

## ESTUDO DO COMPORTAMENTO DE LÂMINAS DE SERRA NO CORTE DA MADEIRA COM APLICAÇÃO DO MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS

Daniel Villas Bôas  
Elder de Jesus Lima Machado  
Vanessa Neves  
Campus Experimental de Itapeva – UNESP, Rua Geraldo Alckmin, 519  
Itapeva SP, Brasil Cep: 18409-010  
[daniel@itapeva.unesp.br](mailto:daniel@itapeva.unesp.br)

### RESUMO:

*A melhoria das propriedades mecânicas do aço utilizado em lâmina de serra, para aplicação no corte da madeira, são essenciais na durabilidade dessa ferramenta. Portanto, conhecer os esforços e as tensões a que são submetidas, mais a melhoria das propriedades mecânicas direcionadas a essas condições, tornam-se importante para o aumento de vida útil das lâminas e redução de custos na indústria madeireira. A pesquisa trata das condições iniciais de tracionamento da lâmina, para montagem em máquina de desdobro de toras. A aplicação de um software para análise de tensões pelo método dos elementos finitos deverá indicar as principais regiões, onde há concentração de tensões ao final da montagem. Os resultados serão analisados e registrados, para verificar se a intensidade da força de tração utilizada na montagem interfere na vida útil da ferramenta, durante a operação de corte.*

**Palavra chave:** Madeira, lâmina de serra, elementos finitos.

### Abstract:

*The improvement of the mechanical properties of the steel used in the saw blade, for application in cutting wood, is essential in the durability of this tool. Therefore, knowing the efforts and tensions to which they are subjected, more the improvement of mechanical properties targeted to these conditions, become important for increasing service life of the blades and cost reduction in the timber industry. The research deals the initial conditions of blade traction state, mounted in log sawing machine. The application of software for stress analysis by finite element method should indicate the main areas where there are concentrations of tension at the end of the Assembly. The results will be analyzed and registered, to verify if the intensity of the tractive force used in the Assembly interfere in the tool life, during the cutting operation.*

**Key-words:** Wood, saw blade, finite elements.

## INTRODUÇÃO

O processamento primário da madeira é a principal e primeira atividade para gerar melhorias na redução de custo no setor madeireiro <sup>(1)</sup>. As máquinas de desdobro que utilizam as serras de fita, especialmente as verticais, são as mais empregadas no mercado nacional de serras para o corte da madeira. As principais características como robustez, facilidade de automação e versatilidade, permitem variar o diâmetro de toras no processo de desdobro.

Quanto à qualidade superficial estabelecida na madeira após o corte, o autor destaca um conjunto de ações como: a modelagem dos dentes da lâmina de serra, a ser definida após a escolha da geometria dos dentes utilizados; o recalque a frio dos dentes da lâmina, a retífica lateral dos dentes e afiação propriamente dita.

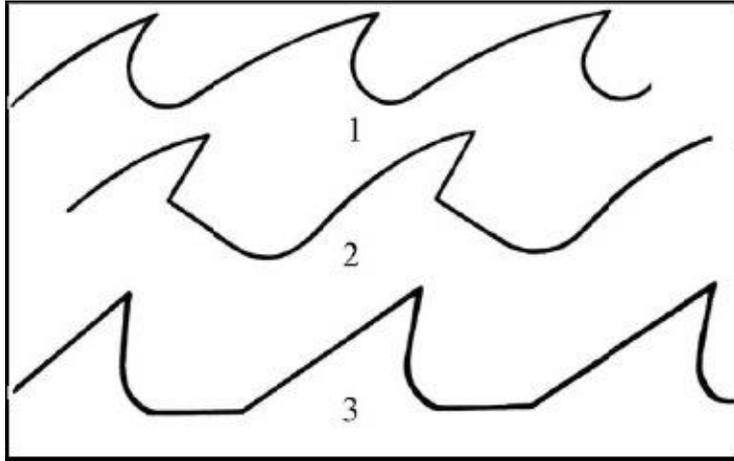
Pesquisas indicam que todos os tipos de serras fitas são constituídos de lâminas e dentes <sup>(3)</sup>. Os dentes são formados por entalhes e saliências, que são responsáveis pelos sucessivos ataques nos feixes fibrosos da madeira, arrancando certa quantidade durante a passagem, sob a forma de pequenas partículas conhecidas como cavacos.

O formato e as dimensões do dente têm influencia direta sobre o resultado do corte, a geometria ideal é aquela que possibilitará ganhos de qualidade e produtividade “madeira serrada”. O autor <sup>(2)</sup> cita alguns tipos de dente aplicados em lâminas de serra com fita larga, os perfis mais utilizados são apresentados na (Figura 1).

Perfil 1 (denominado de perfil C): Possui a garganta ampla e boa rigidez, para aplicação no desdobro de qualquer madeira.

Perfil 2 (denominado perfil P): Permite fracionar o cavaco maior facilidade, para aplicação em todo tipo de madeira.

Perfil 3 (denominado perfil especial): Possui ângulo de saída e espaço de garganta bem amplo, devido a essas características é aplicado no serramento de madeira macia (baixa densidade).



**Figura 1:** Perfis de Serra Fita Larga <sup>(2)</sup>

Conforme o pesquisador <sup>(2)</sup> a lâmina é exposta a uma variedade de solicitações mecânicas, caracterizada por fatores que agem sobre a parte ativa na região dos dentes, e outros sobre a banda da lâmina em contato com os volantes da máquina. Os esforços na parte ativa da lâmina e banda de contato são provocados por: força centrífuga, ângulo de inclinação dos volantes, o corte, aquecimento da lâmina, flexão e intensidade de tração entre volantes da máquina.

A tensão trativa entre os vão livres dos volantes não contribui para a uniformidade da distribuição de tensão em toda lâmina, isso devido à geometria irregular dos dentes. Portanto, uma zona com concentração de tensão é estabelecida no fundo da garganta do dente, o que pode ser suficiente para nuclear uma trinca, e romper a serra. Essa tensão pode ser calculada conforme a equação (A).

Nas pesquisas com desvios de lâminas de serra no corte da madeira, foi analisada a tração da lâmina em diferentes condições de trabalho <sup>(5)</sup>, entre os volantes de rolagem. É importante salientar que a falta de tração gera deflexão e compromete a vida útil da lâmina (Figura 2).

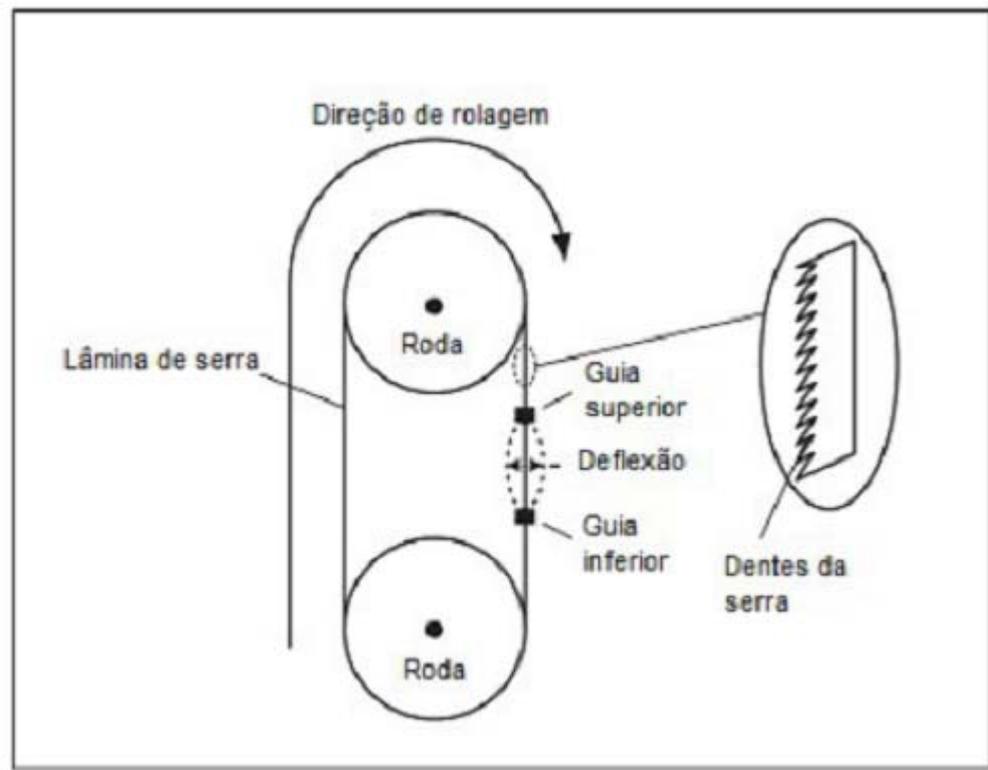


Figura 2 – Mecanismo de uma lâmina de serra e o problema de deflexão <sup>(5)</sup>

$$\sigma_{max.} = K_c * \sigma_{média} \quad (A)$$

Onde:

$\sigma_{max}$  = Tensão máxima presente no final da garganta do dente

$\sigma_{média}$  = Tensão Média

$K_c$  = Coeficiente de concentração de tensão

O valor de ( $K_c$ ) varia de acordo com a variação de perfis dos dentes, devida a forma da cavidade e altura do dente. Assim, diferentes geometrias apresentam diferentes distribuições de tensões. O presente trabalho avalia por meio da análise numérica computacional, a distribuição de tensões de um perfil de serra fita tipo “3” (Figura 1), de comum uso em serrarias para desdobro da madeira na região de Itapeva. No estudo a lâmina está na condição estática e tracionada, características dadas na montagem da serra nos volantes, a fim de se obter o ( $K_c$ ) para o perfil utilizado.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Tipo de Lâmina de Serra Utilizada na Pesquisa

A Figura 2 apresenta o perfil do dente utilizado para a modelagem computacional. Trata-se do perfil especial ou tipo 3 utilizado no desdobro da madeira

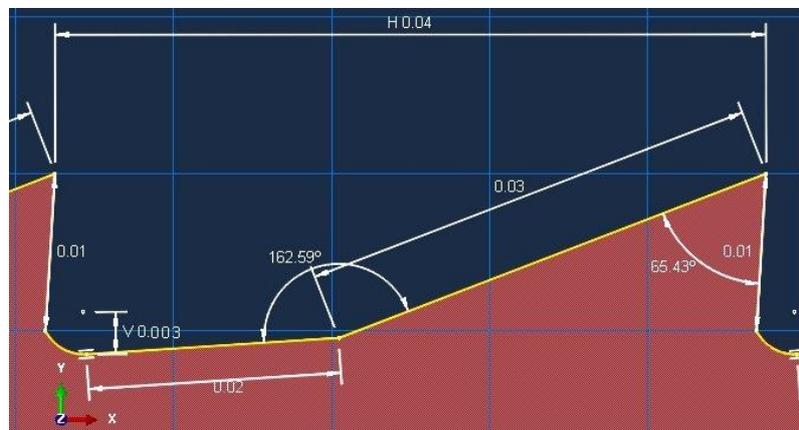
macia (Figura 1), esse perfil é empregado em lâminas a partir da base inferior da banda até a extremidade superior do dente, com largura mínima de 63,5 mm.



**Figura 2:** Perfil especial (Fonte: Autor)

### Software para Obtenção das Dimensões Geométricas do Dente

O software livre “ImageJ” foi utilizado para aquisição das dimensões da geometria do perfil, apresentado na Figura 3, que serviu como entrada de dados no software de elementos finitos, para a geração da lâmina de serra em duas dimensões com 1 mm de espessura.



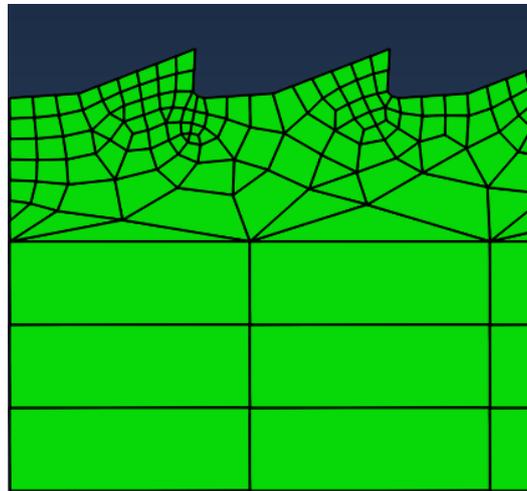
**Figura 3:** Dimensões do perfil (Fonte: Abaqus)

### Software Utilizado na Análise Numérica

O software utilizado para análise numérica foi o Abaqus 6.12 Student Edition, trata-se de uma ferramenta para simulação de propósito geral, que pode executar simulações estáticas ou dinâmicas, com uma biblioteca extensa de elementos para modelar praticamente qualquer geometria.

Na discretização da malha na serra utilizou-se próximo ao dente o elemento quadrático CPS8 livre, e estruturado na região da banda, trata-se de um elemento contínuo de segunda ordem e integração completa, que possui oito nós com dois graus de liberdade cada.

Portanto, na região próxima ao dente a malha ficou mais refinada como mostra a Figura 4, essa condição foi utilizada para aumentar a quantidade de elementos e obter resultados mais precisos. Na simulação a serra encontra-se engastada em uma das extremidades, e tracionada na outra. A tensão de tração teve um crescimento linear até o valor de 655 MPa (limite de escoamento do material), considerando-se somente os valores inferiores para análise.



**Figura 4:** Malha (Fonte: Abaqus)

### **Material Utilizado na Simulação**

O material utilizado na simulação foi o aço 42CrMo<sub>4</sub>, trata-se de material extraído de trabalhos já estudados <sup>(4)</sup>. Os dados de comportamento do material nas condições elástica e plástica serviram como base de entrada no software.

O Step utilizado é do tipo *Static General*, com 1000 incrementos a cada 0.001 segundos. Dessa forma, o programa gerou 1000 frames com possibilidade de identificação da porcentagem de carregamento para cada frame.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

### Análise da Concentração de Tensões

Segundo pesquisas realizadas com análise de tensões <sup>(2)</sup>, a tensão trativa pode variar de 150 MPa até 200 MPa. A Figura 5 mostra a distribuição de tensões de acordo com o critério de Von Mises, para uma tensão trativa de 175 MPa, obteve-se uma tensão de 395,6 MPa.

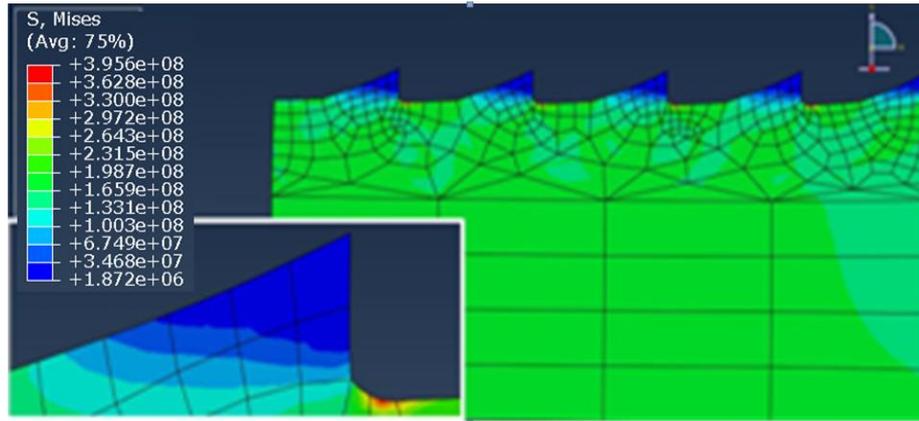


Figura 5: Distribuição de tensões (Fonte: Abaqus)

### Coefficiente de concentração de tensão ( $K_c$ )

A tensão trativa que representa o estiramento da montagem entre volatentes foi a tensão média de 175 MPa, e a tensão máxima foi de 395,6 MPa.

Portanto:

$$\begin{aligned}\sigma_{max.} &= K_c * \sigma_{m\u00e9dia} \\ K_c &= \frac{\sigma_{max}}{\sigma_{m\u00e9dia}} \\ K_c &= \frac{395,6 \text{ MPa}}{175 \text{ MPa}} \\ K_c &= 2,26\end{aligned}$$

A constante da concentração de tensão obtida para esta geometria foi de 2,26, considerando-se a tensão média constante, a tensão máxima pode ser reduzida alterando-se a geometria do dente.

## CONCLUSÕES

A constante de concentração de tensões é um fator determinante, para análises de concentração e distribuição de tensões na lâmina de serra. Este fator é fortemente influenciado pela geometria do dente, então trabalhos com alterações de geometria deverão reduzir o valor da constante.

A proposta inicial seria a alteração do raio no fundo da garganta do dente, neste caso, aumentar o raio e analisar os resultados do ( $K_c$ ). A outra proposta seria comparar a constante para os três perfis das lâminas (Figura 1), obter o perfil com menor grau de ( $K_c$ ), e dar prioridade para pesquisas com essa geometria.

## REFERÊNCIAS

- (1) CARMO, J.F; LATORRACA, J.V.F; ROCHA, M.P; BRITO,E.O. Influência da geometria dos dentes das lâminas de serra de fita na qualidade e produtividade da madeira serrada. FLORESTA, Curitiba, PR, v. 44, n. 2, p. 291 - 302, abr. / jun. 2014.
- (2) GONÇALVES,M.T.T. Processamento da Madeira. Bauru: USC, 2000
- (3) JUNIOR,W.G. Desempenho do stellite como material de ferramenta no serramento da madeira. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá. Guaratinguetá, 2011.
- (4) KRÓL, R. The Finite Element Analysis of swaging the wood bandsaw teeth at the point. Uniwersytet Technologiczno-Humanistyczny im. Kazimierza Pułaskiego w Radomiu, Wydział Mechaniczny, 2014.
- (5) LAI,K.J. et. al. Hardware implementation of a sub-pixel algorithm for real-time saw blade deflection monitoring n. 39, p. 291-309, 2006.