

11 APENDICE B - INFLUÊNCIA DAS CARACTERÍSTICAS DE CRESCIMENTO NA RESISTÊNCIA.

11.1 Nós

Os nós causam desvios localizados nas fibras com inclinações excessivas. A figura 127 ilustra o efeito do enfraquecimento da madeira devido a presença do nó.

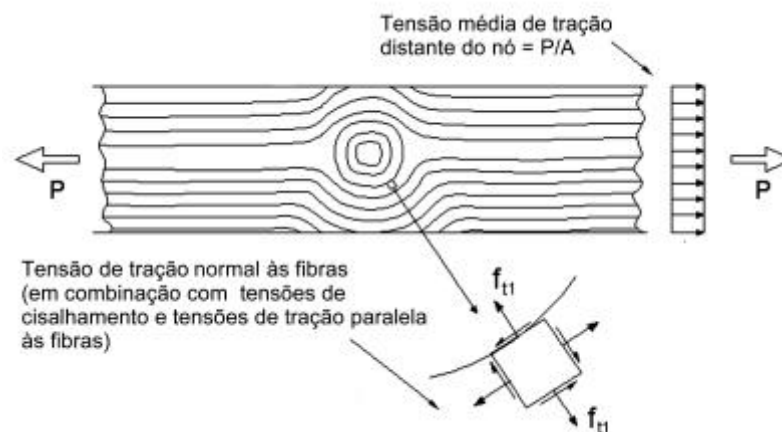


Figura 127 - Efeito do nó na resistência da madeira.

Fonte: STANALKER & HARRIS (1989)

A direção das fibras é severamente alterada em torno do nó. Conforme STANALKER & HARRIS (1989), nesta região as cargas aplicadas causam tensão de tração normal às fibras da madeira. Como a resistência à tração normal da madeira é muito baixa, o enfraquecimento devido ao nó torna-se bastante significativo.

Ainda de acordo com STANALKER & HARRIS (1989), em geral, o efeito dos nós na resistência da madeira é maior na resistência à tração do que na resistência a compressão; na flexão o defeito depende em qual face da viga o nó se encontra (tracionada ou comprimida). Nas peças tracionadas, os nós presentes na linha central da face larga tem menor efeito que os nós na borda da mesma face. Isso ocorre porque os nós ao longo da borda de um elemento causam uma excentricidade

que induz a tensões de flexão, e desta forma eles devem ser mais restritivos que os nós de centro.

Os nós firmes resistem a alguns tipos de solicitação, porém os nós soltos não resistem ou não transmitem nenhuma tensão.

A zona de fibras inclinadas em torno do nó tem menor rigidez na direção paralela ao comprimento da peça que as zonas de fibras retas. Assim, áreas localizadas de baixa rigidez são mais freqüentemente associadas com os nós. Entretanto, tais zonas geralmente constituem somente a menor parte do volume total de uma peça de madeira. Como a rigidez de uma peça reflete a característica de todas as partes, a rigidez não é muito influenciada pelos nós.

A presença de um nó tem maior efeito nas propriedades de resistência do que nas propriedades de rigidez. De maneira aproximada, a magnitude do efeito nas propriedades de resistência depende dos seguintes fatores: da proporção da seção transversal da peça de madeira ocupada pelo nó; da localização do nó e da distribuição de tensões na peça, STANALKER & HARRIS (1989).

Os limites nas dimensões dos nós são, desta forma, estabelecidos em relação a proporção da seção transversal ocupada pelo nó. Os elementos comprimidos são solicitados igualmente e nenhuma limitação relacionada à localização dos nós é imposta.

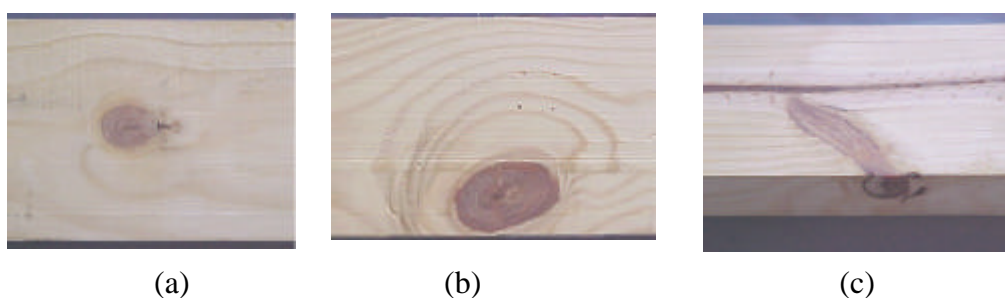


Figura 128 - Tipos de nós limitados na classificação visual: (a) centro da face larga; (b) borda da face larga e (c) face estreita.

Fonte: Autor.

11.2 Fibras cruzadas

Quando o eixo longitudinal das células não é paralelo à borda da peça, diz-se que a madeira tem fibras cruzadas. As fibras cruzadas envolvem tanto fibras espirais quanto às fibras diagonais. Quase toda madeira apresenta fibras cruzadas.



Figura 129 - Inclinação de fibras.

Fonte: NICHOL (2002).

Muitas árvores crescem em espiral. Assim, a direção e a inclinação das fibras variam ao longo do comprimento da peça de madeira. Este caso especial de fibras inclinadas é chamado de fibras em espiral. As fibras espiraladas dificultam a trabalhabilidade da madeira. Além disto, com a variação no teor de umidade, todas as superfícies planas empenam. As fibras espiraladas são comuns e são uma característica hereditária de algumas árvores.

As fibras diagonais são causadas pelo modo em que a peça de madeira é cortada do tronco, não sendo um defeito inerente à própria árvore. Entretanto, sempre há uma variação na direção das fibras (as células não são perfeitamente paralelas por todo o comprimento da peça). Assim, não é possível em uma serraria cortar a madeira de forma a eliminar completamente as fibras diagonais.

A figura 130 ilustra como as fibras inclinadas reduzem a resistência de uma peça de madeira.

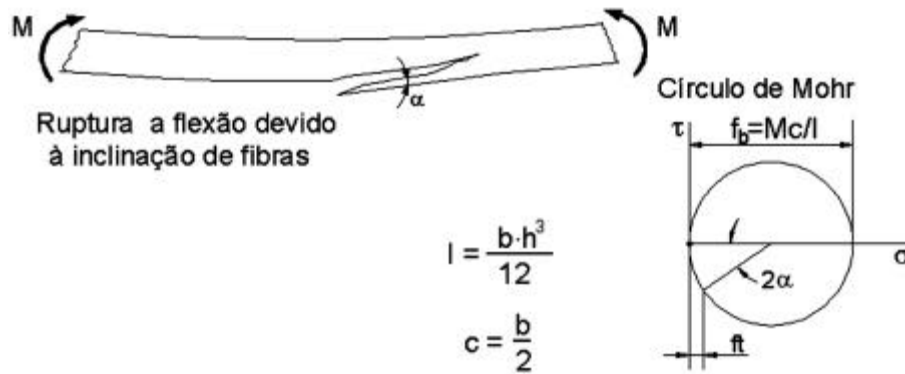


Figura 130 - Efeito das fibras inclinadas na resistência à flexão.

Fonte: STANALKER & HARRIS (1989)

Quase todas as peças de madeira contendo fibras inclinadas e submetidas à flexão rompem da maneira ilustrada na figura 130. Este tipo de ruptura ocorre porque as tensões de flexão têm uma componente normal às fibras e a resistência à tração nesta direção é muito baixa. O círculo de Mohr ilustra como uma apreciável tração normal às fibras pode ocorrer com pequenas inclinações nas fibras da madeira.

A figura 131 mostra como um elemento comprimido é enfraquecido pela presença de fibras inclinadas. Neste caso, a baixa resistência à compressão normal às fibras, ou a baixa resistência ao cisalhamento longitudinal antecipam a ruptura da peça de madeira. A resistência em um determinado ângulo com as fibras pode ser expressa pela conhecida equação de Hankinson dada abaixo.

$$f_a = \frac{f_0 \cdot f_{90}}{f_0 \cdot \sin^2 a + f_{90} \cdot \cos^2 a} \quad (B1)$$



Figura 131 - Efeito das fibras inclinadas na resistência a compressão.

Fonte: STANALKER & HARRIS (1989)

11.3 Racha anelar, fenda e fenda superficial.

A racha anelar é uma separação longitudinal do tecido lenhoso que ocorre predominantemente entre os anéis de crescimento. De acordo com STANALKER & HARRIS (1989), a racha anelar tem origem na árvore e provavelmente é causada por tensões de cisalhamento decorrentes da ação do vento na árvore.

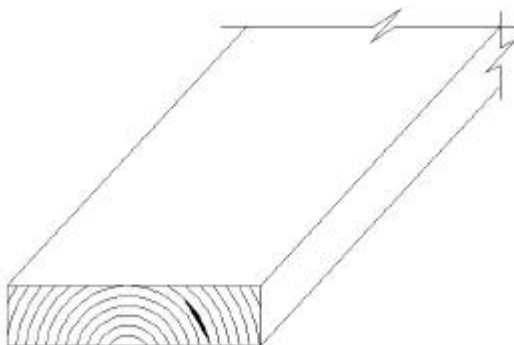


Figura 132 - Racha anelar.

Fonte: Autor.

Devido ao fato da racha anelar reduzir a resistência ao cisalhamento em elementos submetidos à flexão, as regras de classificação restringem mais severamente a dimensão da racha nas regiões onde as tensões de cisalhamento são maiores. Em elementos submetidos somente a tração ou a compressão, as rachas não afetam muito a resistência.

A fenda também é uma separação longitudinal da madeira, porém, usualmente perpendicular aos anéis de crescimento; as pequenas fendas superficiais que aparecem durante a secagem da madeira recebem a denominação de fendilhado.



Figura 133 - Fenda.

Fonte: NICHOL (2002).

As fendas ocorrem devido à secagem da madeira após o corte da árvore. Elas podem ocorrer na tora, ou em peças de madeira cortadas de uma tora. Elas ocorrem devido a tensões resultantes da variação diferencial das dimensões da peça nas direções radial e tangencial durante a secagem. Quanto mais rápida a secagem, maior são as fendas. Assim, o fendilhamento pode ser reduzido com cuidadosa atenção nos procedimentos de secagem. Os efeitos das fendas e fendas diametrais na resistência e os princípios de sua limitação são os mesmo das rachas.

11.4 Madeira comprimida

A madeira comprimida é uma forma de reação da madeira em que um padrão não simétrico de crescimento é causado pela permanência de tensões de flexão por longos períodos durante a vida da árvore. Por exemplo, uma árvore que se inclina durante o seu crescimento terá maior resistência ao momento fletor causada pelo peso próprio da árvore. As tensões de compressão devidas a esta flexão ocorrem no menor lado, e as tensões de tração devidas a flexão ocorrem no outro lado. As tensões de compressão se somam as tensões de compressão vertical (P/A) e elevadas tensões aparecem por toda a seção transversal. Estas tensões elevadas causam variação na espessura dos anéis de crescimento em um lado do tronco.

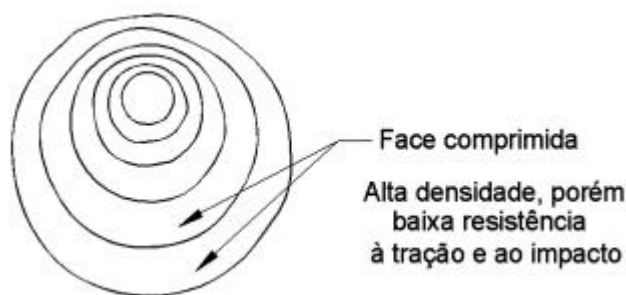


Figura 134 - Seção transversal de uma tora contendo madeira comprimida.

Fonte: STANALKER & HARRIS (1989)

A parede celular da madeira comprimida é mais espessa e a massa específica é maior que a madeira no normal. A madeira comprimida é indesejável por sofrer maior retração com a variação de umidade do que a madeira normal.

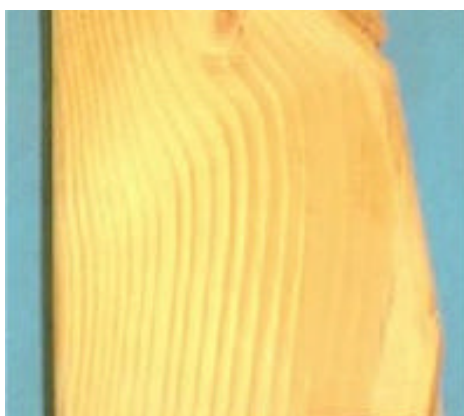


Figura 135 - Peça de madeira serrada com madeira comprimida.

Fonte: NICHOL (2002).

11.5 Madeira juvenil

A madeira juvenil é a madeira produzida próxima à medula da árvore. Segundo GREEN *et al* (1999), para as coníferas a madeira juvenil é usualmente definida como o material próximo ao 20º anel de crescimento contado a partir da medula. Ainda segundo GREEN *et al* (1999), a madeira juvenil apresenta uma diferença considerável entre as propriedades físicas e anatômicas em relação à madeira adulta. A figura 136 ilustra a variação destas propriedades ao longo de uma linha radial à partir da medula da árvore.

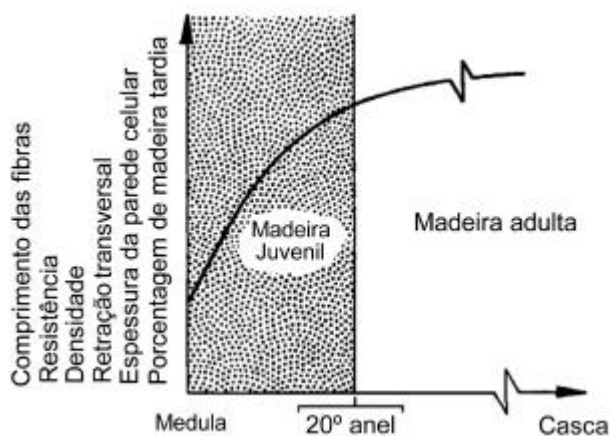


Figura 136 - Propriedades da madeira juvenil.

Fonte: GREEN *et al* (1999).

De acordo com ZOBEL (1980) *apud* BALLARIN & PALMA (2002) a transição entre madeira juvenil e madeira adulta não ocorre em um ano, mas sim em vários anos. O período de transição da madeira juvenil para a madeira adulta é variável de uma espécie para outra. LOO *et al* (1985) *apud* BALLARIN & PALMA

(2002) afirmam que esta variação medida pela variação de densidade, dura em torno de 5 a 6 anos para o *Pinus elliottii*, *Pinus caribea* e *Pinus radiata*, para o *Pinus taeda* dura em torno de 10 anos e para o *Pinus ponderosa* o período de transição dura em média 20 anos.

De acordo com BALLARIN & PALMA (2002), a madeira de transição está compreendida entre o 14º e o 18º anel de crescimento, sendo a madeira juvenil compreendida entre a medula e o 14º anel de crescimento e a madeira adulta a porção de madeira contada a partir do 18º anel de crescimento.

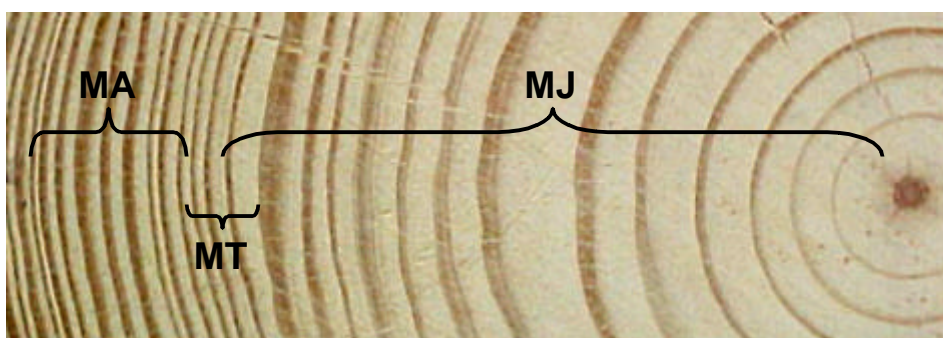


Figura 137 – Região de madeira juvenil, de transição e adulta.

Fonte: BALLARIN & PALMA (2002).

Ainda, segundo BALLARIN & PALMA (2002), as propriedades de rigidez à flexão estática são superiores e menos variáveis na madeira adulta do que na madeira juvenil. Os valores médios do MOE e do MOR são, respectivamente, 54% e 47% maiores do que aqueles observados na madeira juvenil. Além disso, os valores do MOE e do MOR apresentam uma maior dependência da densidade na madeira adulta do que na madeira juvenil.