,44 Bc	- 0,94 Be	3,28 Abc
5	- 0,14 Ac	3,02 Ab	- 0,60 Bd	2,50 Bd
6	- 0,96 Ae	3,71 Aa	- 0,82 Ae	4,11 Aa

* Em que 1: diâmetros das toras compreendidos entre 24 e 34 cm; 2: diâmetros entre 35 e 47 cm; (+): acima da espessura-meta e (-): abaixo da espessura-meta de 31,5 mm.

^{1/} Letras maiúsculas iguais na mesma linha e letras minúsculas iguais na mesma coluna não diferem entre si a 95% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Analisando o Quadro 8, observam-se diferenças significativas entre tratamentos e classes diamétricas para a espessura média das tábuas.

Considerando a menor classe de diâmetro, verificou-se que os tratamentos 2 e 4 foram estatisticamente iguais; observou-se que, quando se utilizou um ângulo de ataque de 26° (tratamentos 2 e 4), com diferentes alturas do dente e valor do ângulo de ataque de 27°, juntamente com espaçamento variado das pontas dos dentes, para a classe diamétrica 1, eles não diferiram entre si. Os demais tratamentos (1, 3 e 6) foram significativamente diferentes.

Para a maior classe diamétrica, apenas os tratamentos 4 e 6 foram estatisticamente iguais; o tratamento 6, em que se utilizou passo variado, apresentou maior desvio de corte, que foi abaixo da espessura-meta (31,5 mm) desejada no desdobro.

Comparando as classes diamétricas dentro de cada tratamento, constatou-se que apenas nos tratamentos 1 e 6 a altura de corte não influenciou o desvio de corte. Isso pode ser explicado pela pequena diferença entre os valores de diâmetro propostos inicialmente nesta pesquisa. O tipo do passo empregado não foi o fator principal de causa da diferença de espessura entre classes. Para os demais tratamentos, a classe de diâmetro influenciou significativamente o valor da espessura de corte, de acordo com Senai (s.d.), que afirma que a variação na espessura da madeira serrada, encontrada na

maioria das serrarias da região amazônica, está correlacionada com grandes alturas de corte, com deficientes avanços por dente.

A Figura 16 permite melhor visualização dos dados apresentados pelo Quadro 8. O valor zero (0) faz referência à espessura de corte considerada como corte, que foi de 31,5 mm.

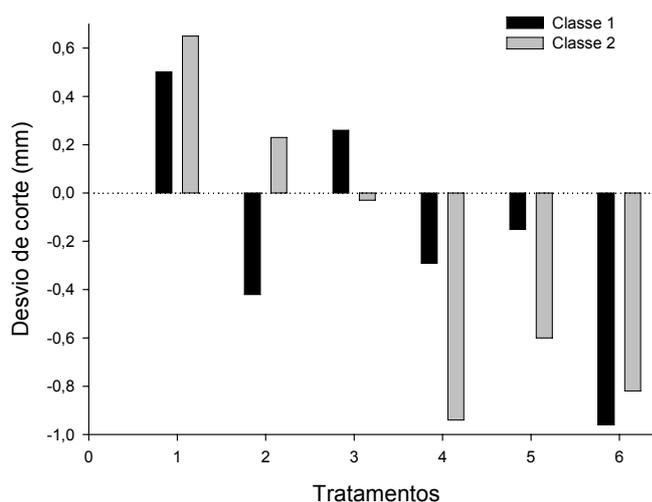


Figura 16 - Desvio médio de corte por tratamento e classe diamétrica.

Observou-se que a menor variação em torno da espessura-meta de corte foi encontrada para a classe diamétrica 2 e o tratamento 3. O maior desvio de corte corresponde à classe de menor diâmetro e ao tratamento 6.

Relacionando os valores dos desvios de corte com a capacidade da garganta em armazenar cavaco, pode-se afirmar que, nas condições propostas pela pesquisa, o maior valor de capacidade da garganta (tratamentos 3 e 4) corresponde, respectivamente, ao menor e ao terceiro menor desvio de corte.

Os desvios acima da espessura desejada de corte ocorreram para as duas classes diamétricas no tratamento 1, assim como para a maior e menor classe de diâmetro nos tratamentos 2 e 3, respectivamente. Isso culminou com a geração de resíduos acima do valor-meta. Os tratamentos 4, 5 e 6 apresentaram desvios abaixo da espessura-meta de corte, tanto da classe 1 quanto da classe 2.

Considerando a menor classe de diâmetro no tratamento 1, a cada 100 cortes realizados pelas lâminas de serra com tal geometria de dente,

gerar-se-ia, de resíduo, o correspondente a uma prancha de 30 mm de espessura e outra de 20 mm. Se for considerada a classe diamétrica 2, a cada 100 cortes efetuados, gerar-se-iam duas tábuas de 32,5 mm como resíduo. Considerando os desvios negativos, ressalta-se ainda que o rendimento da serraria diminui em função da adequação da espessura da tábua a uma espessura menor do que a desejada de corte.

Não houve relação entre a menor classe diamétrica e o menor desvio de corte, conforme mencionado pela literatura. Observou-se que, para as toras de menor diâmetro, metade dos tratamentos (1, 3 e 5) apresentou também menor desvio de corte. Para os demais tratamentos, a maior classe de diâmetro foi a que apresentou o menor desvio de corte, em torno da espessura desejada.

Pelo menos nas condições empregadas neste experimento, não houve ganho de qualidade para a madeira serrada de eucalipto quando se trabalhou com passo variado, conforme sugerido por Sandvik (1999) e Armstrong (2005). A Figura 17 apresenta o desvio de corte em porcentagem, considerando as duas classes diamétricas dos tratamentos estudados.

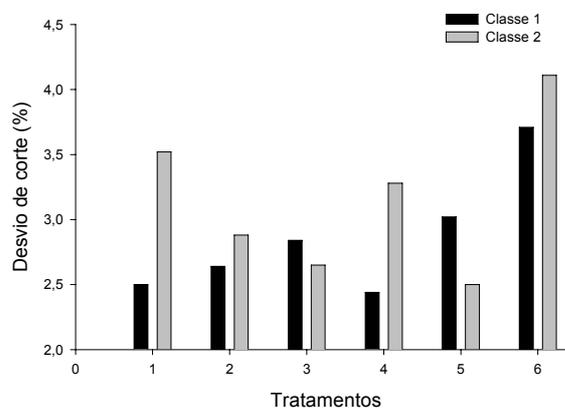


Figura 17 - Desvio de corte, em porcentagem, por tratamento e classe de diâmetro.

O maior desvio de corte em valores absolutos ocorreu no tratamento 6, em que se utilizou passo variado, com ângulo de ataque de 26°. O menor erro foi encontrado para a classe de menor diâmetro, referente ao tratamento 4.

Para os tratamentos 1, 2, 4 e 6, a classe de menor diâmetro apresentou também menor desvio absoluto em porcentagem; para os tratamentos 3 e 5, o menor valor para o desvio absoluto foi encontrado para a maior classe diamétrica. No Quadro 9 são apresentados os desvios médios de corte por ponto de medição e tratamento. Esses valores permitem observar a variação do desvio ao longo da prancha.

Quadro 9 - Desvio médio^{1/} de corte por tratamento e ponto de medição (mm)

Ponto de medição	Tratamento					
	1	2	3	4	5	6
1	+ 0,42 Ab ^{2/}	- 0,22 Bc	- 0,12 Bc	- 0,56 Cb	- 0,59 Cc	- 1,23 Dc
2	+ 1,00 Aa	+ 0,27Ca	+ 0,66 Ba	- 0,32 Da	+ 0,15 Ca	- 0,49 Da
3	+ 1,16 Aa	+ 0,44 Ca	+ 0,71 Ba	- 0,30 Ea	+ 0,24 Da	- 0,46 Ea
4	+ 0,92 Ac	+ 0,02 Cb	+ 0,46 Bb	- 0,62 Eb	- 0,12 Db	- 0,79 Eb
5	- 0,60 Ad	- 0,99 Bd	- 1,15 Cd	- 1,27 Cc	- 1,52 Ec	- 1,56 DEd

^{1/} Em que: (+): acima da espessura-meta e (-): abaixo da espessura-meta de 31,5 mm.

^{2/} Letras maiúsculas iguais na mesma linha e letras minúsculas iguais na mesma coluna não diferem entre si a 95% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Os pontos de medição 2 e 3 mostraram-se estatisticamente iguais para todos os seis tratamentos; nos tratamentos 4 e 5, além deles, os pontos 1 e 4 e 5 e 6, respectivamente, não diferiram estatisticamente entre si.

Para o tratamento 1, os pontos das duas extremidades apresentaram valores de desvio inferiores aos dos demais pontos; o ponto 5 apresentou valor inferior ao da espessura-meta. Nos tratamentos 5 e 6, os pontos 1 e 5 apresentaram desvios de maior intensidade, ou seja, a espessura medida foi mais distante da espessura objetivo de corte.

Em todos as combinações propostas neste estudo (exceto para o ponto de medição1 do tratamento 1), observou-se desvios de espessura abaixo da espessura meta nos pontos de medição localizados nas extremidades das tábuas. Isso já era esperado, uma vez que as tábuas geradas para esta pesquisa foram as primeiras seis pranchas das toras desdobradas. Esse fato demonstra que tais tábuas pertenceriam a uma classe inferior de espessura no processo de classificação da madeira e que também a serraria deve considerar esse fator no processo produtivo e financeiro.

A Figura 18 apresenta o desvio médio de corte por tratamento e ponto de medição.

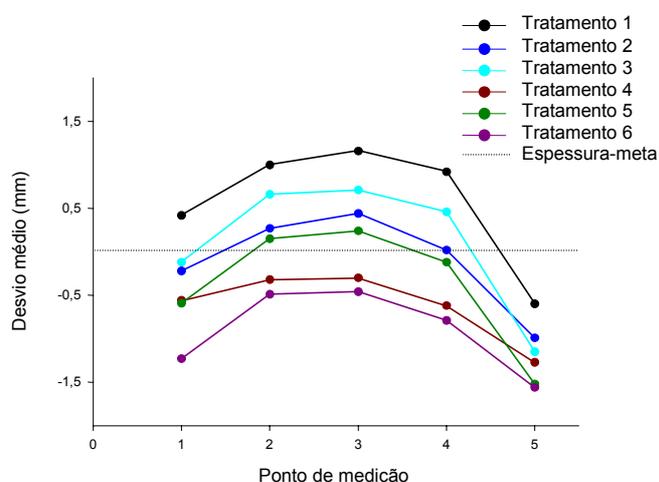


Figura 18 - Desvio médio de corte por tratamento e ponto de medição.

Observa-se que houve uma mesma tendência para todos os tratamentos. Os pontos de medição 1 e 5 apresentaram desvios de corte inferiores aos demais, sendo esses valores positivos ou negativos. O Quadro 10 relaciona o desvio de corte em porcentagem com o tratamento e o ponto de medição na prancha.

Quadro 10 - Desvio de corte, em porcentagem, em relação ao tratamento e ao ponto de medição (%)

Ponto de medição	Tratamento					
	1	2	3	4	5	6
1	1,83 Bd ^{1/}	1,78 Cd	1,70 Cc	2,32 Bc	2,33 Bb	4,15 Ab
2	3,31 Ab	2,37 BCc	2,72 Bb	2,45 Bb	1,94 Cb	2,62 Bc
3	3,78 Ba	2,93 Bb	2,78 BCb	2,78 BCb	2,40 Cb	3,19 Bb
4	3,4 Ba	2,87 Cb	2,48 CDb	2,48 CDb	2,10 Db	4,06 Ab
5	2,73 Dc	3,36 Ca	4,02 Ca	4,27 Ca	5,02 Ba	5,52 Aa

^{1/} Letras maiúsculas iguais na mesma linha e letras minúsculas iguais na mesma coluna não diferem entre si a 95% de probabilidade pelo teste de Tukey.

O desvio médio de corte por tratamento e tábua sugere a existência de alguma relação entre as variações da espessura do corte em relação à posição da tábua na tora desdobrada. O Quadro 11 apresenta tais valores, e a Figura 19 permite melhor visualização do referido quadro.

Quadro 11 - Desvio médio de corte por tratamento e por tábua

Tábua	Tratamento					
	1	2	3	4	5	6
1	+ 0,79 Aa ^{1/}	- 0,79 Bc	- 0,27 Bd	- 0,68 Cb	- 0,45 Bc	- 1,36Dd
2	+ 0,39 Ac	- 0,35 Cc	- 0,02 Bc	- 0,56 Dab	- 0,54 CDc	- 1,44 Ed
3	+ 0,35 Ac	- 0,38 Bc	+ 0,27 Ab	- 0,50 Ca	- 0,27 Bbc	- 1,09 Dc
4	+ 0,49 Abc	- 0,18 Bb	+ 0,66 Aa	- 0,42 Ca	- 0,14 Bb	- 0,41 Ca
5	+ 0,85Ba	+ 1,12 Aa	+ 0,56 Ca	- 0,63 Fb	+ 0,12 Da	- 0,30 Ea

^{1/} Em que: (+): acima da espessura-meta e (-): abaixo da espessura-meta de 31,5 mm.

^{2/} Letras maiúsculas iguais na mesma linha e letras minúsculas iguais na mesma coluna não diferem entre si a 95% de probabilidade pelo teste de Tukey.

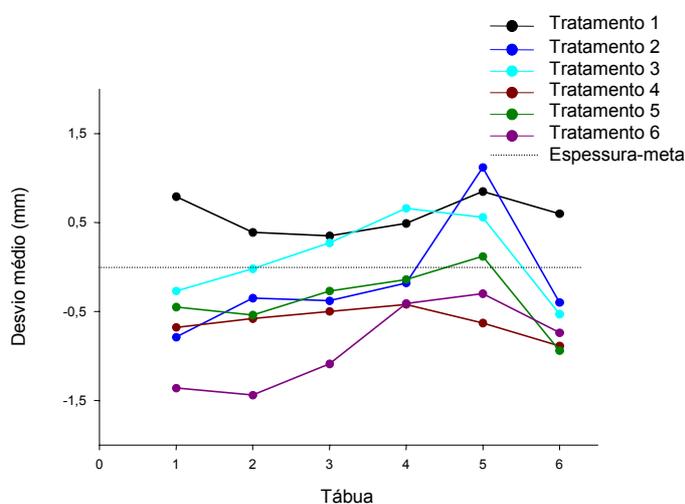


Figura 19 - Desvio médio de corte por tratamento e tábua.

Mediante observação da Figura 19, conclui-se que não existe uma tendência definida de desvio de corte em relação à posição das tábuas retiradas; contudo, a quarta e a quinta tábua, de modo geral, mostraram valores inferiores de desvios de corte.

O Quadro 12 apresenta o desvio de corte, em porcentagem, em relação à tábua e ao tratamento empregado.

Os desvios em porcentagem da primeira tábua foram estatisticamente iguais para os tratamentos 2 e 4 e também para os tratamentos 3 e 5; para a segunda tábua, os tratamentos 1, 2, 3 e 5 não diferiram entre si. Na tábua 3, os tratamentos 1, 3 e 5; 2 e 4; 1, 3 e 4 foram estatisticamente iguais. Na quarta tábua serrada de eucalipto, os tratamentos 1 e 6 e os tratamentos 2, 4 e 5 não diferiram entre si.

Quadro 12 - Desvio de corte, em porcentagem, em relação à tábua e ao tratamento

Tábua	Tratamento					
	1	2	3	4	5	6
1	3,28 Ba ^{1/}	2,72 Cbc	2,07 Dc	2,84 Cb	2,14 Dc	4,34 Aa
2	2,61 Cb	2,22 Cd	2,61 Cb	3,45 Ba	2,69 Cb	4,74 Aa
3	2,44 BCb	1,81 Dd	2,36 BCbc	2,07 CDc	2,64 Bb	3,53 Ab
4	3,21 Ba	2,3 Ccd	4,03 Aa	2,52 Cbc	2,48 Cbc	3,49 Bb
5	3,31 BCa	4,58 Aa	2,84 Cb	2,85 Cb	2,90 Cb	3,60 Bb
6	3,22 BCa	2,91 CDb	2,54 Db	3,43 ABa	3,70 Ac	3,74 Ab

^{1/} Letras maiúsculas iguais na mesma linha e letras minúsculas iguais na mesma coluna não diferem entre si a 95% de probabilidade pelo teste de Tukey.

4.3. Avaliação da produtividade

A avaliação da produtividade é mostrada no Quadro 13, o qual ainda apresenta os valores do desvio e erro-padrão para a velocidade de avanço.

Quadro 13 - Valores médios de velocidade de avanço e seu desvio e erro-padrão

Tratamento	Velocidade de avanço (m/min)	Desvio-padrão (m/min)	Erro-Padrão (%)
1	60,70	9,31	2,94
2	52,17	2,43	0,77
3	63,26	10,49	3,32
4	60,51	13,91	4,40
5	56,66	8,50	2,69
6	64,56	17,51	5,54

Observou-se que não ocorreu efeito significativo na velocidade de avanço para os seis tratamentos propostos. Assim, a produtividade da serra não foi alterada em relação aos tratamentos propostos.

Quando foi empregado um espaçamento único entre as pontas dos dentes (tratamentos 1, 2, 3 e 4), os menores valores para a velocidade de avanço foram para as geometrias de dentes que utilizaram um ângulo de ataque de 27°; o aumento do ângulo de ataque, nesses tratamentos, contribuiu

para o aumento do esforço do corte. Para o passo variado, esta tendência não foi observada.

Carmo (2004), estudando o efeito de dois modelos de dentes para o desdobro de toras de *Erisma uncinatum* (cedrinho), encontrou valor superior de velocidade de avanço para o modelo de dente com maior avanço por dente. Nesta pesquisa, a maior espessura do cavaco (1,83) esteve associada à quarta menor velocidade de avanço (tratamento 4).

Verificou-se que, com o aumento da capacidade da garganta em armazenar a serragem, a velocidade de avanço não foi maior. Observou-se menor produtividade para a maior capacidade de armazenamento do cavaco (tratamento 4), assim como a maior produtividade foi encontrada para a menor área da garganta (tratamento 6). A maior produtividade está associada ao maior desvio de corte em relação à espessura desejada, e o tratamento que mostrou a menor velocidade de avanço foi o terceiro menor valor de desvio de corte.

O maior valor para o desvio-padrão e erro-padrão foi encontrado para o tratamento 6, seguido pelo tratamento 4; o tratamento 2, no entanto, foi o que apresentou o menor desvio e erro-padrão (valores diretamente proporcionais). Isso denota que o ângulo de ataque não influenciou esses valores, uma vez que tanto os maiores quanto os menores valores supracitados correspondem à geometria de dente que utilizou ângulos de ataque de mesmo valor (26°). A Figura 20 apresenta a velocidade de avanço para os seis tratamentos testados, com os respectivos erros-padrão, apresentados na parte superior das seis barras.

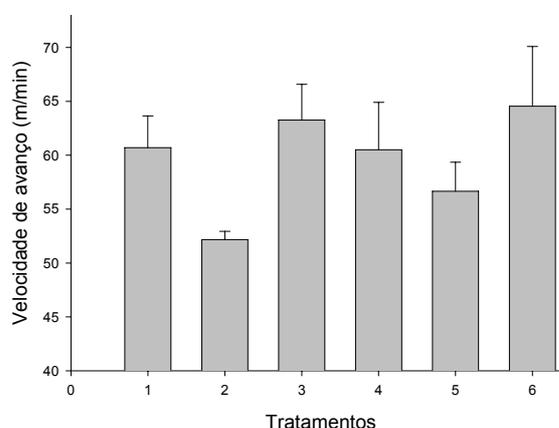


Figura 20 - Velocidade de avanço e erro-padrão.

4.4. Gráfico de controle do processamento

As Figuras 21 a 26 apresentam os gráficos de controle do processamento das tábuas em função da geometria de corte adotada, em relação à espessura média de corte, ao desvio-padrão dentro das tábuas e ao desvio padrão entre as tábuas.

Cada gráfico representa o resultado do controle dimensional de cinco toras. Foram escolhidas quatro tábuas aleatoriamente, dentre as seis estudadas nesta pesquisa. Isso foi necessário porque a tabela utilizada para confecção dos limites superior e inferior de classe, respectivamente LSC e LIC, apresentava valores de, no máximo, 20 observações por grupo (cinco toras * quatro tábuas). Ressalta-se que EM é a abreviatura de espessura média e DP refere-se ao desvio-padrão.

Os três modelos de gráfico foram elaborados por classe de diâmetro, totalizando 36 gráficos de controle nesta pesquisa.

4.4.1. Gráficos de controle baseados na espessura média de corte

4.4.1.1. Classe de diâmetro menor (25 a 34 cm)

As Figuras 21 a 26 correspondem aos gráficos de controle em função da espessura de corte para a classe diamétrica 1.

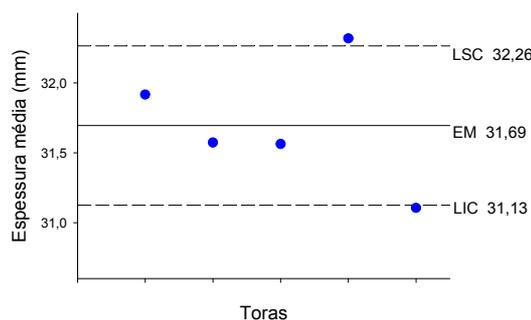


Figura 21 - Espessura média (mm) do tratamento 1.

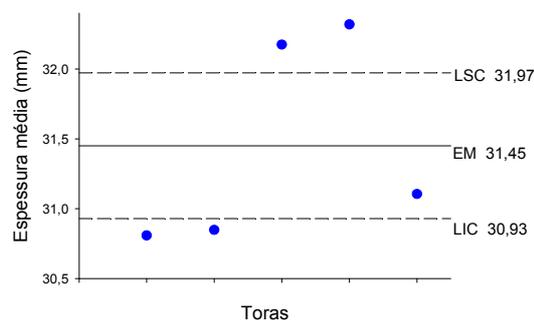


Figura 22 -Espessura média (mm) do tratamento 2.

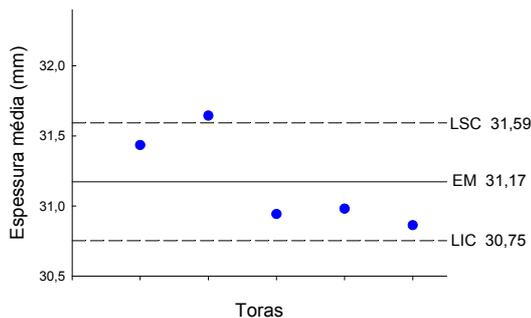


Figura 23 - Espessura média (mm) do tratamento 3.

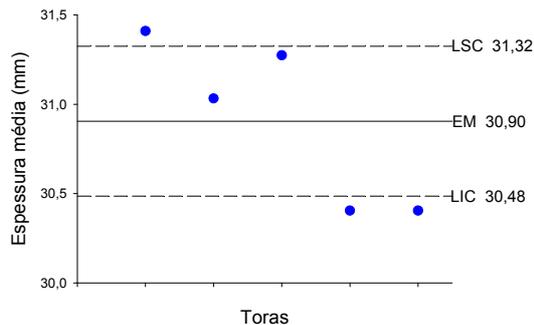


Figura 24 - Espessura média (mm) do tratamento 4.

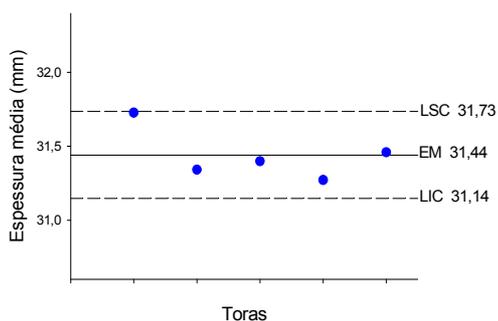


Figura 25 - Espessura média (mm) do tratamento 5.

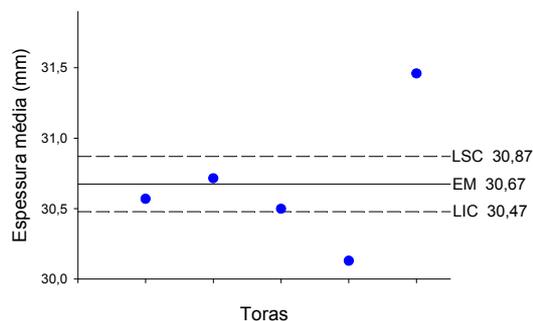


Figura 26 - Espessura média (mm) do tratamento 6.

Analisando as Figuras 21 a 26, observa-se que, para a classe de menor diâmetro do tratamento 1, dois pontos estão fora dos limites de controle; para o tratamento 2, apenas um ponto se apresenta dentro de tais limites. No tratamento 3, apenas um ponto está fora dos limites de controle; para o tratamento 4, três pontos não se enquadram dentro dos limites estabelecidos. No caso do tratamento 5, todos os pontos estão compreendidos dentro dos limites calculados, e dois pontos estão fora desses limites para o tratamento 6.

4.4.1.2. Classe de diâmetro maior (35 a 47 cm)

As Figuras 27 a 32 correspondem aos gráficos de controle em função da espessura de corte para a classe diamétrica 2.

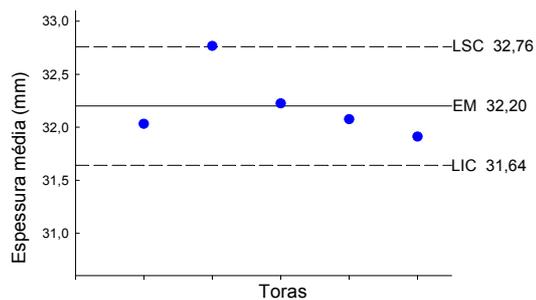


Figura 27 - Espessura média (mm) do tratamento 1.

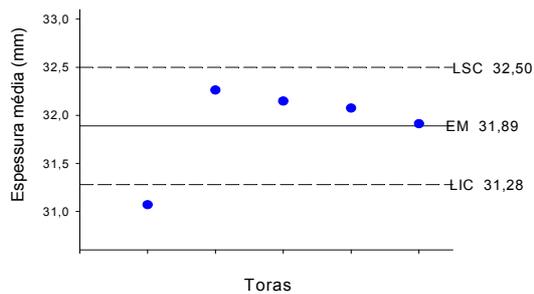


Figura 28 - Espessura média (mm) do tratamento 2.

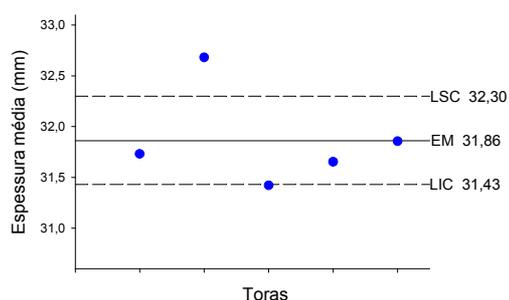


Figura 29 - Espessura média (mm) do tratamento 3.

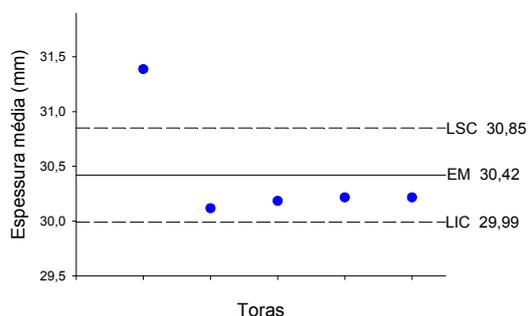


Figura 30 - Espessura média (mm) do tratamento 4.

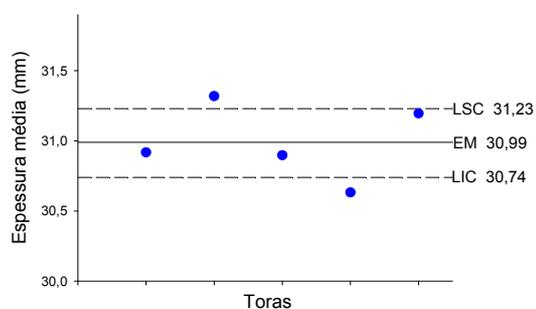


Figura 31 - Espessura média (mm) do tratamento 5.

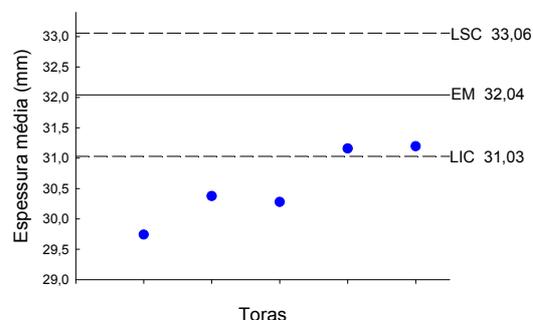


Figura 32 - Espessura média (mm) do tratamento 6.

Analisando as Figuras 27 a 32, nota-se que os tratamentos 5 e 6 foram os que mais mostraram valores de espessura média fora dos limites estabelecidos pelos gráficos para a classe de maior diâmetro. Apenas nesses tratamentos (Figuras 31 e 32), a menor classe diamétrica também apresentou maiores números de pontos fora dos limites. Para os demais tratamentos, observou-se um ponto além de tais limites. Nos tratamentos 1 e 4 (Figuras 27 e

30), observou-se o mesmo número de pontos (1), além dos limites para as duas classes de diâmetro em estudo. Nos demais tratamentos, a classe de maior diâmetro apresentou um ponto a menos fora dos limites do gráfico.

4.4.2. Gráficos de controle baseados no desvio-padrão dentro das tábuas

4.4.2.1. Classe de diâmetro menor (25 a 34 cm)

As Figuras 33 a 38 correspondem aos gráficos de controle em função do desvio-padrão dentro das tábuas, para a classe diamétrica 1.

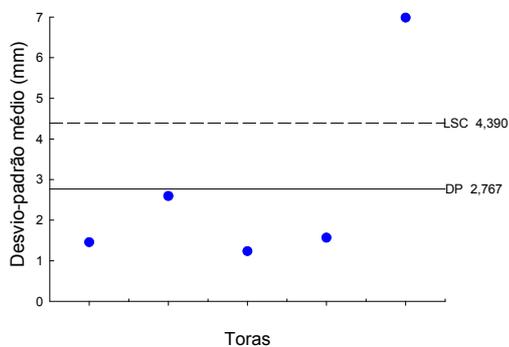


Figura 33 - Desvio-padrão (mm) dentro das tábuas do tratamento 1.

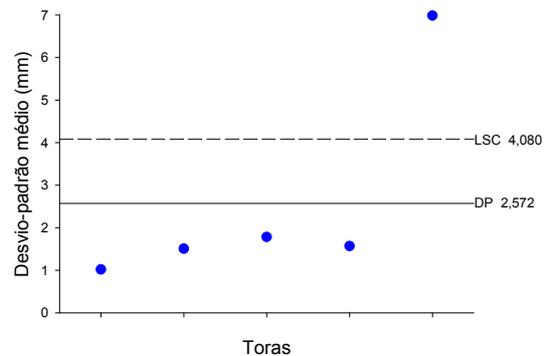


Figura 34 - Desvio-padrão (mm) dentro das tábuas do tratamento 2.

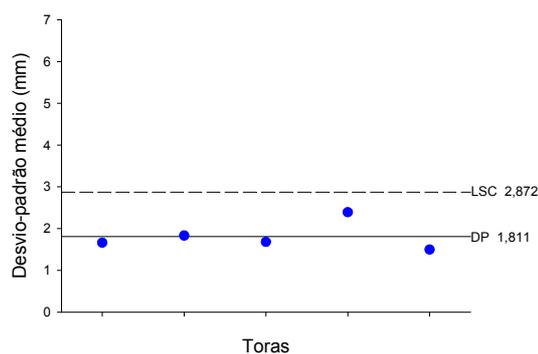


Figura 35 - Desvio-padrão (mm) dentro das tábuas do tratamento 3.

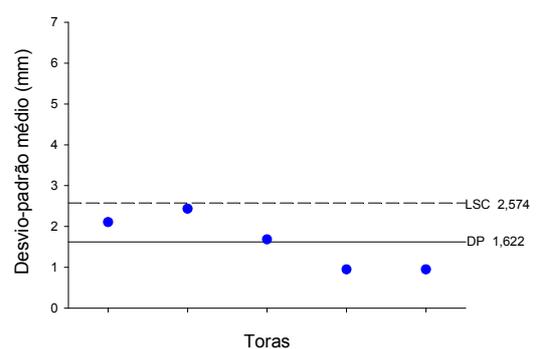


Figura 36 - Desvio-padrão (mm) dentro das tábuas do tratamento 4.

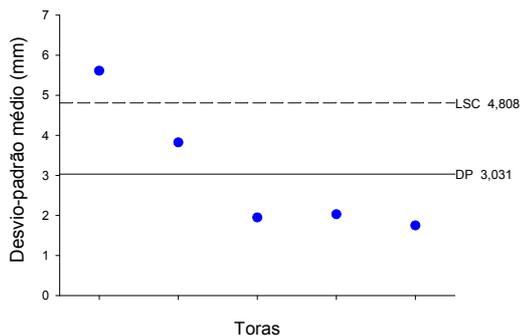


Figura 37 - Desvio-padrão (mm) dentro das tábuas do tratamento 5.

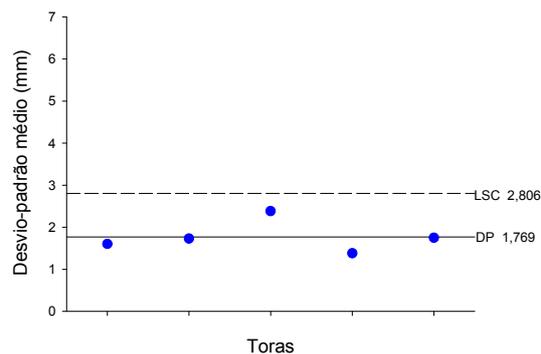


Figura 38 - Desvio-padrão (mm) dentro das tábuas do tratamento 6.

Analisando as Figuras 33 a 38, constata-se que nos tratamentos 1 e 2 (Figuras 33 e 34), ambos com passo único e altura de dente de 22 mm, todos os pontos apresentaram-se fora dos limites de seus respectivos gráficos de controle. Nesses tratamentos, apenas um valor se encontrou acima do limite superior de controle. Quando se utilizaram lâminas de serra com passo variado, apenas um ponto se encontrou dentro de tais limites. Observou-se, então, que o tipo de passo utilizado, no caso do desvio-padrão entre tábuas, não fez com que houvesse alguma mudança nos pontos (amostras).

Observou-se que o desvio-padrão dentro das tábuas para a classe de menor diâmetro para os tratamentos 1 e 2 e 5 e 6 (Figuras 37 e 38) (todos com altura do dente de 22 mm) apresentou, respectivamente, cinco e quatro pontos além dos seus limites de controle. Os demais tratamentos, caracterizados por maior altura do dente, foram os que mostraram menor número de pontos além dos limites de controle.

4.4.2.2. Classe de diâmetro maior (35 a 47 cm)

As Figuras 39 a 44 correspondem aos gráficos de controle em função do desvio-padrão dentro das tábuas, para a classe diamétrica 2.

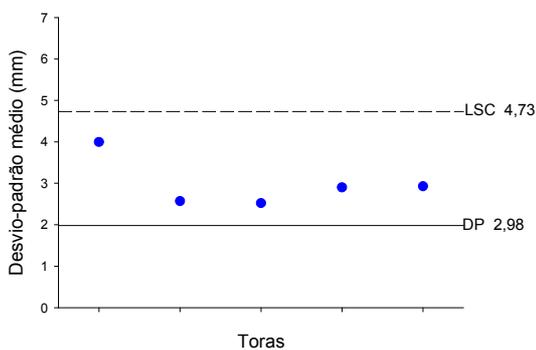


Figura 39 - Desvio-padrão (mm) dentro das tábuas do tratamento 1.

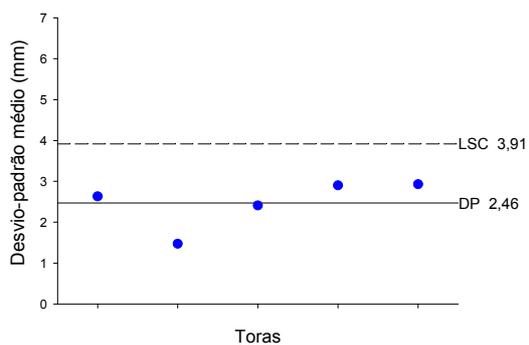


Figura 40 - Desvio-padrão (mm) dentro das tábuas do tratamento 2.

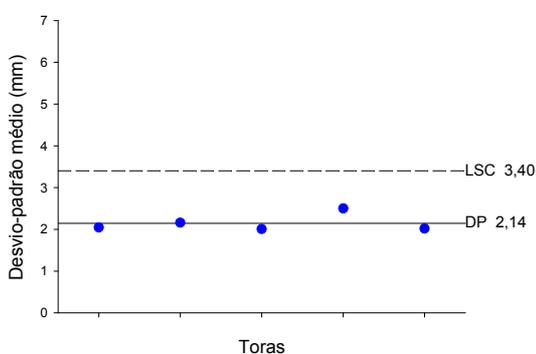


Figura 41 - Desvio-padrão (mm) dentro das tábuas do tratamento 3.

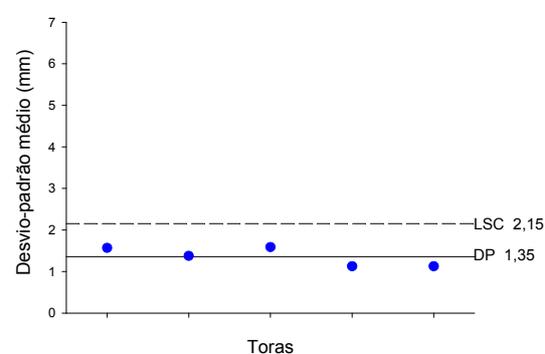


Figura 42 - Desvio-padrão (mm) dentro das tábuas do tratamento 4.

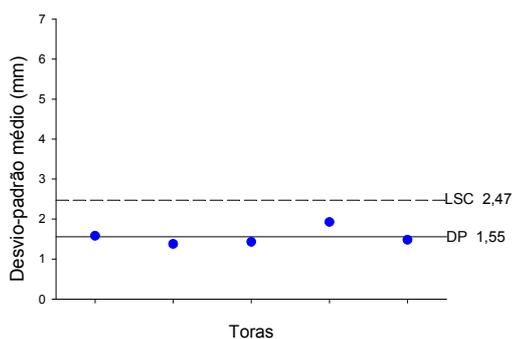


Figura 43 - Desvio-padrão (mm) dentro das tábuas do tratamento 5.

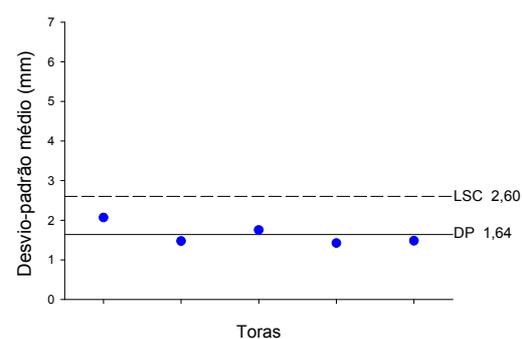


Figura 44 - Desvio-padrão (mm) dentro das tábuas do tratamento 6.

Opostamente à classe de menor diâmetro, todos os pontos que compõem o gráfico de controle do desvio-padrão dentro das tábuas do tratamento 1 (Figura 39) apresentaram-se dentro dos limites demarcados. No tratamento 2,

dois pontos apresentaram-se fora desses limites. Notam-se, então, comportamentos diferenciados para o desvio-padrão dentro das tábuas nos tratamentos 1 e 2, para as duas classes de diâmetro estudadas.

Nos tratamentos 3 e 4 (Figuras 41 e 42), observou-se o mesmo número de pontos além do limite, quando comparados com a classe de menor diâmetro. Verificou-se um ponto a menos além dos limites para os tratamentos 5 e 6 (Figuras 43 e 44), quando comparado à menor classe diamétrica.

4.4.3. Gráficos de controle baseados no desvio-padrão entre as tábuas

4.4.3.1. Classe de diâmetro menor (25 a 34 cm)

As Figuras 45 a 50 correspondem aos gráficos de controle em função do desvio-padrão entre as tábuas, para a classe diamétrica 1.

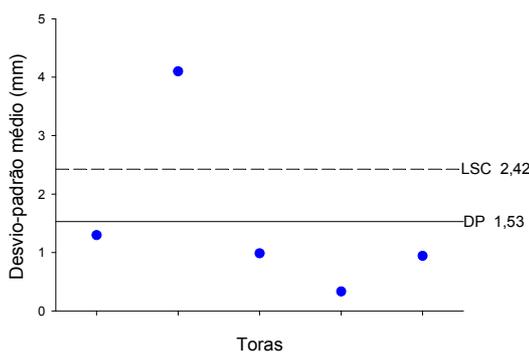


Figura 45 - Desvio-padrão entre as tábuas (mm) do tratamento 1.

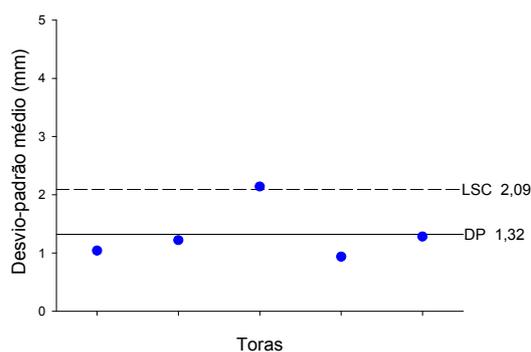


Figura 46 - Desvio-padrão (mm) entre as tábuas do tratamento 2.

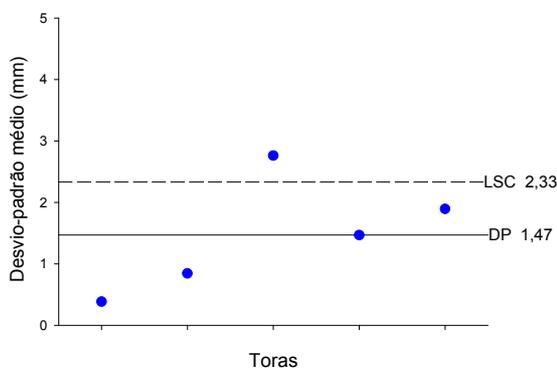


Figura 47 - Desvio-padrão (mm) entre as tábuas do tratamento 3.

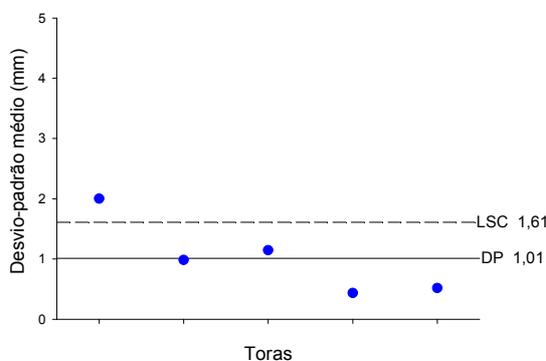


Figura 48 - Desvio-padrão (mm) entre as tábuas do tratamento 4.

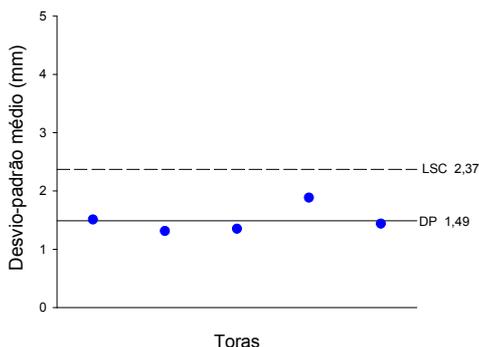


Figura 49 - Desvio-padrão (mm) entre as tábuas do tratamento 5.

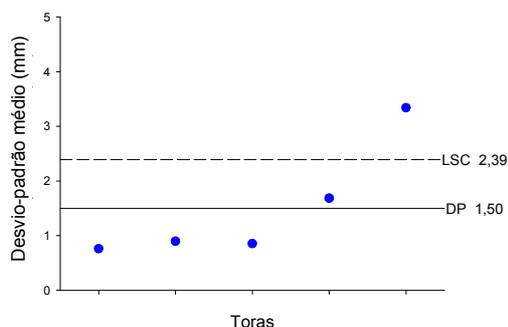


Figura 50 - Desvio-padrão (mm) entre as tábuas do tratamento 6.

Nas Figuras 45 e 46 (tratamentos 1 e 2, respectivamente), observa-se que todos os pontos estão localizados além de seus limites no gráfico de controle, ou seja, a mesma tendência observada para o desvio-padrão dentro das tábuas na classe de menor diâmetro. Quando se utilizou passo variado com ângulo de ataque de 27° (Figura 49), constatou-se o menor número de pontos além dos limites médios e superiores para o desvio-padrão entre as tábuas. Nos demais tratamentos (3, 4 e 6), verificaram-se quatro pontos fora das linhas-limite dos gráficos.

4.4.3.2. Classe de diâmetro maior (35 a 47 cm)

As Figuras 51 a 56 correspondem aos gráficos de controle em função do desvio-padrão entre as tábuas, para a classe de maior diâmetro.

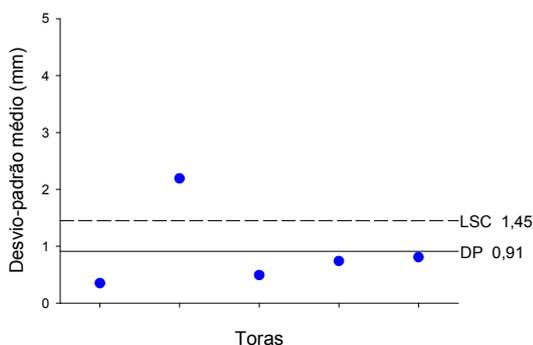


Figura 51 - Desvio-padrão (mm) entre as tábuas do tratamento 1.

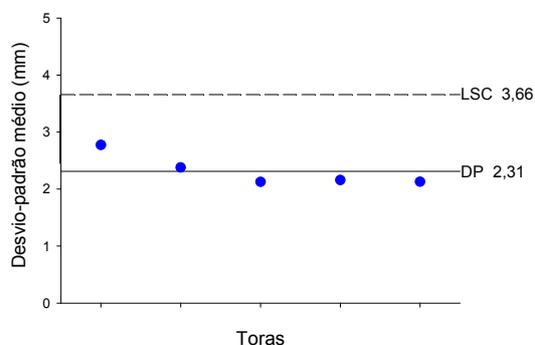


Figura 52 - Desvio-padrão (mm) entre as tábuas do tratamento 2.

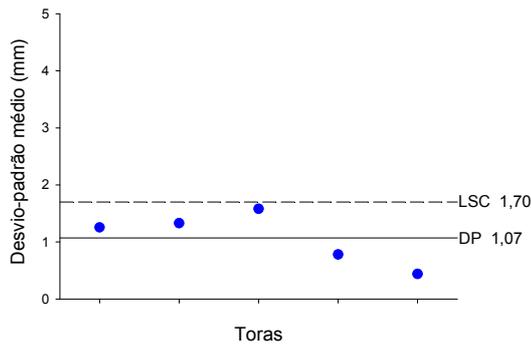


Figura 53 - Desvio-padrão (mm) entre as tábuas do tratamento 3.

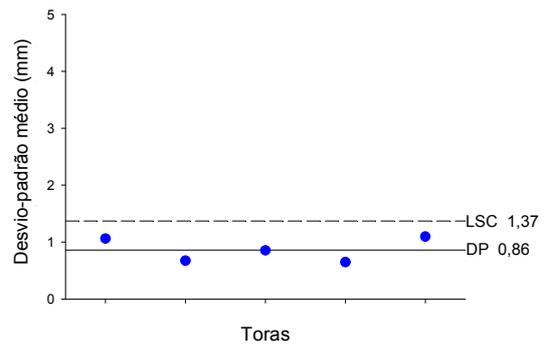


Figura 54 - Desvio-padrão (mm) entre as tábuas do tratamento 4.

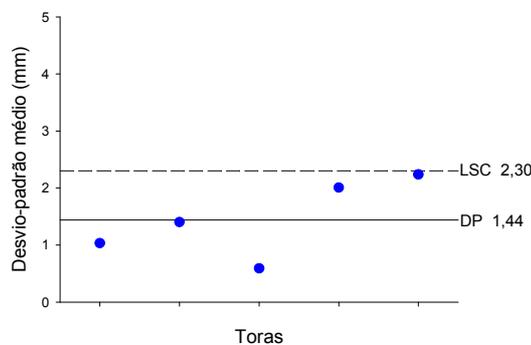


Figura 55 - Desvio-padrão (mm) entre as tábuas do tratamento 5.

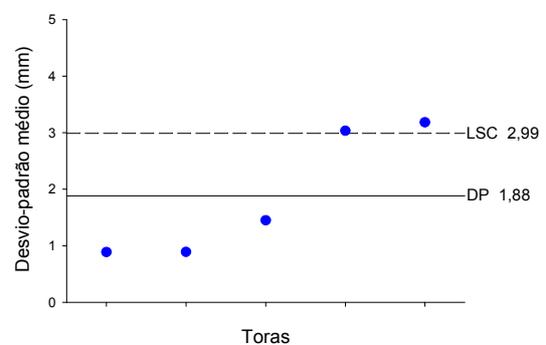


Figura 56 - Desvio-padrão (mm) entre as tábuas do tratamento 6.

Assim como na classe de menor diâmetro, o tratamento 1 (Figura 51) apresentou todos os valores fora dos limites do gráfico. Já no tratamento 2 (Figura 52), não se observou a mesma tendência da classe de menor diâmetro. Salienta-se ainda que, também no tratamento 6, todos os pontos estão localizados além dos limites estabelecidos e que o tratamento 3 foi o que apresentou o menor número de pontos fora desses limites. Nos demais tratamentos, observaram-se três pontos além de seus respectivos limites (Figuras 53 a 55).

5. CONCLUSÃO

Os resultados permitiram as seguintes conclusões, no tocante a cada característica avaliada.

5.1. Qualidade

- A menor variação em torno da espessura-meta foi quando se utilizaram lâminas de serra de ângulo de ataque de 27° e com altura do dente de 25,4 mm.
- O maior desvio de corte ocorreu quando o desdobro foi efetuado com passo variado e ângulo de ataque de 26° .
- A utilização de passo variado, de modo geral, foi a que apresentou maiores valores de desvio de corte.
- Os pontos localizados nas extremidades das tábuas, de todos os tratamentos, apresentaram espessura de corte inferior à dos demais.
- Não foi observada tendência de desvio de corte quando se considerou a seqüência do desdobro (sistema de corte).

5.2. Produtividade

- A produtividade não foi afetada no emprego dos seis tratamentos estudados.

5.3 Gráfico de controle

5.3.1. Espessura média

- Na classe de menor diâmetro, o melhor resultado foi encontrado quando se utilizou passo variado com ângulo de ataque de 27° ; o passo único com ângulo de ataque de 26° apresentou o pior resultado.
- Na classe de maior diâmetro, o melhor resultado foi observado quando se utilizou passo único com altura do dente de 22 mm e ângulo de ataque de 27° .

5.3.2. Desvio-padrão dentro das tábuas

- Na menor classe de diâmetro, quando foi usado passo único com altura do dente de 25,4 mm, ocorreu o maior número de pontos dentro dos limites; no caso do passo único com altura de dente de 22 mm com ângulos de ataque de 26° e 27° , nenhum ponto permaneceu dentro dos limites do gráfico.
- Na classe de maior diâmetro, quando foi utilizado passo único com altura do dente tanto de 22 mm quanto de 25,4 mm, ocorreu o maior número de pontos dentro dos limites.

5.3.3. Desvio-padrão entre tábuas

- Na classe de diâmetro menor, o passo único com altura de dente de 22 mm e ângulo de ataque tanto de 26° quanto de 27° apresentou os piores resultados.
- Na classe diamétrica maior, novamente o passo único com altura de 22 mm, porém com ângulo de ataque de 27° , apresentou os piores resultados; melhor resultado foi obtido quando se empregou passo único com altura do dente de 25,4 mm e ângulo de ataque de 27° .

6. REFERÊNCIAS

ARMSTRONG. Disponível em: <<http://www.armstrongblue.com/publications>>
Acesso em: 6 out. 2006.

BOFF, V. H. S. Controle de qualidade da madeira serrada de eucalipto. In: SEMINÁRIO DE PRODUTOS SÓLIDOS DE MADEIRA DE EUCALIPTO E TECNOLOGIAS EMERGENTES PARA A INDÚSTRIA MOVELEIRA – MADETEC, 3., 2005, Vitória. **Anais...** Viçosa, MG: SIF/DEF/UFV, 2005. CD-ROM.

BONDUELLE, A. Usinagem, qualidade e custo. **Revista da Madeira**, v. 61, p. 82-86, 2001.

BORTOLETTO, G. J. Produção de compensados com onze espécies do gênero *Eucalyptus*, avaliação das suas propriedades físico-mecânicas e indicações para utilização. **Scientia Forestalis**, n. 63, p. 65-78, 2003.

BROWN, N. C.; BETHEL, J. S. **La industria maderera**. Mexico: Limusa, 1975. 388 p.

CALORI, J. W.; FIER, I. S. N.; KIKUTI, P. Estudo das propriedades físico-mecânicas da madeira de *Eucalyptus grandis* em diferentes idades. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRAS, 5., 1995, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: EBRAMEM-EESC/USP, 1995. 116 p.

CARMO, J. F. **Influência da geometria dos dentes das lâminas de serra-fita na qualidade e produtividade da madeira serrada**. 2004. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2004.

DEL MENEZZI, C. H. S. **Utilização de um modelo de desdobro e secagem para a produção de madeira serrada de *Eucalyptus grandis* Hill ex *Eucalyptus cloeziana* F. Muell.** 1999. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luis de Queiroz”, Piracicaba, 1999.

DEL MENEZZI, C. H. S.; NAHUZ, M. A. R. Técnicas de desdobro utilizadas para madeira de eucalipto – uma revisão de literatura. **Revista Árvore**, v. 22, n. 3, p. 415-418, 1998.

ELEOTÉRIO, J. R.; LINDOLFO, S.; SIDINEI, J. L. Caracterização de peças de madeira produzidas em serraria visando o controle de qualidade. **Ciência Florestal**, v. 6, n. 1, p. 89-99, 1996.

GARCIA, J. N. Técnicas de desdobro de eucalipto. SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE UTILIZAÇÃO DE MADEIRA DE EUCALIPTO PARA SERRARIA, 1995, São Paulo. **Anais...** São Paulo: IPEF/IPT/UFRO/ESALQ, 1995. p. 59-67.

GONÇALVES, M.T.T. **Processamento da Madeira.** Bauru-SP: Document Center Xerox –USC, Livro ISBN 85.901425-1-5. 2000.

HOADLEY, R. B. **Understanding wood.** A Craftsman’s Guide to Wood Technology: The Taunton Press, 1980. p. 256.

KOCH, P. Utilization of hardwoods growing on southern pines sites. **USDA Forest Service Agriculture Handbook**, v. 2, n. 605, p. 1687-2281, 1985.

MAcKENZIE, W. M. Fundamental aspects of the wood cutting process. **Forest Products Journal**, v. 10, n. 9, p. 447-456, 1960.

MAESTRI, R.; NUTTO, L.; SARTORIO, R. C. Ganhos tecnológicos na produção de madeira reflorestada sob manejo. In: SEMINÁRIO DE PRODUTOS SÓLIDOS DE MADEIRA DE EUCALIPTO E TECNOLOGIAS EMERGENTES PARA A INDÚSTRIA MOVELEIRA – MADETEC, 3., 2005, Vitória. **Anais...** Viçosa, MG: SIF/DEF/UFV, 2005. CD-ROM.

NAHUZ, M. A. R. Produtos de maior valor agregado: novos produtos, novos mercados. In: SEMINÁRIO DE PRODUTOS SÓLIDOS DE MADEIRA DE EUCALIPTO, 2., 2003, Belo Horizonte, MG. **Anais...** Viçosa, MG: SIF/UFV/DEF, 2003. p. 143-155.

NÉRI, A. C.; GONÇALVES, R.; HERNANDEZ, R. E. Forças de corte ortogonal 90-0 em três espécies de madeira de eucalipto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 3, n. 2, p. 239-244, 1999.

NOCK, H. P.; RICHTER, H. G. **Tópicos de tecnologia da madeira** - controle de qualidade na indústria madeireira. Curitiba: UFPR-Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, 1979. não paginado.

ORTOLAN, C. Desenvolvimentos tecnológicos na produção de madeira de eucalipto para serraria e laminação – a experiência da Klabin. In: SEMINÁRIO DE PRODUTOS SÓLIDOS DE MADEIRA DE EUCALIPTO, 2., 2003, Belo Horizonte. **Anais...** Viçosa, MG: SIF/UFV/DEF, 2003. p. 55-70.

PANDEY, C. N.; GAUR, B.K.; KANNOJI, H.C.; CHANDRA, A. A new approach to seasoning of eucalyptus hybrid (*Eucalyptus tereticornis*). **Indian Forester**, v. 110, n. 3, p. 117-121, 1984.

PIPINO, N. O. Madeira serrada pode ter melhor aproveitamento. **Revista da Madeira**, v. 60, p. 54-56, 2001.

PONCE, R. H. Madeira serrada de eucalipto: desafios e perspectivas. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE UTILIZAÇÃO DE MADEIRA DE EUCALIPTO PARA SERRARIA, 1995, São Paulo. **Anais...** São Paulo: IPEF/IPT/UFRO/ESALQ, 1995. p. 50-58.

PONCE, R. H. Novas tecnologias de desdobro e beneficiamento de madeira: a busca da competitividade. In: CONGRESSO FLORESTAL PANAMERICANO, 7º CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 1993, Curitiba. **Anais...** São Paulo: SBS/SBEFF. p. 310-314.

PONCE, R. H. Tecnologia de desdobro de pinus e eucaliptos a busca da competitividade. In: SIMPÓSIO FLORESTAL DO RIO GRANDE DO SUL – TECNOLOGIA DA MADEIRA, 2., 1992, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: UFSM/AGEFLOR/CEPEF/FATEC, 1992. p. 154-162.

REVISTA DA MADEIRA. Desdobro da madeira de eucalipto na serraria. n. 75, p. 94-96, 2003.

ROCHA, M. P. Manutenção de serras. Curitiba: FUPEF, 2001. (Série didática)

ROCHA, M. P.; TOMASELLI, I. Efeito de modelo de corte nas dimensões de madeira serrada de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus dunnii*. **Floresta e Ambiente**, v. 8, n. 1, p. 94-103, 2001.

ROCHA, M. P.; TOMASELLI, I. Efeito do modelo de desdobro na qualidade da madeira serrada de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus dunnii*. **Cerne**, v. 8, n. 2, p. 73-86, 2002.

SALES, C. **La scie a ruban**: theorie et pratique du sciage dès bois en grumes. Nogent: Centre Thechnique Fororestier Tropical. 152 p.

SANDVIK. **The Handbook**: production, use and maintenance of wood bandsaw blades. Sandviken: Suécia: Sansvik Steel, 1999.

SERVIÇO DE NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL – SENAI. Sinop - MT. Parâmetros de corte, 15 p. [s.d.]

SHARPTOOL. Disponível em: <<http://www.sharptool/Products/BandSaws.1>>. Acesso em: 11 jul. 2006.

SILVA, J. C. A madeira de eucalipto como matéria-prima para a indústria moveleira. In: SEMINÁRIO DE PRODUTOS SÓLIDOS DE MADEIRA DE EUCALIPTO E TECNOLOGIAS EMERGENTES PARA A INDÚSTRIA MOVELEIRA – MADETEC, 3., 2005, Vitória. **Anais...** Viçosa, MG: SIF/DEF/UFV, 2005. CD-ROM.

SILVA, J. C. Caracterização da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden, de diferentes idades, visando a sua utilização na indústria moveleira. 2002. 160 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002.

SILVA, J. C. Nós na madeira: problemas na qualidade da madeira serrada e laminada. **Revista da Madeira**, p. 109-110, 2003. Edição especial.

UDDEHOLM. Manual das lâminas de serras de fita para madeira. São Paulo: Ubrasteel, [s.d.].

WEISSENSTEIN, C. **Afiação de ferramentas para usinar madeiras e seus derivados**. Bento Gonçalves: SENAI/CETEMO, 1997. 370 p.

WILLISTON, E. M. **How to increase profit in bandsawing**: practical models for increased lumber recovery. Munkfors: Suécia: Uddeholm, [s.d.]. 44 p.