



A N E X O 2

CRITERIOS DE CLASIFICACIÓN
PARA USOS ESTRUCTURAIS

A madeira é un material renovable que presenta importantes variacións nas súas propiedades en función da especie de madeira, a xenética e as condicións de crecemento. Estas propiedades non varían unicamente entre árbores, senón que ata dentro dunha mesma árbore poden atoparse importantes variacións tanto na dirección transversal como ao longo do eixe do tronco. Ademais a orientación de serrado inflúe de forma notable sobre as propiedades do produto.

Debido a esta variabilidade na madeira, que afecta ás propiedades mecánicas, é preciso realizar unha clasificación que permita asignar a cada peza uns valores de resistencia, en función das súas características.

Desta forma, é posible dispoñer dun material normalizado en termos de resistencia, dimensión (anchura, grosor e lonxitude), características físicas (contido de humidade, densidade) e atributos estéticos (nodosidade, xemas, alteracións biolóxicas). Ademais, é necesario que estes produtos dispoñan do marcado CE de conformidade.

Existen dous sistemas de clasificación estrutural da madeira serrada:

- Clasificación visual.
- Clasificación mediante máquina.

No caso de utilizar sistemas de clasificación visual, a asignación de calidades e clases resistentes realizase de acordo co seguinte procedemento:



Clasificación visual de madeira estrutural de *Pinus pinaster* en España

A norma UNE 56544:2003 "Clasificación visual de la madera aserrada de uso estructural" establece unha metodoloxía de medición e avaliación de defectos, clasificando a madeira en dúas calidades (ME-1 e ME-2).

A norma permite clasificar a madeira en estado verde ou seco, segundo os seguintes criterios:

- Madeira húmida: cando a humidade media é superior ao 20% (25% para pezas cunha sección maior de 200 cm²). A madeira márcase como "WET GRADED".
- Madeira seca: cando a humidade media sexa inferior ou igual ao 20% (25% para pezas de sección maior de 200 cm²), sen que ningunha lectura individual exceda o 24% (29% para pezas de sección maior que 200 cm²). A madeira márcase como "DRY GRADED".

A conveniencia de establecer claramente a humidade da madeira vén dada polas seguintes razóns:

- Na madeira clasificada húmida (WET GRADED) poden producirse (con posterioridade á súa clasificación) fendas, deformacións e cambios dimensionais que aparecerán gradualmente durante o proceso de secado. Deberá terse en conta que esta madeira non incorporou nin as especificacións por fendas, nin as esixencias de deformación máxima. Pola contra, a madeira seca (DRY GRADED), si considera a avaliación das fendas, deformacións e densidade.

- Debido a que as especificacións por tamaño de fendas refírense a un contido de humidade máximo do 20%, unha madeira con contido de humidade inferior a este valor poderá presentar fendas de tamaño lixeiramente superior ao especificado, sen que por iso deba ser considerada de calidade inferior.

- Para evitar que o comprador de madeira húmida teña grandes perdas por deformacións excesivas, a norma establece

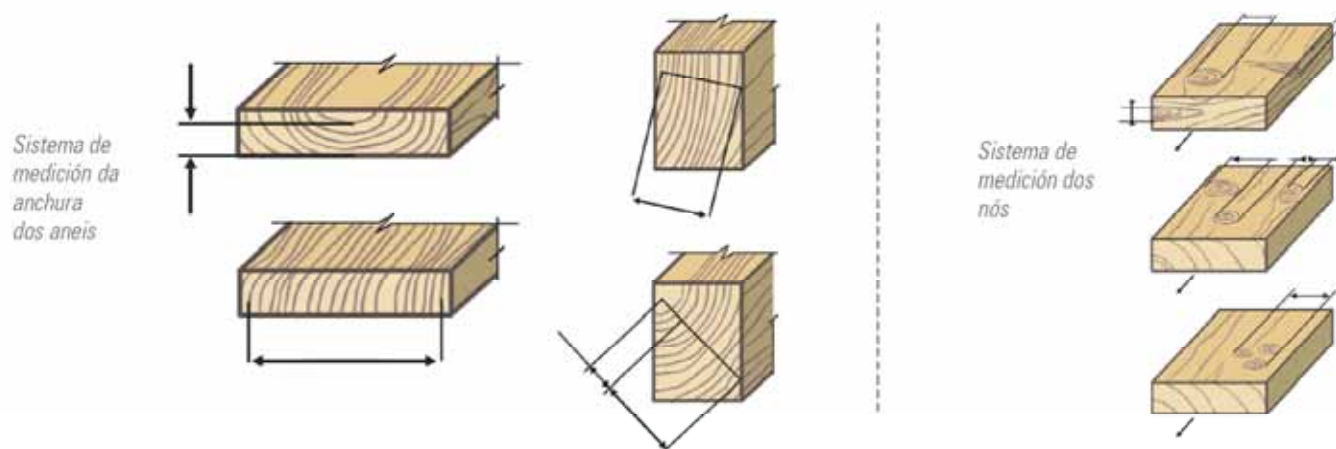
unha forma indirecta de limitalas na primeira calidade (ME-1). Para iso, aplícanse especificacións por tamaño máximo do anel de crecemento, co que limita a cantidade de madeira xuvenil presente nas pezas, causa principal de gran parte das deformacións producidas durante o secado.

	Calidade	ME-1	ME-2
Especificacións dos nós	Nós na cara	$d < 1/5$ de h	$d \leq 1/2$ de h
	Nós no canto	$d \leq 1/2$ de b y $d \leq 30$ mm	$d \leq 2/3$ de b
	* Para seccións cuxa relación h/b $\leq 1,5$, as catro superficies serán consideradas como caras.		
	Os nós con diámetro menor ou igual a 10 mm poden desprezarse agás nos nós pasantes.		
Especificacións da anchura máxima de anel	Anchura máxima do anel (só se se clasifica en verde)	≤ 8 mm	Sen limitación
Especificacións das fendas	Fendas de secado (profundidade)	$\leq 2/5$ de b	$\leq 3/5$ de b
	Fendas de xeada, raio e aceboladuras	Non admitidas	Non admitidas
	* Para seccións cuxa relación h/b $\leq 1,5$, as catro superficies serán consideradas como caras.		
Especificacións das xemas	Xemas	Lonxitude $\leq 1/4$ de L	Lonxitude $\leq 1/3$ de L
		Anchura $G \leq 1/4$	Anchura $G \leq 1/3$
Especificacións da desviación da fibra	Desviación da fibra	1:10	1:6
Especificacións doutras singularidades	Bolsas de resina e entrecasco	Admitense se a súa lonxitude é menor que 80 mm.	
	Madeira de compresión	Admitida en 1/5 da sección ou a superficie da peza.	Admitida en 2/5 da sección ou a superficie da peza
	Medula	Admitida se se clasifica en seco	Admitida
		Non admitida se se clasifica ao húmido	
	Visgo (V. Album)	Non admitido	
	Azulado	Admitido	
	Podrencia	Non admitida	
Galerías de insectos xilófagos	Non se admiten		
Dimensións e tolerancias		Segundo especificacións da Norma UNE-EN 336	
Deformacións máximas (non consideradas cando se comercializa en húmido e referidas a un 20% de contido de humidade).	Curvatura de cara	10 mm (para unha lonxitude de 2 m)	20 mm (para unha lonxitude de 2 m)
	Curvatura de canto	8 mm (para unha lonxitude de 2 m)	12 mm (para unha lonxitude de 2 m)
	Alabeo	1 mm (por cada 25 mm de h)	2 mm (por cada 25 mm de h)
	Atellado ou abarquillado	$1/25$ de h	$1/25$ de h

* Para seccións cuxa relación h/b $\leq 1,5$, as catro superficies serán consideradas como caras.

Normas de clasificación visual de madeira estrutural de *Pinus pinaster* en Francia

A norma de clasificación visual da madeira serrada de uso estrutural NF B 52001 establece tres calidades de madeira (ST I, ST II e ST III). A norma NF B 52001 inclúe as principais especies de coníferas e frondosas utilizadas en estruturas, incluíndo dentro delas o piñeiro marítimo. A continuación recóllense os parámetros e singularidades utilizados na asignación de calidades visuais para piñeiro marítimo.



Criterio	Clase de calidade		
	ST I	ST II	ST III
Anchura dos aneis de crecemento (mm)	≤ 6	≤ 8	≤ 10
Diámetro dos nós			
Nó na cara	$a \leq 1/10$ de l e $a \leq 15$ mm	$a \leq 1/3$ de l e $a \leq 50$ mm	$a \leq 2/3$ de l e $a \leq 100$ mm
Nó no canto	$a \leq 1/3$ de e e $a \leq 15$ mm	$a \leq 1/2$ de e e $a \leq 30$ mm	$a \leq 1/2$ de e e $a \leq 30$ mm
Fendas			
Pasantes	Lonxitude ≤ dúas veces a anchura da peza		Lonxitude ≤ 800 mm
Non pasantes	Lonxitude ≤ metade da anchura da peza		Sen limitación
Grosor das bolsas de resina	Non admisible	Admisible se < 80 mm	
Entrecasco	Non admisible		
Desviación da fibra			
Local	1:10		1:4
Xeral	1:14		1:6
Xomas			
Longo	Non admisible	< 1/3 da lonxitude da peza e < 100 cm	
Ancho		< 1/3 do grosor da peza	
Alteracións biolóxicas			
Azulado e marcas de vago		Admisible	
Picaduras negras		Admisibles se aparecen só sobre unha cara	
Podroma		Non admisible	
Deformacións máximas en mm (para unha lonxitude de 2 m)			
Frechura de cara (mm)		< 10	< 20
Frechura de canto (mm)		< 8	< 12
Alabeo		1 mm / 25 mm ancho	2 mm / 25 mm ancho
Abarquillado		Sen restricións	

l = anchura da peza
 e = espesor da peza

A lonxitude das fendas está influenciada pola humidade e, como consecuencia, estes valores límites dados na táboa son só aplicables no momento da clasificación.

Clasificación visual de madeira estrutural de *Pinus pinaster* en Portugal

A norma portuguesa NP 4305:1995 "Madera aserrada de pino marítimo para estruturas. Clasificación visual", establece dúas clases de calidade, designadas como "E" (Estruturas) e "EE" (especial para estruturas).

Criterios de clasificación:

A norma especifica que as pezas que presentan ataques de fungos de podrencia ou ataque de insectos deben ser rexeitadas. A presenza de fungos cromóxicos acéptase sempre que estea dentro de valores que non comprometan a súa utilización.

Características e defectos da madeira		Clase de calidade		
		Clase EE		Clase E
Nós	KAR marxinal	<1/5	<1/2	>1/2
	KAR total	<1/5	<1/2	<1/3
Dirección da fibra		< 1/10		< 1/6
Tasa de crecemento		< 6 mm		< 10 mm
Fendas	Non pasantes	Fendas superficiais con $l_f < 300$ mm poden ser ignoradas.		
	Pasantes	Non se permite máis de unha fenda coa lonxitude máxima, por cada metro.		
		$l_f < 1/4 l$ e $l_f < 600$ mm	$l_f < 1/4 l$ e $l_f < 900$ mm	
		Permitidas só nas testas $l_f < 600$ mm y $l_f < 1,0 \times a$	Permitidas só nas testas $l_f < 1,5 \times a$	
Xemas		< 1/4b, <1/4a na lonxitude total		< 1/3 b; <1/3 a na lonxitude total
		< 1/3b; < 1/3a ao longo de 300 mm (se cada testa tivese 3 ou 4 arestas vivas)		< 1/2 b; < 1/2 a a lo largo de 300 mm (se cada testa tivese 3 ou 4 arestas vivas)
Curvaturas	Cara (en 2m)	Si $b = 35$ mm X < 30mm, Si $b > 75$ mm X < 10 mm (interpolár para valores de grosor intermedios)		
	Canto (en 2m)	Si $a = 50$ mm Y < 10mm, Si $a > 250$ mm Y < 5 mm		
	Alabeo (en 2m)	Z < 1,5mm por cada 25 metros de anchura da peza		
	Atellado	Xt < 1 mm por cada 25 mm de anchura da peza		
Bolsas de resina e entrecasco	Non pasantes	Sen límites no caso de que sexan máis curtas que a anchura da peza. Se isto non ocorre, aplicaranse os límites das fendas.		
	Pasantes	Sen límites no caso de que o longo sexa < 1/2 da anchura da peza. Se isto non ocorre, aplicaranse os límites das fendas.		
Medula		Non admitida		Admitida

l: lonxitude

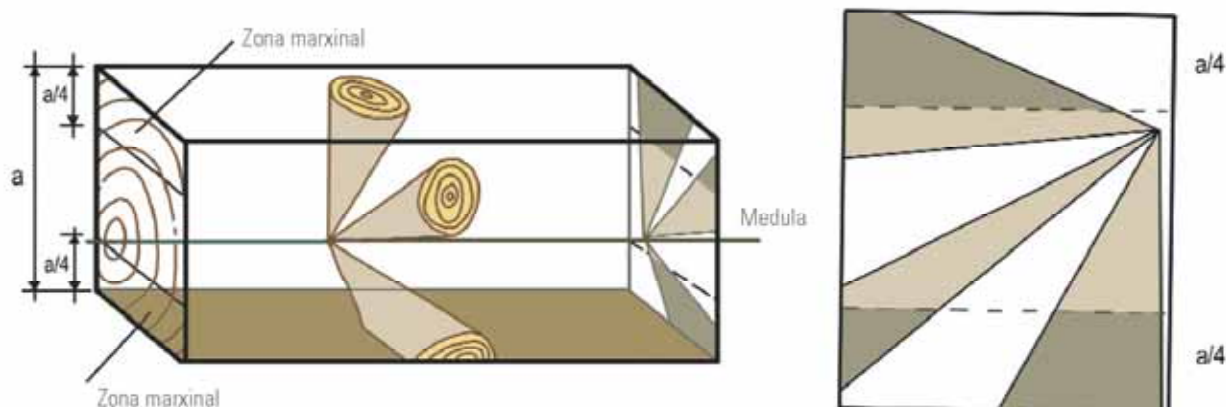
a: anchura

b: grosor

KAR total: índice de nodosidade na sección total. Indica a proporción da sección transversal dunha peza ocupada pola proxección dun nó o dun grupo de nós.

KAR marxinal: índice de nodosidade na sección marxinal. Indica a proporción dunha sección marxinal ocupada pola proxección dun nó o dun grupo de nós.

Método de medición dos nós. Diferenza entre KAR marxinal (sombreado escuro) con KAR total (sombreado claro).



**Asignación de clases resistentes en función da calidade visual.
Norma EN 338**

O sistema de clases resistentes adoptado pola norma EN 338 "Madera estructural. Clases resistentes" distingue as seguintes clases:

Coníferas e chopo. Distingúense doce clases resistentes denominadas C14, C16, C18, C20, C22, C24, C27, C30, C35, C40, C45 e C50.

Fronzosas. Establécense seis clases resistentes denominadas D30, D35, D40, D50, D60 e D70.

O número que acompaña á letra C (coníferas e chopo) ou D (fronzosas) corresponde á resistencia característica a flexión expresada en N/mm². Ademais, asignanse as propiedades de rigidez (módulos de elasticidade) e os valores de densidade (ver táboa).

Para poder asignar unha clase resistente en función da especie e a súa calidade, é necesario recorrer á norma EN 1912 "Madera estructural. Clases resistentes. Asignación de calidades visuales y especies".

Clase resistente	Norma visual de clasificación	Calidade	Nome comercial	Procedencia	Nome Botánico	Comentarios
C24	Francia NF B 52001:96	ST-11	Piñeiro marítimo	Francia	Pinus pinaster	Limitado a grosos de ≥ 60 mm
	España UNE 56544	ME-1	Piñeiro marítimo	España	Pinus pinaster	
C18	Francia NF B 52001:96	ST-111	Piñeiro marítimo	Francia	Pinus pinaster	
	España UNE 56544	ME-2	Piñeiro marítimo	España	Pinus pinaster	
	Portugal NP 4305	E	Piñeiro marítimo	Portugal	Pinus pinaster	

Clases resistentes da madeira serrada. Valores característicos norma EN 338.

	EC 5 (1)	C16	C18	C24	C27	C30
Propiedades resistentes en N/mm ²						
Flexión	f_m, k	16	18	24	27	30
Tracción paralela	$f_{t,0, k}$	10	11	14	16	18
Tracción perpendicular	$f_{t,90, k}$	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6
Compresión paralela	$f_{c,0, k}$	17	18	21	22	23
Compresión perpendicular	$f_{c,90, k}$	2,2	2,2	2,5	2,6	2,7
Cortante	f_v, k	1,8	2,0	2,5	2,8	3,0
Propiedades de rigidez en kN/mm ²						
Mód. elasticidade paralelo medio	$E_{0, medio}$	8	9	11	12	12
Mód. elasticidade paralelo 5º percentil	$E_{0, k}$	5,4	6,0	7,4	8,0	8,0
Mód. elasticidade perpendicular medio	$E_{90, medio}$	0,27	0,30	0,37	0,40	0,40
Módulo cortante medio	G	0,50	0,56	0,69	0,75	0,75
Densidad en Kg/m ³						
Densidad característica	ρ_k	310	320	350	370	380
Densidad media	ρ_{medio}	370	380	420	450	460

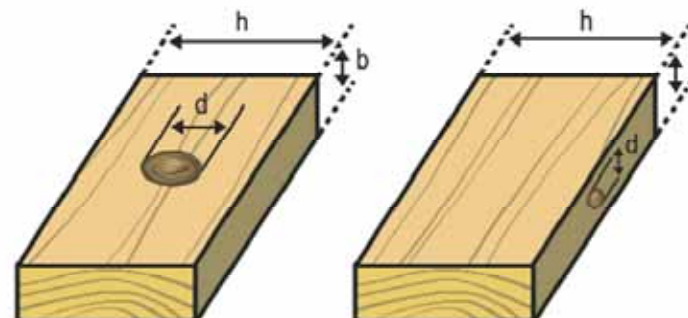
(1) Estado Igo 5.

Medición das principais singularidades da madeira (UNE 56544:2003 "Clasificación visual da madeira serrada para uso estrutural. Madeira de coníferas").

Nós

O sistema de medición considerado nesta norma está de acordo co método alternativo definido na norma EN 1310 (parágrafo 4.1.2).

Os diámetros dos nós mediranse perpendicularmente ao eixe lonxitudinal da peza (ver figura xunta).



Criterio xeral de medición para nós en cara e en canto.

Os nós con diámetro inferior ou igual a 10 mm poden desprezarse, agás os nós pasantes, que son aqueles que se manifestan polo menos en dúas superficies opostas.

Desprezaranse os nós superficiais da cara interna. Entendendo por cara interna aquela cara que se atopa máis preto da medulla (ver figura xunta) e contena ou está moi próxima a ela. Se aparecen na aresta ou no canto mediranse e avaliarán como nós de aresta ou de canto, respectivamente.

Criterio de medición e avaliación de nós superficiais na cara interna.

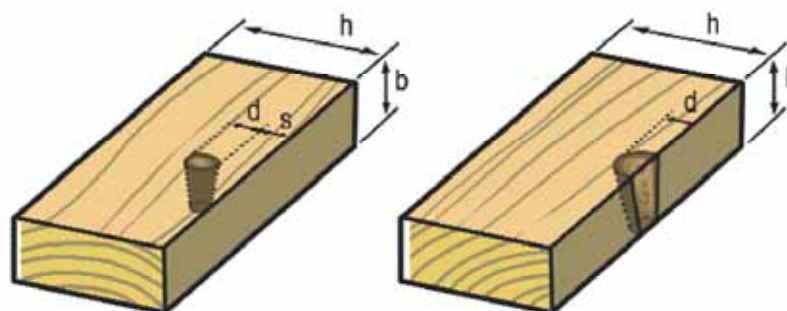


A cortiza presente ao redor dun nó será medida xunto con el. Se as irregularidades da fibra presentes ao redor do nó non fosen claramente diferenciables deste, a medida do tamaño do nó deberá incorporalas. Os orificios deixados polos nós saltadizos mediranse coma se fosen nós.

Os nós mediranse en todas as superficies que se manifesten. Avaliaranse mediante a relación entre o diámetro e a dimensión da superficie en que se manifestan, " d/h " para os nós de cara e " d/b " para os nós no canto. Hai dúas excepcións, os nós de marxe e os nós de aresta.

Nós de marxe: son aqueles nós de cara que se atopan a unha distancia do canto " s " inferior ao seu diámetro " d " (ver figura

xunta). Estes nós mediranse na cara pero avaliaranse como se fosen de canto: coa relación entre o diámetro do nó e o grosor da peza " d/b ", e clasificaranse de acordo coas esixencias do nó de canto.



Nós de marxe.

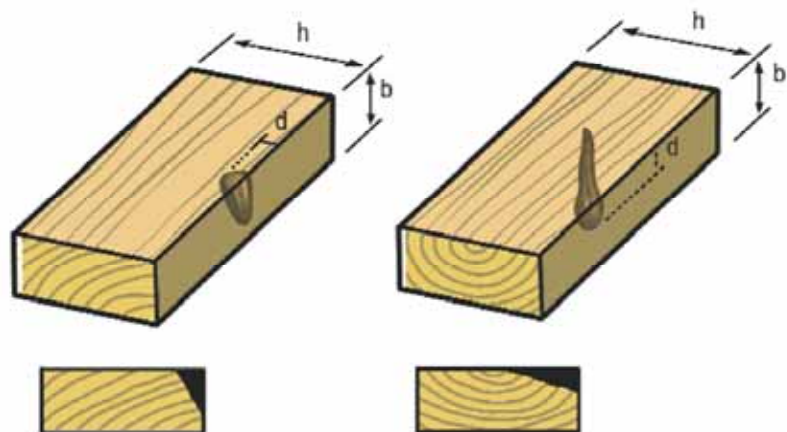
Esquerda: se $s \leq d$, mídese na cara e avalíase no canto (d/b). Se $s > d$, mídese y avalíase na cara (d/h).

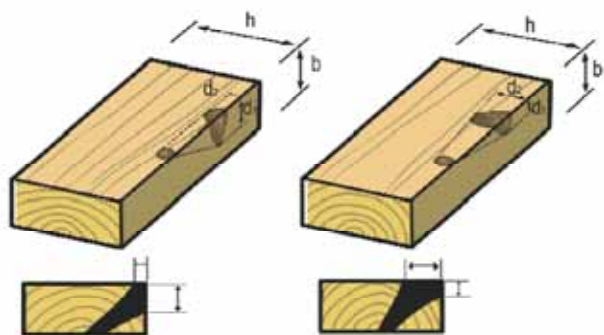
Dereita: mídese na cara e avalíase no canto (d/b).

Nó de aresta: son aqueles nós que se manifestan en dúas superficies contiguas, cara e canto. Mídense naquela superficie que os corte máis perpendicularmente (ver figura xunta): se é a cara trátanse como nós de marxe e se é o canto como nós de canto. En ambos casos a avaliación será " d/b ". En caso de dúbida tomarase o maior valor (o máximo de " $d1$ " e " $d2$ ").

Nós de aresta.

Esquerda: avaliación no canto (d/b). Dereita: avaliación no canto (d/b).





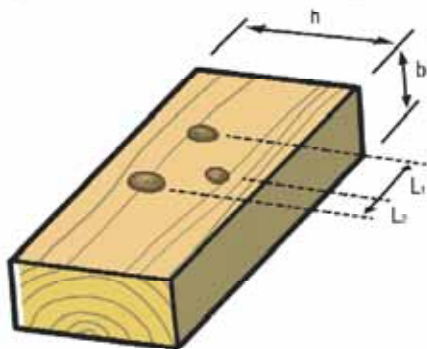
Criterio de medición e avaliación dos nós de aresta cando existan dúbidas para a súa avaliación.

Esquerda: nó maior $d1$ ($d1/b$). Dereita: nó maior $d2$ ($d2/b$).

Denomínanse nós agrupados sobre a cara ou sobre o canto, aqueles nós cuxa distancia entre centros (ver figura xunta), medida segundo o eixe lonxitudinal da peza, sexa inferior a 150 mm, cando a anchura da peza exceda os 150 mm, ou a anchura da peza, cando esta sexa inferior ou igual a 150 mm.

Criterio de definición de nós agrupados.

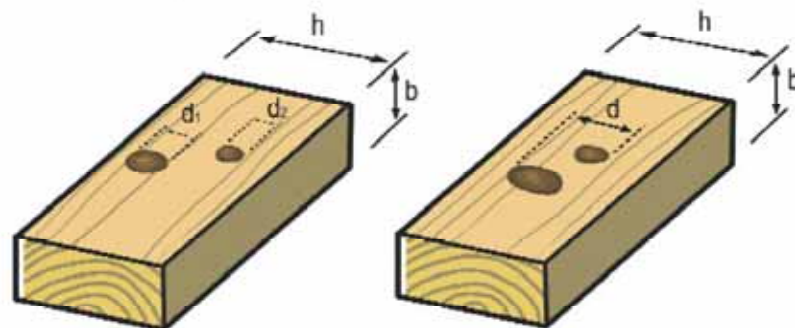
Se L_1 e $L_2 < 150$ mm para $h > 150$ mm e se L_1 e $L_2 < h$ para $h \leq 150$ mm.



Os nós agrupados mediranse pola suma dos seus diámetros cando non se solapen sobre a dirección perpendicular ao eixe lonxitudinal da peza. Cando os nós agrupados se solapen sobre

a dirección perpendicular ao eixe lonxitudinal da peza, mediranse globalmente.

Criterio de medición de nós agrupados.
Esquerda: diámetro do nó $d=d1+d2$. Dereita: diámetro do nó: d .



Bolsas de resina e entrecasco

Mediranse segundo a lonxitude (en mm), na dirección paralela ao eixe da peza.

Fendas

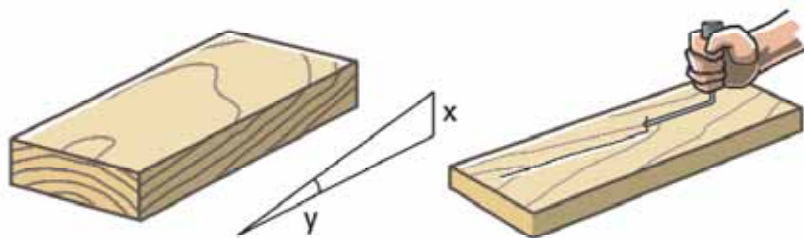
Denomínase fenda pasante cando se estenda entre dúas superficies opostas. Segundo onde se manifesten as fendas, poderán ser de cara, de canto ou de testa.

Como criterio de avaliación determinarase a proxección da profundidade das fendas sobre o canto da sección. A profundidade das fendas medírase no punto de máxima profundidade destas facendo uso dunha galga de 0,2 mm de grosor. Non se terán en conta aquelas fendas que teñan unha lonxitude inferior á menor dimensión das dúas seguintes: 1/4 da lonxitude da peza e 1 metro. As fendas cuxa anchura non supere 1 mm, poden desprezarse.

Desviación da fibra

A norma refírese á desviación xeral, e mídese sobre 1 metro de lonxitude na zona máis desfavorable.

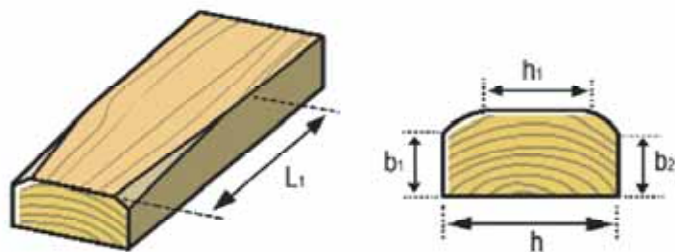
Medición da desviación da fibra (x/y)



Xemas

A xema avaliarase pola súa lonxitude, expresada como fracción da lonxitude total da peza; e pola súa anchura, medida no canto ou na cara, tanto como diferenza relativa, entre o valor nominal e o real da anchura do canto ou da cara en punto de máxima diferenza. Se a xema se manifesta en máis dunha zona dunha mesma aresta, sumaranse as diferentes lonxitudes.

Medición e avaliación das xemas

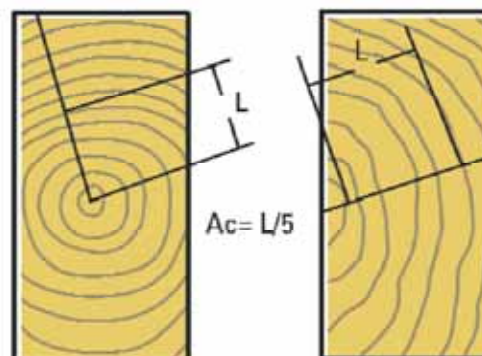


$$g = \max \left\{ \frac{|h-h_1|}{h} ; \frac{|b-b_1|}{b} ; \frac{|b-b_2|}{b} \right\}$$

Anchura do anel de crecemento

A anchura máxima do anel determinarase no segmento recto máis longo que se poida trazar perpendicularmente aos aneis de crecemento e que atravesa a peza transversalmente. A medida comezará no extremo máis próximo á medula, determinándose o valor medio da anchura dos primeiros cinco aneis de crecemento.

Medición da anchura máxima do anel.



Medición das principais singularidades da madeira segundo a norma portuguesa NP 4305:1995.

Nós

No caso de nós illados, a avaliación realízase polo KAR total e polo maior KAR marxinal. No caso de nós agrupados, o KAR total e marxinal calcúlase para o conxunto dos nós.

Considéranse nós agrupados cando están situados de tal modo que as fibras situadas entre eles teñen a fibra inclinada (ver figura xunta).

Distribución da fibra en nós agrupados (esquerda) e nós illados (derecha)

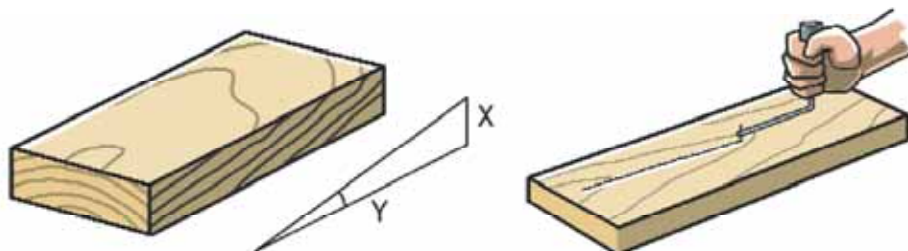


A norma non fai distinción con respecto á avaliación dos KAR, entre nós vivos e mortos, así mesmo considéranse como nós os buracos deixados por nós saltadizos.

Desviación da fibra

A inclinación da fibra mídese con relación ao eixe lonxitudinal da peza, utilizando un trazador (ver figura). A medición debe facerse sobre unha lonxitude razoable para que se poida determinar a inclinación xeral independentemente das deformacións locais.

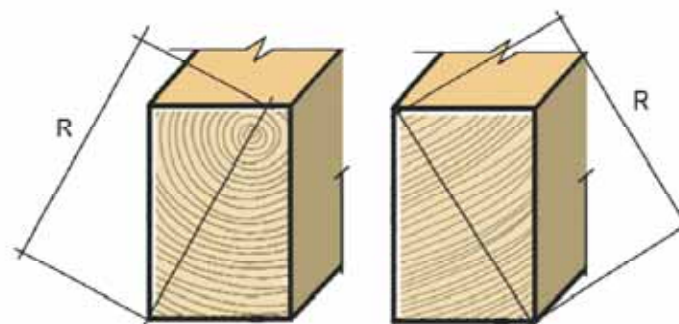
Medición da desviación da fibra (x/y)



Taxa de crecemento

A avaliación da taxa de crecemento realízase medindo a anchura media, en milímetros, dos aneis de crecemento. A súa medición realízase segundo se mostra na seguinte ilustración.

Medición da taxa de crecemento (R en mm/nº de aneis de crecemento comprendidos)

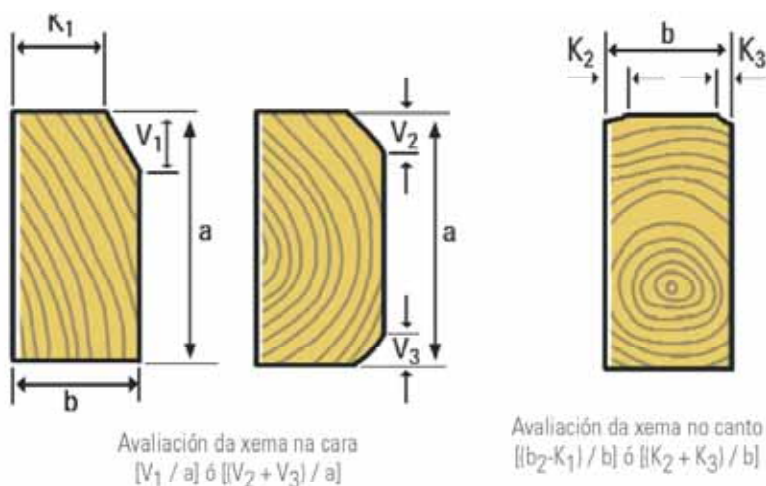


Fendas

A dimensión da fenda corresponde sempre á distancia entre dúas liñas que a delimiten, medida sempre en dirección paralela ás arestas.

Xemas

A avaliación deste defecto exprésase polo cociente entre a proxección da xema na cara (canto) e a anchura total desa cara (canto).



Bolsas de resina e fendas

Mídense como se se tratase de fendas.

Madeira de compresión

É aceptable cando representa unha pequena porcentaxe.

Marcado CE

A Directiva Europea de Produtos da Construción, 89/106/CEE de decembro de 1988, e as súas correspondentes transposicións a España (Real decreto 1630/1992), Francia (nº 92-467 de 8 de xullo de 1992) e Portugal, esixe de forma obrigatoria que todos os produtos que se vexan afectados por esta Directiva incorporen o mercado CE.

A Directiva considera produtos da construción aqueles que de forma permanente se incorporen na construción e se vexan afectados polos seguintes requisitos esenciais:

- Resistencia mecánica e estabilidade.
- Seguridade en caso de incendio.
- Hixiene, saúde e medio ambiente.
- Seguridade de utilización.
- Protección contra o ruído.
- Aforro de enerxía e illamento térmico.

A conformidade no caso de produtos con esixencias esenciais está definido por normas nacionais traspostas de normas europeas (normas harmonizadas) e guías DITE aprobadas polo EOTA (European Organization of Technical Approval). Estes documentos recollen as especificacións técnicas necesarias para o marcado CE.

No que concirne á madeira serrada de uso estrutural existe un proxecto de norma harmonizada prEN 14081. Desde a implantación definitiva da norma EN 14081, existirá un prazo voluntario dun ano para a implantación do mercado e despois un prazo doutro ano para o mercado obrigatorio. Con posterioridade a ese prazo non poderán comercializarse produtos de madeira serrada estrutural sen o mercado CE. A responsabilidade do mercado corresponde ao fabricante quen deberá incluír, como mínimo, a seguinte información:

- A clase visual estrutural (ST-1, ST-11, ST-111, ME-1, ME-2, E) ou a clase resistente obtida segundo o sistema de clasificación utilizado (visual ou mecánico).
- A especie de madeira ou o grupo de especies de madeira.
- Marca ou número de identificación do produtor.
- A norma de referencia utilizada para a clasificación estrutural realizada.
- As utilizacións posibles da madeira en función da clase resistente.

Clasificación mecánica

A aplicación de normas de clasificación visual ten como desvantaxe un rendemento de clasificación moi baixo. Isto implica que gran parte das pezas sexan clasificadas en calidades resistentes inferiores ás que realmente lles corresponden.

Así, por exemplo, un estudo realizado aplicando a norma francesa de clasificación visual NF B 52 001, demostrou a gran diferenza existente comparando os resultados dunha clasificación manual coa medición da resistencia real obtida aplicando ensaios destrutivos sobre todas as pezas.

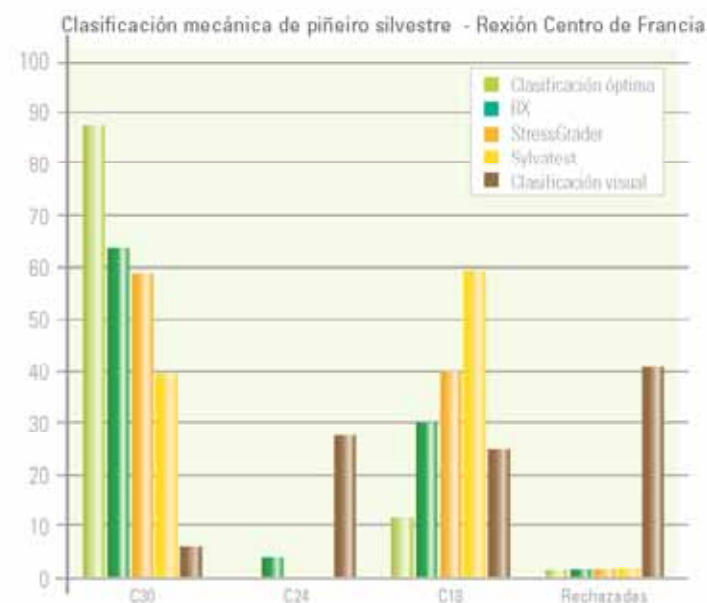


Este feito propiciou o desenvolvemento dunha gran variedade de sistemas de clasificación mecánicos dirixidos a mellorar os resultados do sistema visual. O funcionamento destes equipos baséase na medición dun parámetro indicador fácil de medir, que está relacionado coas propiedades mecánicas da madeira. Entre outros sistemas, utilízase a medición do módulo de elasticidade (realizando un ensaio de flexión) ou métodos de vibración, microondas e ultrasóns. Tamén cabe a posibilidade de combinar a medición de parámetros físicos e anatómicos (densidade e nós).

Co obxectivo de mellorar a correlación entre a propiedade indicadora e a resistencia da madeira, as máquinas de clasificación tenden a incorporar un gran número de parámetros mecánicos, físicos e anatómicos. Non obstante, o aumento do número de parámetros medidos non parece mellorar moi significativamente o rendemento de clasificación, como mostra a seguinte figura:



A continuación, recóllese o resultado da clasificación de piñeiro silvestre con distintos tipos de máquina de clasificación.

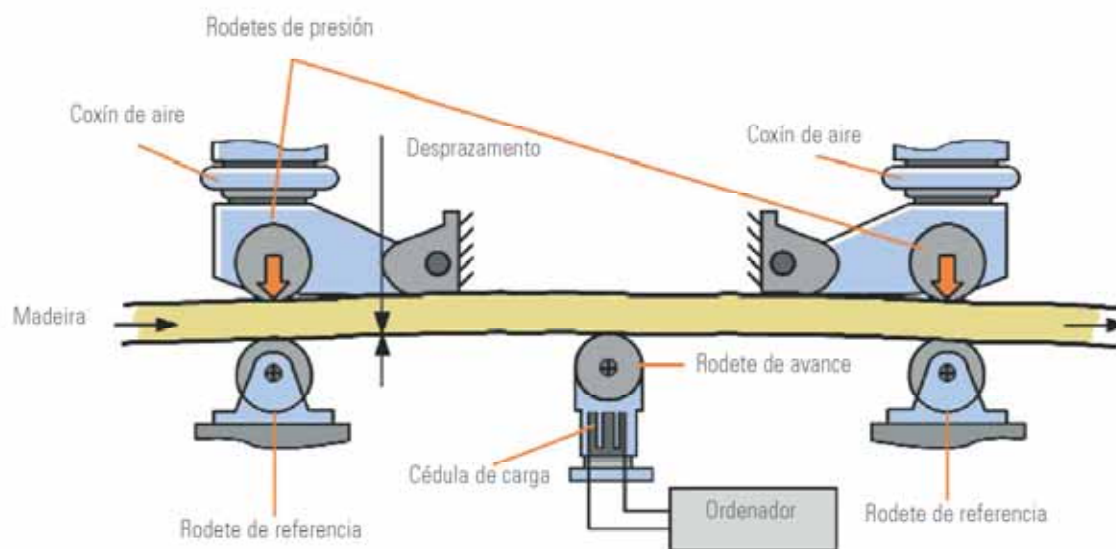


Máquinas de clasificación estrutural da madeira

Neste apartado preséntanse a continuación, a modo de exemplo, sistemas de clasificación cuxa eficacia foi longamente probada.

Cook-Bolinder (TECMACH) e Eurogrecomat 704

Estes equipos calculan o módulo de elasticidade de cada peza a partir da medición da carga que é necesario realizar para conseguir unha deformación determinada. Cada peza pasa dúas veces pola máquina, ou por dúas máquinas, co fin de compensar a frecha natural da peza serrada.



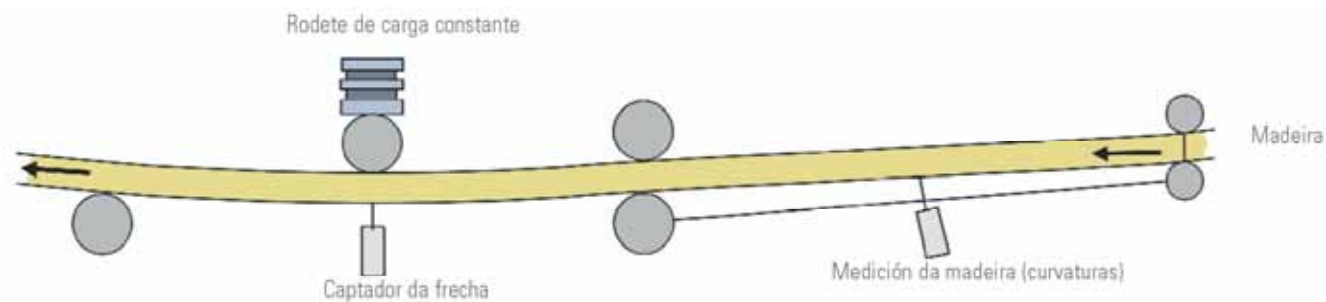
Principio de funcionamento do equipo Cook-Bolinder

Cook-Bolinder	Medicións					Velocidade de alimentación
	Carga	Frecha	Dimensións da madeira	Densidade	Nodosidade	
Medición da carga necesario para conseguir unha determinada frecha. Distancia entre rodetes: 300 mm	Unha cédula de 10 a 20 kN precisión < 1%	NON	NON	NON	NON	100 m/min

Eurogrecomat 704	Medicións					Velocidade de alimentación
	Carga	Frecha	Dimensións da madeira	Densidade	Nodosidade	
Medición da carga necesario para conseguir unha determinada frecha. Distancia entre rodetes: 700 mm	2 Cédulas de 0-10 kN precisión $\pm 0,1\%$	5 a 15 mm precisión 0,25%	Grupos 2 láser Frecha: 2 láser	Por raias X		120 m/min

Computermatic e Micromatic

Estes equipos son dúas máquinas de flexión que funcionan aplicando unha carga constante. Para estimar o módulo de elasticidade mídese a frecha de deformación.



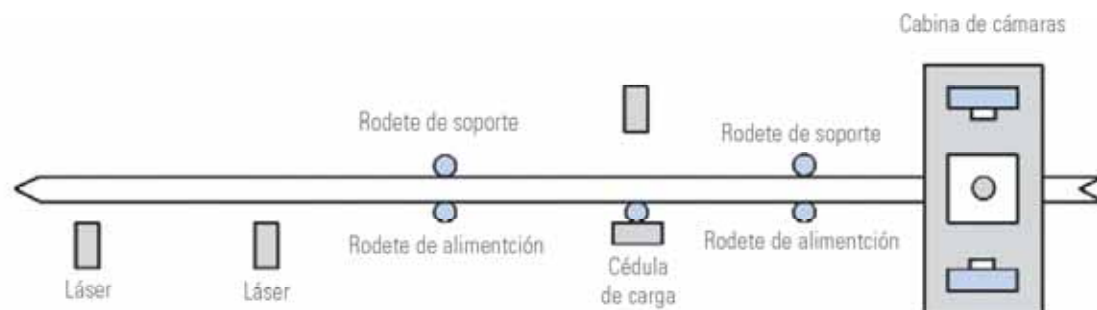
Principio de funcionamento das máquinas de tipo Computermatic e Micromatic.

Micromatic	Medicións					Velocidade de alimentación
Principio de funcionamento	Carga	Frecha	Dimensións da madeira	Densidade	Nodosidade	
Medición da frecha desenvolvida para unha carga constante de 13,0 MPa. Distancia entre rodetes: 914 mm	NON	De 0-24 mm	Medición da frecha de -12 a 12 mm	NON	NON	90 m/min

Computermatic	Medicións					Velocidade de alimentación
Principio de funcionamento	Carga	Frecha	Dimensións da madeira	Densidade	Nodosidade	
Medición da frecha desenvolvida por unha carga constante de 13,0 MPa. Distancia entre rodetes: 914 mm	NON	De 0-24 mm Resolución 0,19mm	Medición da frecha de -12 a 12 mm	NON	NON	170 m/min

Ersson

Este equipo basea o seu funcionamento no principio de medición da carga para conseguir unha frecha determinada.

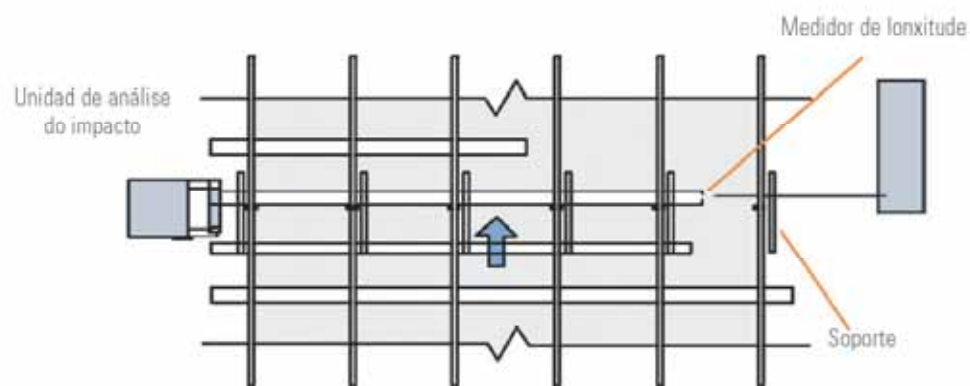


Principio de funcionamento da máquina Ersson adaptada a un sistema de medición por cámaras

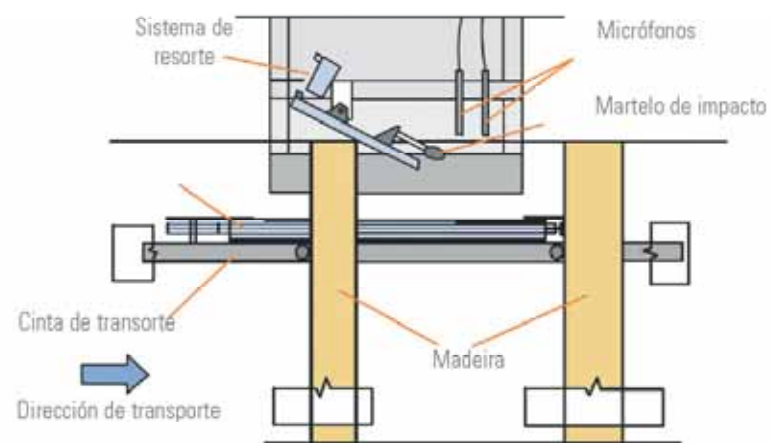
Ersson	Medidas					Velocidade de alimentación
	Carga	Frecha	Dimensións da madeira	Descolado	Nódulosidade	
Medición da carga necesaria para desenvolver unha determinada frecha. Distancia entre rodets: 900 mm	Célula de 0 a 10 kN precisión <1%	NON	Grosor láser Frecha: 2 láser Precisión $\pm 0,1$ mm	NON	4 cámaras CCD 128x128 pixels 8 bits 256 grises	240 m/min

Dynagrade

Este equipo basea o seu funcionamento na estimación do módulo de elasticidade por análise do espectro de vibración da madeira sometida a un choque mecánico. O módulo de elasticidade lonxitudinal é estimado segundo os modelos mecánicos de Bernoulli ou de Timoshenko.



Vista superior do equipo Dynagrade



Detalle do sistema de choque sobre a madeira

Dynagrade	Medidores					Velocidade de alimentación
	Análisis vibratorio	Frecha	Dimensións da madeira	Densidade	Nodosidade	
Análise vibratoria da madeira sometida a un impacto realizado por un pulso mecánico	2 micrófonos dentro del rango 20-20.000 Hz	NON	Lonxitude mediante láser	NON	NON	20-100 pezas/min

