



Compensado de Pinus

Catálogo Técnico - nº 1

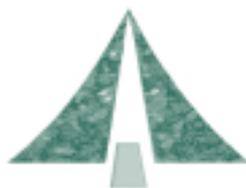
Rev. 0 – Setembro 2002



Compensado de Pinus

Catálogo Técnico - nº 1

Rev.0 - setembro/2002



ABIMCI

Associação Brasileira da Indústria de Madeira Processada Mecanicamente

Alameda Dr. Muricy, 474 – 2º andar

80010-120 – Curitiba – PR – Brasil

Fone/Fax: +55 (41) 225-4358

abimci@abimci.com.br – www.abimci.com.br

Introdução

A Associação Brasileira da Indústria de Madeira Processada Mecanicamente - ABIMCI é uma associação nacional com mais de 150 associados. Participam da ABIMCI empresas envolvidas na produção de madeira serrada, laminados, compensados e produtos de maior valor agregado.

Em 1999, atendendo solicitação das empresas associadas e em resposta a demandas de mercado a ABIMCI decidiu tomar a liderança para desenvolver um sistema nacional de certificação de compensado de pinus. Para desenvolver o sistema foi criado o Programa Nacional de Qualidade do Compensado - PNQC, tendo como objetivo principal disponibilizar ao mercado produtos com especificações conhecidas, fabricados dentro de parâmetros controlados.

Durante o ano 2000 o programa foi estruturado e implantado, tendo sido estabelecido um Conselho, do qual participam representantes das diversas partes interessadas incluindo produtores de compensado, consumidores, participantes da cadeia de comercialização, fornecedores, pesquisadores e especialistas do setor. Entre as atribuições do Conselho encontram-se as definições das políticas e estratégias do Programa, bem como garantir a independência e assegurar a credibilidade do processo de certificação de qualidade.

Com base na experiência adquirida, e atendendo demandas de associados e do mercado o Programa foi ampliado para envolver outros tipos de produtos de madeira sólida, tendo sido transformado no Programa Nacional de Qualidade da Madeira - PNQM. Dentro desta nova abrangência o Programa agora vêm desenvolvendo atividades para certificar além do compensados de pinus o compensado de madeiras tropicais e portas. Outros produtos deverão ser incorporados no futuro.

Este Catálogo Técnico trata especificamente do compensado de pinus. Na primeira parte do documento é apresentada uma abordagem geral sobre a estrutura e aspectos operacionais do PNQM. Na seqüência apresentam-se informações sobre os parâmetros de qualidade, propriedades do compensado de pinus brasileiro e tabelas com deflexões para aplicação das chapas como elemento estrutural.

No anexo I apresenta-se a terminologia definida com base nas normas nacionais e internacionais relacionadas à chapas de compensado.

Programa Nacional de Qualidade da Madeira

Estrutura do programa

Para definir as políticas e estratégias do Programa, bem como para assegurar independência das atividades de certificação e da credibilidade do processo, foi criado o Conselho Nacional de Qualidade da Madeira – CNQM. Os estatutos do Conselho estabelecem que o mesmo é totalmente independente e que seus membros são escolhidos entre as partes interessadas no assunto. O Conselho é constituído por representantes dos seguintes grupos:

- produtores;
- agentes da cadeia de comercialização e distribuição;
- associação de consumidores;
- universidades e institutos de pesquisa;
- fornecedores de insumos.

As responsabilidades do Conselho são estabelecidas em estatuto e incluem:

- definir as diretrizes ao Programa Nacional de Qualidade da Madeira;
- coordenar o trabalho relacionado com a definição e estabelecimento de padrões técnicos e procedimentos de qualidade relativos ao processo de produção dos produtos a serem certificados;
- definir os critérios de certificação de produtores e fornecedores;
- selecionar e qualificar auditores de qualidade;
- aprovar os relatórios de auditoria e emitir os certificados de qualidade;
- decidir no caso de queixa de consumidores e reclamações.

Para implementar as diretrizes e decisões emanadas do CNQM, bem como para coordenar toda a operação do Programa, foi criada uma Secretaria Executiva, que conta com o apoio de departamentos técnicos e consultores independentes.

As auditorias de certificação são executadas por Auditores Externos, independentes, selecionados pelo Conselho com base em critérios que incluem uma análise de sua qualificação técnica e experiência.

Os auditores externos, credenciados pelo CNQM, são instruídos e treinados quanto às suas responsabilidades perante o Programa e quanto aos parâmetros, critérios, requisitos e procedimentos estabelecidos para a condução das Auditorias de Certificação.

O Programa é financeiramente sustentado pelos produtores envolvidos, fornecedores de insumos e outras entidades interessadas em cooperar. Os recursos são alocados em fundos específicos, quais sejam:

- fundo de administração;
- fundo de divulgação e promoção;
- fundo de assistência técnica e desenvolvimento;
- fundo de reclamações.

Processo de certificação

O processo de certificação é apresentado de forma esquemática na figura 01.

Antes da solicitação formal da Auditoria de Certificação a Secretaria Executiva presta serviços de assistência e assessoria técnica aos produtores, com o objetivo de orientá-los quanto aos parâmetros, procedimentos e requisitos exigidos pelo PNQM, para a certificação.

A renovação da certificação é efetuada obrigatoriamente a cada seis meses, no entanto as auditorias poderão ser realizadas a qualquer momento, a critério do Conselho ou quando da ocorrência de reclamações dos consumidores e/ou evidências de que o produtor certificado não esteja cumprindo com as exigências estabelecidas pelo Programa.

Maiores detalhes sobre o PNQM estão disponíveis na publicação “Documentos do Programa Nacional da Qualidade da Madeira”. Cópia do documento poderá ser solicitada à Secretaria Executiva do Programa.

Marca de certificação para compensado

As empresas aprovadas no processo de certificação podem imprimir na face ou na lateral das chapas de compensados a Marca de Certificação conforme padrões definidos pelo CNQM.

A Marca de Certificação possui informações básicas necessárias para identificação do produto, incluindo: fabricante, qualidade da capa e contra-capas, dimensões, aplicação recomendada e outros aspectos.

A figura 02 apresenta a Marca de Certificação adotada pelo Programa Nacional da Qualidade da Madeira, para o compensado de pinus.

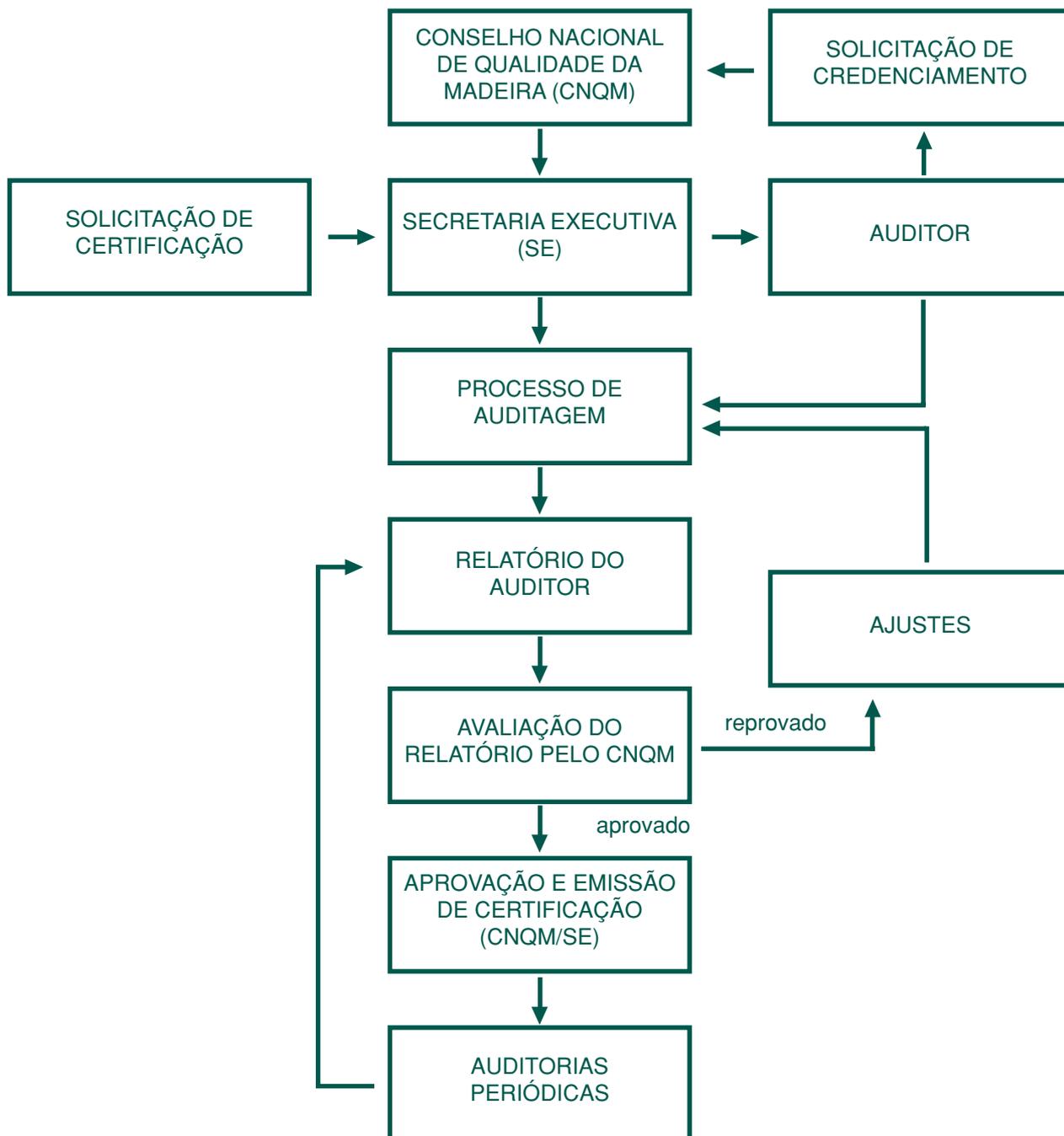


Fig. 01 – Fluxograma do processo de certificação.

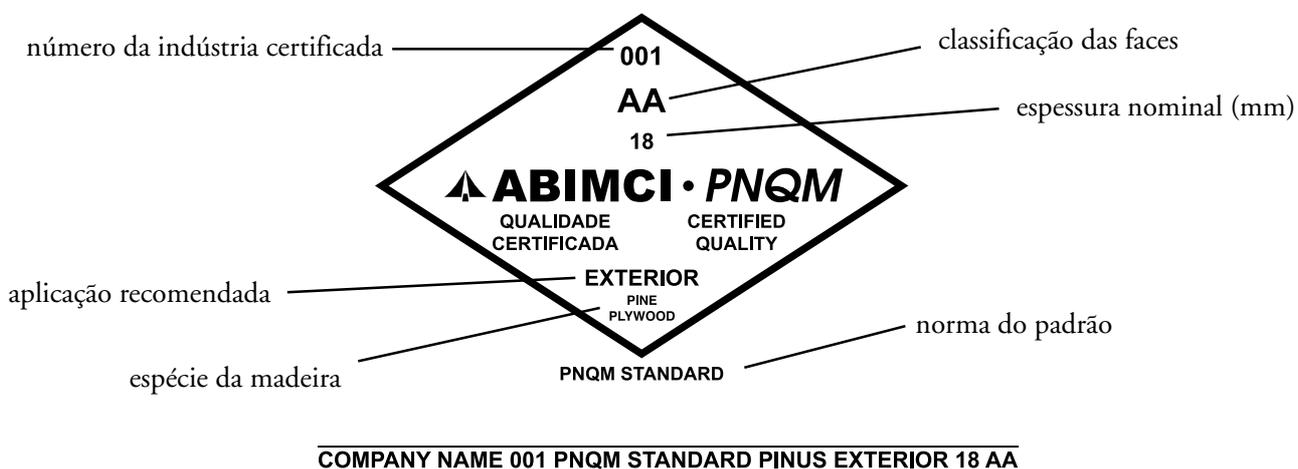


Figura 02 – Marca de certificação do PNQM.

Padrões de qualidade

Tipos básicos de chapas

Para compensado de pinus o Programa considera dois tipos básicos de chapas, quais sejam:

Interior – IR

Chapa colada com resina do tipo interior. As chapas de compensado produzidas com este tipo de resina são recomendadas para utilização em locais protegidos da ação d'água ou alta umidade relativa. Na maioria dos casos as resinas com base em uréia formaldeído são utilizadas.

Exterior – EX

Chapa colada com resina tipo exterior. As chapas de compensados produzidas com este tipo de resina podem ser utilizadas em ambientes externos, locais com alta umidade ou em contato direto com água. Resinas fenólicas são as mais comuns, no entanto, existem outras resinas que podem ser empregadas.

Dimensões e características construtivas

O quadro 01 apresenta as dimensões principais e as características construtivas das chapas de compensado adotadas pelo PNQM, incluindo: espessura, quantidade mínima de lâminas e as tolerâncias dimensionais.

Quadro 01 - Dimensões e características construtivas das chapas de compensados de Pinus.

Espessura da Chapa (mm)	Quantidade mínima de lâminas	Tolerâncias			
		Espessura (%)	Comprimento (mm)	Largura (mm)	
09	05	+/- 5	+0,0/-2,0	+0,0/-2,0	
12					
15					
18	07				
21					
22					09
25					

As chapas padrão têm um comprimento de 2440 mm e largura de 1220 mm. Outras medidas são consideradas como especiais.

Classificação das chapas

As chapas de compensados de pinus são classificadas com base na qualidade da face e contra-face. Os critérios de Classificação levam em consideração o tipo, a quantidade e dimensões dos defeitos apresentados, atribuídos através de inspeção visual.

As possibilidades para classificação do compensado de pinus, estabelecidas pelo PNQM, estão descritas no quadro 02. Exemplos das faces definidas pelo PNQM, para compensado de pinus, são apresentados na figura 03.

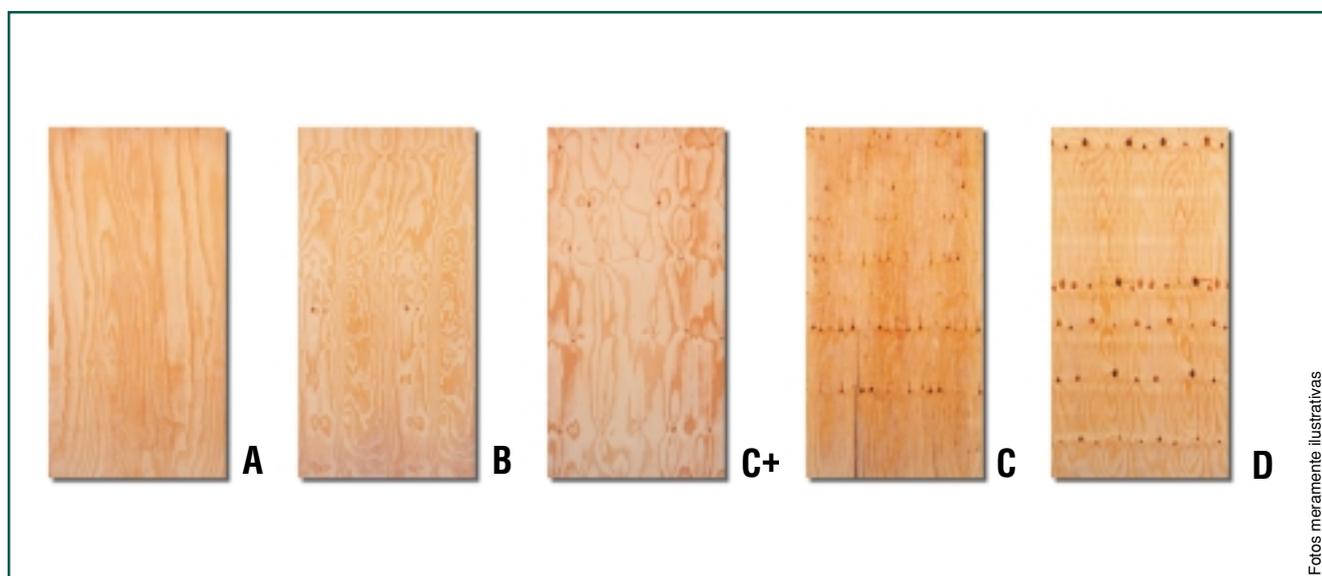


Figura 03 – Qualidades para compensados de Pinus.

Quadro 02 – Critérios para classificação do compensado de Pinus.

CATEGORIAS DE DEFEITOS	QUALIDADE				
	A	B	C+	C	D
NÓ FIRME	Não permitido	Diâmetro máximo de 10 mm, até 10 por face.		Sem limites.	
NÓ SOLTO/NÓ ABERTO	Não Permitido.	Nós soltos e/ou abertos e buracos de instrumentos de usinagem limitados à dimensão máxima de 6 x 12,5 mm, desde que reparados com massa.	Nós soltos e/ou abertos e buracos de instrumentos de usinagem com dimensão não superior a 65 mm de diâmetro, sendo a média menor ou igual a 50 mm, desde que reparados com massa.	Sem limites.	
MIOLO OCO	Miolo oco limitado a 20 mm.		Miolo oco limitado a 50 mm.		Sem limites.
JUNTAS ABERTAS	Não Permitido.		Juntas abertas com largura máxima de 2 mm e reparadas com massa.	Juntas abertas com largura máxima de 5 mm e reparadas com massa.	Sem limites.
TRINCAS	Não Permitido.	Trincas com dimensões máximas de 5 mm de largura e 300 mm de comprimento e recuperadas com massa	Trincas com dimensões máximas de 10 mm de largura e 600 mm de comprimento e recuperadas com massa.	Trincas com dimensões máximas de 15 mm de largura e 700 mm de comprimento e recuperadas com massa.	Sem limites.
EMENDAS NA CAPA	Não Permitido.	Até uma.	Até duas.	Até quatro.	
SUPERPOSIÇÃO (CAVALO)	Não Permitido.	Até 1 por m ² com comprimento máximo de 100 mm.	Até 2 por m ² com comprimento máximo de 400 mm.	Até 2 por m ² com comprimento máximo de 600 mm.	Sem limite.
MANCHA AZUL	Não Permitido		Limitado a 10% da área da face.	Limitado a 20% da área da face.	Sem limite.
REMENDOS COM MADEIRA DE MESMA ESPÉCIE	Não excedendo 25 mm de largura e 200 mm de comprimento, combinados em cor e grã, colados com a mesma resina utilizada na fabricação do painel.	Não excedendo 100 mm de largura e 600 mm de comprimento, combinados em cor e grã, colados com a mesma resina utilizada na fabricação do painel.	Não excedendo 100 mm de largura e 700 mm de comprimento, combinados em cor e grã, colados com a mesma resina utilizada na fabricação do painel.	Sem limite, desde que colados com a mesma resina utilizada na fabricação do painel.	
SOMA DOS DEFEITOS DA FACE (JUNTAS ABERTAS + TRINCAS + REMENDOS + NÓ ABERTO)	O número de reparos não deve ultrapassar a 6 na superfície total da chapa	O número de reparos não deve ultrapassar a 8 na superfície total da chapa	O número de reparos não deve ultrapassar a 30 na superfície total da chapa	Sem restrições	

Propriedades dos painéis

Origem da informação

As informações relacionadas às propriedades físicas e mecânicas apresentadas neste documento são baseadas no material coletado nas indústrias participantes do Programa. A coleta do material iniciou-se nos primeiros meses do ano 2000.

Os testes vêm sendo realizados no Laboratório do Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal da Universidade Federal do Paraná – UFPR, localizado em Curitiba. Este laboratório possui todos os equipamentos para conduzir testes seguindo normas nacionais e internacionais, e uma equipe de alta qualificação.

As propriedades do compensado de pinus, apresentadas neste documento, são resultados de testes em mais de 20.000 corpos de prova obtidos através do material coletado em 18 empresas participantes do Programa. Todas as chapas testadas eram do tipo exterior classificadas como C+/C e não lixadas.

Normas utilizadas

Na determinação das propriedades físicas e mecânicas das chapas de compensados de pinus foram utilizadas normas nacionais e internacionais.

A metodologia e os procedimentos adotados pelo laboratório da UFPR para a realização dos testes estão de acordo com as seguintes normas:

- ASTM-D-3500-90 – Standard Methods of Testing Structural Panels in Tension.
- ASTM-D-3043-95 – Standard Methods of Testing Structural Panels in Flexure.
- ABNT NBR-9484 – Compensado – Determinação do Teor de Umidade.
- ABNT NBR-9485 – Compensado – Determinação da Massa Específica Aparente.
- ABNT NBR-9488 – Amostragem de Compensado para Ensaio.
- ABNT NBR-9489 – Condicionamento de Corpos de Prova de Compensado para Ensaio.
- ABNT NBR-9490 – Lâmina e Compensado de Madeira.
- ABNT NBR-9531 – Chapas de Madeira Compensada.
- ABNT NBR-9532 – Chapas de Madeira Compensada.
- ABNT NBR-9534 – Compensado – Determinação da Resistência da Colagem ao Esforço de Cisalhamento.

Resultados

As propriedades físicas e mecânicas consideradas pelo PNQM como padrão base para as chapas de compensados de pinus brasileiro são apresentadas nos quadros 03 a 07

Para cada propriedade, apresenta-se a média e os valores máximos e mínimos. Os valores máximos e mínimos foram calculados considerando uma variação em relação à média de 1 desvio padrão.

Quadro 03 – Massa específica do compensado de Pinus⁽¹⁾ Brasileiro.

ESPESSURA DA CHAPA (mm)	QUANTIDADE DE LÂMINAS		*kg/m ³
09	05	MÁXIMO	614
		MÉDIO	565
		MÍNIMO	516
12	05	MÁXIMO	573
		MÉDIO	532
		MÍNIMO	491
15	05	MÁXIMO	547
		MÉDIO	512
		MÍNIMO	477
15	07	MÁXIMO	591
		MÉDIO	554
		MÍNIMO	517
18	07	MÁXIMO	564
		MÉDIO	528
		MÍNIMO	492
18	09	MÁXIMO	596
		MÉDIO	559
		MÍNIMO	522
20	07	MÁXIMO	554
		MÉDIO	523
		MÍNIMO	492
20	09	MÁXIMO	585
		MÉDIO	538
		MÍNIMO	491

(1) Chapa C+/C, tipo exterior, não lixado, umidade 10 - 11 %

(*) Os valores máximo e mínimo foram obtidos considerando-se uma variação em relação à média de ± 1 (um) Desvio Padrão.

Quadro 04 – Resistência à flexão estática do compensado de Pinus⁽¹⁾ Brasileiro.

ESPESSURA DA CHAPA (mm)	QUANTIDADE DE LÂMINAS	*kgf/cm ²				
		PARALELA		PERPENDICULAR		
		MOE ⁽²⁾	MOR ⁽³⁾	MOE ⁽²⁾	MOR ⁽³⁾	
09	05	MÁXIMO	118.016	683	30.417	307
		MÉDIO	85.477	498	22.734	224
		MÍNIMO	52.939	313	15.052	142
12	05	MÁXIMO	89.212	527	37.742	348
		MÉDIO	68.990	381	28.389	253
		MÍNIMO	48.768	234	19.036	158
15	05	MÁXIMO	92.132	441	35.435	338
		MÉDIO	69.331	329	26.334	227
		MÍNIMO	46.529	217	17.233	116
15	07	MÁXIMO	89.978	528	45.739	405
		MÉDIO	69.130	395	33.729	295
		MÍNIMO	48.282	263	21.719	184
18	07	MÁXIMO	81.373	459	48.526	410
		MÉDIO	63.383	347	36.228	300
		MÍNIMO	45.392	234	23.931	189
18	09	MÁXIMO	82.201	466	44.605	351
		MÉDIO	70.949	369	36.337	270
		MÍNIMO	59.696	273	28.069	189
20	07	MÁXIMO	74.188	444	47.482	370
		MÉDIO	60.660	329	36.447	274
		MÍNIMO	47.132	213	25.412	177
20	09	MÁXIMO	76.426	419	58.064	438
		MÉDIO	59.520	326	43.869	328
		MÍNIMO	42.613	232	29.674	218

(1) Chapa C+/C, tipo exterior, não lixado, umidade 10 - 11 %.

(2) MOE = Módulo de Elasticidade.

(3) MOR = Módulo de Ruptura.

(*) Os valores máximo e mínimo foram obtidos considerando-se uma variação em relação à média de ±1 (um) Desvio Padrão.

Quadro 05 – Resistência à tração do compensado de Pinus⁽¹⁾ Brasileiro.

ESPESSURA DA CHAPA (mm)	QUANTIDADE DE LÂMINAS	*kgf/cm ²		
		PARALELA	PERPENDICULAR	
09	05	MÁXIMO	429	303
		MÉDIO	317	215
		MÍNIMO	205	126
12	05	MÁXIMO	344	313
		MÉDIO	254	220
		MÍNIMO	165	126
15	05	MÁXIMO	306	269
		MÉDIO	226	196
		MÍNIMO	146	123
15	07	MÁXIMO	338	339
		MÉDIO	262	245
		MÍNIMO	185	151
18	07	MÁXIMO	295	294
		MÉDIO	227	214
		MÍNIMO	160	135
18	09	MÁXIMO	350	267
		MÉDIO	284	204
		MÍNIMO	219	142
20	07	MÁXIMO	283	298
		MÉDIO	221	223
		MÍNIMO	159	147
20	09	MÁXIMO	293	309
		MÉDIO	233	243
		MÍNIMO	174	177

(1) Chapa C+/C, tipo exterior, não lixado, umidade 10 - 11 %.

(*) Os valores máximo e mínimo foram obtidos considerando-se uma variação em relação à média de ±1 (um) Desvio Padrão.

Quadro 06 – Resistência da linha de cola do compensado de Pinus⁽¹⁾ Brasileiro.

ESPESSURA DA CHAPA (mm)	QUANTIDADE DE LÂMINAS	ENSAIO SECO		ENSAIO ÚMIDO		
		TENSÃO (*kgf/cm ²)	FM ⁽²⁾ %	TENSÃO (*kgf/cm ²)	FM ⁽²⁾ %	
09	05	MÁXIMO	38	96	22	68
		MÉDIO	29	62	17	36
		MÍNIMO	21	28	11	5
12	05	MÁXIMO	37	97	21	77
		MÉDIO	28	65	15	43
		MÍNIMO	18	33	10	9
15	05	MÁXIMO	31	89	19	79
		MÉDIO	22	54	13	39
		MÍNIMO	13	19	8	0
15	07	MÁXIMO	39	98	20	87
		MÉDIO	29	68	15	54
		MÍNIMO	19	37	9	20
18	07	MÁXIMO	36	95	19	83
		MÉDIO	28	62	14	48
		MÍNIMO	19	30	8	14
18	09	MÁXIMO	37	74	20	78
		MÉDIO	27	43	14	46
		MÍNIMO	17	12	7	15
20	07	MÁXIMO	34	103	18	96
		MÉDIO	25	73	13	64
		MÍNIMO	16	43	8	31
20	09	MÁXIMO	42	78	22	55
		MÉDIO	30	45	15	29
		MÍNIMO	19	12	9	4

(1) Chapa C+/C, tipo exterior, não lixado, umidade 10 - 11 % para ensaio seco.

(2) FM = Falha na Madeira.

(*) Os valores máximo e mínimo foram obtidos considerando-se uma variação em relação à média de ±1 (um) Desvio Padrão.

Quadro 07 – Resistência à compressão em compensado de Pinus⁽¹⁾ Brasileiro.

ESPESSURA DA CHAPA (mm)	QUANTIDADE DE LÂMINAS	*kgf/cm ²		
		PARALELA	PERPENDICULAR	
09	05	MÁXIMO	333	232
		MÉDIO	250	169
		MÍNIMO	168	106
12	05	MÁXIMO	266	243
		MÉDIO	205	180
		MÍNIMO	143	118
15	05	MÁXIMO	255	207
		MÉDIO	193	168
		MÍNIMO	130	129
15	07	MÁXIMO	277	256
		MÉDIO	207	194
		MÍNIMO	137	132
18	07	MÁXIMO	248	250
		MÉDIO	192	195
		MÍNIMO	136	140
18	09	MÁXIMO	268	217
		MÉDIO	216	174
		MÍNIMO	163	130
20	07	MÁXIMO	240	250
		MÉDIO	181	194
		MÍNIMO	123	137
20	09	MÁXIMO	249	266
		MÉDIO	194	208
		MÍNIMO	140	151

(1) Chapa C+/C, tipo exterior, não lixado, umidade 10 - 11 %.

(*) Os valores máximo e mínimo foram obtidos considerando-se uma variação em relação à média de ±1 (um) Desvio Padrão.

Informações para aplicações estruturais

Parâmetros e metodologia

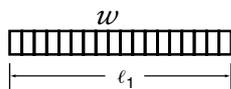
Os cálculos das deflexões das chapas de compensado de Pinus levam em consideração os resultados dos testes e foram baseados em procedimentos de cálculo estruturais e considerando aspectos relevantes de normas internacionais. Detalhes da metodologia podem ser observados no livro texto “Resistência dos Materiais” (Ferdinand P. Beer e E. Russel Johnston, Jr – 1989.).

Foram calculadas as deflexões das chapas considerando sua utilização como forma para concreto, com cargas distribuídas equivalentes a lajes de concreto com espessura de 8, 10, 12 e 15 cm. Como parâmetro básico a massa específica do concreto foi considerada 2.700 kg/m³, desta forma as pressões exercidas respectivamente são aproximadamente 220 kgf/m², 270 kgf/m², 330 kgf/m² e 410 kgf/m².

As equações utilizadas para os cálculos da deflexão são apresentadas abaixo:

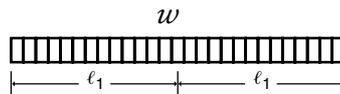
Para um vão

$$f = \frac{w \times \ell^4}{76,8 \times E \times I}$$



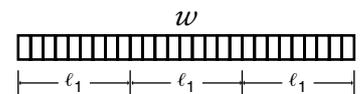
Para dois vãos

$$f = \frac{w \times \ell^4}{185 \times E \times I}$$



Para três ou mais vãos

$$f = \frac{w \times \ell^4}{145,25 \times E \times I}$$



onde:

f = deflexão (m)

w = carga distribuída (N/m²)

ℓ = distância do vão

E = módulo de elasticidade (N/m²)

I = momento de inércia (m⁴/m)

Tabelas com deflexões

As deflexões obtidas a partir de cálculos considerando as propriedades do compensado de pinus são apresentadas nos quadros 08 a 11. As faixas em evidência representam as chapas e seus respectivos vãos que se enquadram numa deflexão de 360 avos ($\ell/360$) da distância do vão, considerado como padrão internacional.

Quadro 08 – Deflexão de chapas de compensados de Pinus⁽¹⁾ Brasileiro (pressão 220 kgf/m²).

DEFLEXÕES EM MILÍMETROS PARA UM VÃO									
Vão		Espessura da Chapa (mm)							
(pol)	(mm)	9	12	15 (5 l)	15 (7 l)	18 (7 l)	18 (9 l)	20 (7 l)	20 (9 l)
12	304,80	0,48	0,25	0,13	0,13	0,08	0,07	0,06	0,06
16	406,40	1,51	0,79	0,40	0,40	0,25	0,23	0,19	0,20
20	508,00	3,68	1,92	0,98	0,98	0,62	0,55	0,47	0,48
24	609,60	7,62	3,98	2,03	2,04	1,28	1,15	0,98	1,00
32	812,80	24,08	12,59	6,41	6,43	4,06	3,63	3,09	3,15
DEFLEXÕES EM MILÍMETROS PARA DOIS VÃOS									
Vão		Espessura da Chapa (mm)							
(pol)	(mm)	9	12	15 (5 l)	15 (7 l)	18 (7 l)	18 (9 l)	20 (7 l)	20 (9 l)
12	304,80	0,20	0,10	0,05	0,05	0,03	0,03	0,03	0,03
16	406,40	0,62	0,33	0,17	0,17	0,11	0,09	0,08	0,08
20	508,00	1,53	0,80	0,41	0,41	0,26	0,23	0,20	0,20
24	609,60	3,16	1,65	0,84	0,84	0,53	0,48	0,41	0,41
32	812,80	10,00	5,23	2,66	2,67	1,69	1,51	1,28	1,31
40	1016,00	24,41	12,76	6,50	6,52	4,11	3,68	3,13	3,19
DEFLEXÕES EM MILÍMETROS PARA TRÊS VÃOS									
Vão		Espessura da Chapa (mm)							
(pol)	(mm)	9	12	15 (5 l)	15 (7 l)	18 (7 l)	18 (9 l)	20 (7 l)	20 (9 l)
12	304,80	0,25	0,13	0,07	0,07	0,04	0,04	0,03	0,03
16	406,40	0,80	0,42	0,21	0,21	0,13	0,12	0,10	0,10
20	508,00	1,94	1,02	0,52	0,52	0,33	0,29	0,25	0,25
24	609,60	4,03	2,11	1,07	1,08	0,68	0,61	0,52	0,53
32	812,80	12,73	6,66	3,39	3,40	2,15	1,92	1,64	1,67
40	1016,00	31,09	16,25	8,28	8,30	5,24	4,68	3,99	4,07

(*) As faixas em evidência representam os valores que atendem uma deflexão de 360 avos da distância do vão.

(1) Qualidade C+/C, exterior, não lixado, paralelo à grã.

(l) Número de lâminas.

Quadro 09 – Deflexão de chapas de compensados de Pinus⁽¹⁾ Brasileiro (pressão 270 kgf/m²).

DEFLEXÕES EM MILÍMETROS PARA UM VÃO									
Vão		Espessura da Chapa (mm)							
(pol)	(mm)	9	12	15 (5 l)	15 (7 l)	18 (7 l)	18 (9 l)	20 (7 l)	20 (9 l)
12	304,80	0,58	0,31	0,16	0,16	0,10	0,09	0,08	0,08
16	406,40	1,85	0,97	0,49	0,49	0,31	0,28	0,24	0,24
20	508,00	4,51	2,36	1,20	1,20	0,76	0,68	0,58	0,59
24	609,60	9,35	4,89	2,49	2,50	1,58	1,41	1,20	1,22
32	812,80	29,56	15,45	7,87	7,89	4,98	4,45	3,80	3,87

DEFLEXÕES EM MILÍMETROS PARA DOIS VÃOS									
Vão		Espessura da Chapa (mm)							
(pol)	(mm)	9	12	15 (5 l)	15 (7 l)	18 (7 l)	18 (9 l)	20 (7 l)	20 (9 l)
12	304,80	0,24	0,13	0,06	0,06	0,04	0,04	0,03	0,03
16	406,40	0,77	0,40	0,20	0,20	0,13	0,12	0,10	0,10
20	508,00	1,87	0,98	0,50	0,50	0,32	0,28	0,24	0,25
24	609,60	3,88	2,03	1,03	1,04	0,65	0,58	0,50	0,51
32	812,80	12,27	6,41	3,27	3,28	2,07	1,85	1,58	1,61
40	1016,00	29,96	15,66	7,98	8,00	5,05	4,51	3,85	3,92

DEFLEXÕES EM MILÍMETROS PARA TRÊS VÃOS									
Vão		Espessura da Chapa (mm)							
(pol)	(mm)	9	12	15 (5 l)	15 (7 l)	18 (7 l)	18 (9 l)	20 (7 l)	20 (9 l)
12	304,80	0,31	0,16	0,08	0,08	0,05	0,05	0,04	0,04
16	406,40	0,98	0,51	0,26	0,26	0,16	0,15	0,13	0,13
20	508,00	2,38	1,25	0,64	0,64	0,40	0,36	0,31	0,31
24	609,60	4,95	2,58	1,32	1,32	0,83	0,74	0,63	0,65
32	812,80	15,63	8,17	4,16	4,17	2,63	2,35	2,01	2,05
40	1016,00	38,16	19,94	10,16	10,19	6,43	5,75	4,90	4,99

(*) As faixas em evidência representam os valores que atendem uma deflexão de 360 avos da distância do vão.

(1) Qualidade C+/C, exterior, não lixado, paralelo à grã.

(l) Número de lâminas.

Quadro 10 – Deflexão de chapas de compensados de Pinus⁽¹⁾ Brasileiro (pressão 330 kgf/m²).

DEFLEXÕES EM MILÍMETROS PARA UM VÃO									
Vão		Espessura da Chapa (mm)							
(pol)	(mm)	9	12	15 (5 l)	15 (7 l)	18 (7 l)	18 (9 l)	20 (7 l)	20 (9 l)
12	304,80	0,71	0,37	0,19	0,19	0,12	0,11	0,09	0,09
16	406,40	2,26	1,18	0,60	0,60	0,38	0,34	0,29	0,30
20	508,00	5,51	2,88	1,47	1,47	0,93	0,83	0,71	0,72
24	609,60	11,43	5,97	3,04	3,05	1,93	1,72	1,47	1,50
32	812,80	36,13	18,88	9,62	9,65	6,09	5,44	4,64	4,73

DEFLEXÕES EM MILÍMETROS PARA DOIS VÃOS									
Vão		Espessura da Chapa (mm)							
(pol)	(mm)	9	12	15 (5 l)	15 (7 l)	18 (7 l)	18 (9 l)	20 (7 l)	20 (9 l)
12	304,80	0,30	0,16	0,08	0,08	0,05	0,04	0,04	0,04
16	406,40	0,94	0,49	0,25	0,25	0,16	0,14	0,12	0,12
20	508,00	2,29	1,20	0,61	0,61	0,39	0,34	0,29	0,30
24	609,60	4,75	2,48	1,26	1,27	0,80	0,71	0,61	0,62
32	812,80	15,00	7,84	3,99	4,01	2,53	2,26	1,93	1,96
40	1016,00	36,62	19,14	9,75	9,78	6,17	5,51	4,70	4,79

DEFLEXÕES EM MILÍMETROS PARA TRÊS VÃOS									
Vão		Espessura da Chapa (mm)							
(pol)	(mm)	9	12	15 (5 l)	15 (7 l)	18 (7 l)	18 (9 l)	20 (7 l)	20 (9 l)
12	304,80	0,38	0,20	0,10	0,10	0,06	0,06	0,05	0,05
16	406,40	1,19	0,62	0,32	0,32	0,20	0,18	0,15	0,16
20	508,00	2,91	1,52	0,78	0,78	0,49	0,44	0,37	0,38
24	609,60	6,04	3,16	1,61	1,61	1,02	0,91	0,78	0,79
32	812,80	19,10	9,98	5,09	5,10	3,22	2,88	2,45	2,50

(*) As faixas em evidência representam os valores que atendem uma deflexão de 360 avos da distância do vão.

(1) Qualidade C+/C, exterior, não lixado, paralelo à grã.

(l) Número de lâminas.

Quadro 11 – Deflexão de chapas de compensados de Pinus⁽¹⁾ Brasileiro (pressão 410 kgf/m²).

DEFLEXÕES EM MILÍMETROS PARA UM VÃO									
Vão		Espessura da Chapa (mm)							
(pol)	(mm)	9	12	15 (5 l)	15 (7 l)	18 (7 l)	18 (9 l)	20 (7 l)	20 (9 l)
12	304,80	0,89	0,46	0,24	0,24	0,15	0,13	0,11	0,12
16	406,40	2,81	1,47	0,75	0,75	0,47	0,42	0,36	0,37
20	508,00	6,85	3,58	1,82	1,83	1,15	1,03	0,88	0,90
24	609,60	14,20	7,42	3,78	3,79	2,39	2,14	1,82	1,86
DEFLEXÕES EM MILÍMETROS PARA DOIS VÃOS									
Vão		Espessura da Chapa (mm)							
(pol)	(mm)	9	12	15 (5 l)	15 (7 l)	18 (7 l)	18 (9 l)	20 (7 l)	20 (9 l)
12	304,80	0,37	0,19	0,10	0,10	0,06	0,06	0,05	0,05
16	406,40	1,16	0,61	0,31	0,31	0,20	0,18	0,15	0,15
20	508,00	2,84	1,49	0,76	0,76	0,48	0,43	0,37	0,37
24	609,60	5,90	3,08	1,57	1,57	0,99	0,89	0,76	0,77
32	812,80	18,63	9,74	4,96	4,98	3,14	2,81	2,39	2,44
DEFLEXÕES EM MILÍMETROS PARA TRÊS VÃOS									
Vão		Espessura da Chapa (mm)							
(pol)	(mm)	9	12	15 (5 l)	15 (7 l)	18 (7 l)	18 (9 l)	20 (7 l)	20 (9 l)
12	304,80	0,47	0,25	0,12	0,13	0,08	0,07	0,06	0,06
16	406,40	1,48	0,78	0,40	0,40	0,25	0,22	0,19	0,19
20	508,00	3,62	1,89	0,96	0,97	0,61	0,55	0,47	0,47
24	609,60	7,51	3,93	2,00	2,01	1,27	1,13	0,96	0,98
32	812,80	23,73	12,41	6,32	6,34	4,00	3,57	3,05	3,11

(*) As faixas em evidência representam os valores que atendem uma deflexão de 360 avos da distância do vão.

(1) Qualidade C+/C, exterior, não lixado, paralelo à grã.

(l) Número de lâminas.

Para facilitar a aplicação das informações apresentadas neste Catálogo Técnico, apresenta-se no quadro 12 as pressões máximas para que seja atendido o requisito $\ell/360$, estipulado por normas internacionais. A informação também é apresentada de forma gráfica na figura 04.

Quadro 12 – Cargas máximas em compensados de Pinus⁽¹⁾ Brasileiro, para deflexão de $\ell/360$ ⁽²⁾.

PRESSÃO EM kgf/m ² PARA UMA DEFLEXÃO DE $\ell/360$									
Vão		Espessura da Chapa (mm)							
(pol)	(mm)	9	12	15 (5 l)	15 (7 l)	18 (7 l)	18 (9 l)	20 (7 l)	20 (9 l)
12	304,8	739,9	1415,5	2778,3	3425,4	4389,1	4845,4	5762,1	5653,8
16	406,4	312,1	597,2	1172,1	1445,1	1851,7	2044,1	2430,9	2385,2
20	508,0	159,8	305,8	600,1	739,9	948,0	1046,6	1244,6	1221,2
24	609,6	92,5	176,9	347,3	428,2	548,6	605,7	720,3	706,7
32	812,8	39,0	74,6	146,5	180,6	231,5	255,5	303,9	298,1
40	1016,0	20,0	38,2	75,0	92,5	118,5	130,8	155,6	152,7
48	1219,2	11,6	22,1	43,4	53,5	68,6	75,7	90,0	88,3

(1) Qualidade C+/C, exterior, não lixado, paralelo à grã.

(2) 360 avos da distância do vão.

(l) Número de lâminas.

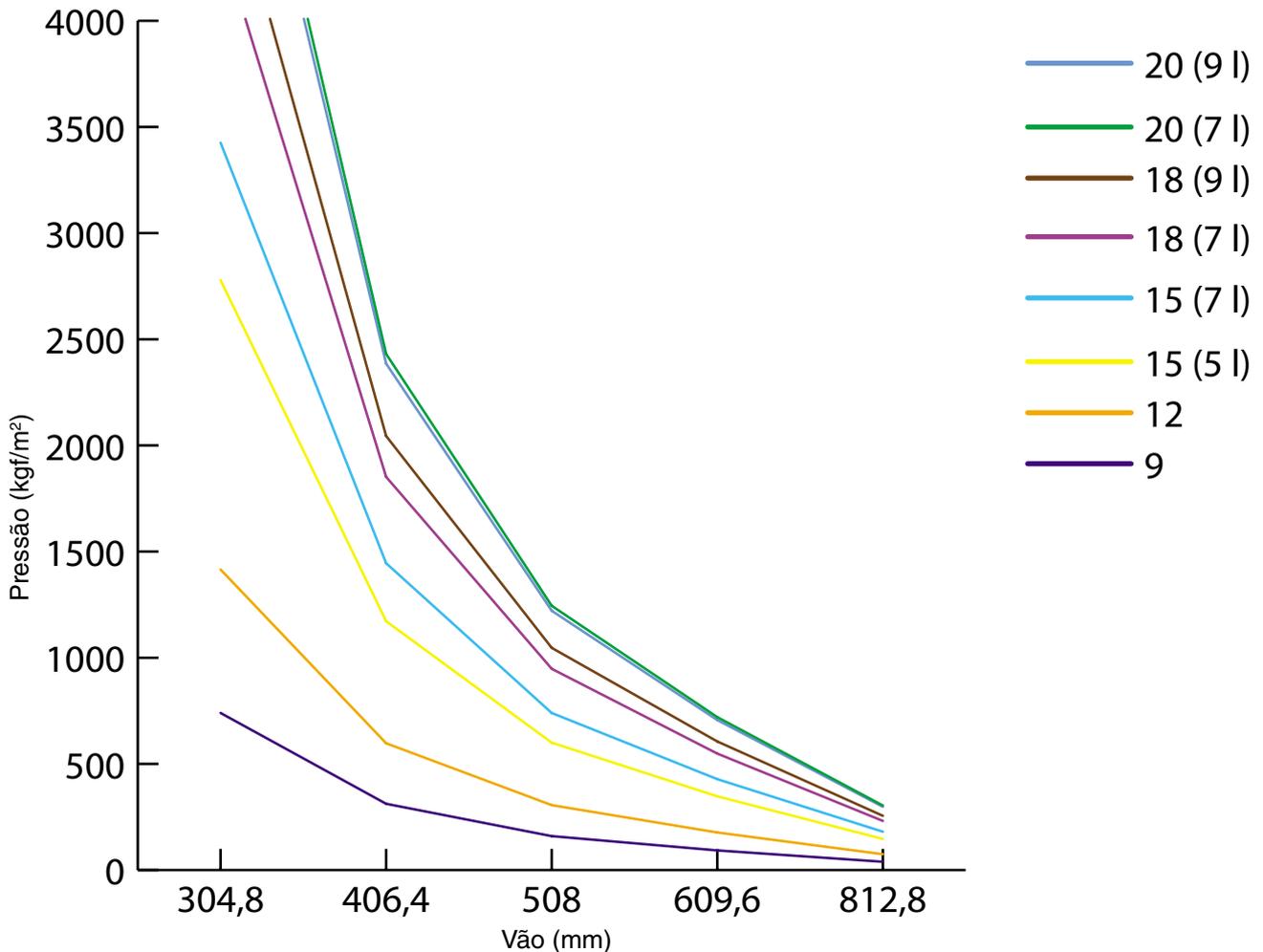


Figura 04 – Carregamentos máximos em compensados de Pinus⁽¹⁾ que atendem o requisito $\ell/360$ ⁽²⁾.

(1) Qualidade C+/C, exterior, não lixado, paralelo à grã.

(2) 360 avos da distância do vão, para 3 ou mais vãos.

Exemplo de aplicação prática das informações

Desejam-se conhecer a deflexão máxima para uma chapa de compensado de pinus com 12 mm de espessura, 5 lâminas, submetida a uma carga uniformemente distribuída equivalente a 350 kgf/m^2 e apoiada sobre quatro apoios equidistantes, com seção transversal de $150 \times 150 \text{ mm}$.

1. Cálculo da distância dos vãos:

Considerando que uma chapa padrão possui 2,44 m de comprimento e que serão utilizados apoios com seção transversal de $150 \times 150 \text{ mm}$, têm-se três vãos com 613 mm. Como ilustrado na figura 05.



Figura 05 – Croqui da configuração idealizada.

2. Cálculo da deflexão:

O cálculo foi baseado na aplicação direta da equação para três ou mais vãos (equação 3). Foram considerados os dados descritos abaixo:

$$w = 350 \text{ kgf/m}^2$$

$$E = 68990 \text{ kgf/cm}^2 \text{ (do quadro 04)}$$

$$\ell = 0,613 \text{ m}$$

$$e = 12 \text{ mm}$$

O valor da deflexão calculado foi:

$$f = 3,42 \text{ mm}$$

Como pode ser observado o valor da deflexão não atende ao especificado. Assim sendo e Considerando-se a necessidade de manter o vão de 613 mm e a deflexão máxima de 1,70 mm ($\ell/360$), qual(is) a(s) espessura(s) da(s) chapa(s) de compensado de pinus a ser(em) utilizada(s) para estarem de acordo com o limite especificado ($\ell/360$)?

A definição da espessura do painel a ser utilizado é facilitado pela utilização dos dados apresentados em forma gráfica. Como pode-se observar na figura 6, para o caso analisado será requerido um painel com 15 mm de espessura.

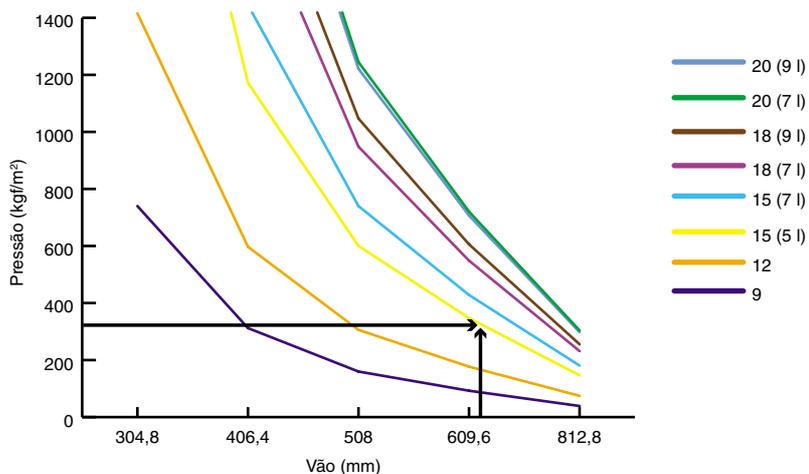


Figura 06 – Exemplo de obtenção da espessura mínima da chapa de compensado.

Literatura e documentos citados

- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS – **Standard Methods of Testing Structural Panels in Tension – ASTM-D-3500-90**, 1990.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS – **Standard Methods of Testing Structural Panels in Flexure – ASTM-D-3043-95**, 1995.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MADEIRA PROCESSADA MECÂNICAMENTE - ABIMCI. **Documentos do Programa Nacional de Qualidade da Madeira**, 2001.
 - Histórico.
 - Estrutura organizacional.
 - Regimento interno do CNQM.
 - Procedimento para certificação de produtores de compensados.
 - Procedimento para certificação de fornecedores de insumos.
 - Procedimento para qualificação de auditores externos.
 - Procedimento para realização de auditorias.
 - Procedimento operacional do fundo de promoção e divulgação.
 - Procedimento operacional do fundo de assistência técnica.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – **ABNT NBR-9484 – Compensado – Determinação do Teor de Umidade**, 1996.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – **ABNT NBR-9485 – Compensado – Determinação da Massa Específica Aparente**, 1996.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – **ABNT NBR-9488 – Amostragem de Compensado para Ensaio**, 1996.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – **ABNT NBR-9489 – Condicionamento de Corpos de Prova de Compensado para Ensaio**, 1996.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – **ABNT NBR-9490 – Lâmina e Compensado de Madeira**, 1996.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – **ABNT NBR-9531 – Chapas de Madeira Compensada**, 1996.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – **ABNT NBR-9532 – Chapas de Madeira Compensada**, 1996.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – **ABNT NBR-9534 – Compensado – Determinação da Resistência da Colagem ao Esforço de Cisalhamento**, 1996.
- BEER, F.; JOHNSTON JR, R – **Resistência dos Materiais**. São Paulo: Makron Books, 2ª edição, p.653, 1989.

Informações/Contatos

Secretaria Executiva do CNQM.
Alameda Dr. Muricy, 474 - 2º andar.
80010-120 - Curitiba - PR - Brasil
Fone: +55 (41) 225-4358
Fax: +55 (41) 225-4358
Email: abimci@abimci.com.br

Terminologia

Capa - O melhor lado de um compensado de qualquer classe; também ambos os lados de um compensado que não apresentam distinção entre faces.

Colagem - Ligação através de um composto ou substância adesiva.

Compensado - Pannel normalmente composto de lâminas cruzadas entre si .

Composição - Arranjo das lâminas na fabricação do compensado.

Contra capa - Lado de um pannel constituído de lâminas de qualidade inferior em relação à capa.

Corpo de prova - espécime ou fração de espécime de acordo com o ensaio a ser realizado.

Defeito aberto - Qualquer irregularidade tais como trincas, rachas, juntas abertas, fissuras, furos de nó ou nós soltos que modificam a regularidade da superfície da lâmina.

Defeito - Qualquer irregularidade na lâmina que possa causar redução na resistência mecânica.

Emassamento - Utilização de massa ou reparadores sintéticos para reparos de pequenos defeitos em painéis.

Falha/Vazio - Abertura ocasionada pela falha na junção entre as lâminas intermediárias ou pela trinca existente nas mesmas.

Falha da madeira - Rompimento da madeira na área de colagem quando submetida ao ensaio de cisalhamento.

Junta - União formada por duas lâminas.

Junta aberta - Falha de junção ou separação de duas lâminas adjacentes, resultando em uma abertura usualmente encontrada em lâminas com junta de borda.

Lâmina - Folha fina de madeira com a qual o compensado é feito.

Mancha azul - Alteração da cor natural da madeira pela ação de fungos.

Massa - Compostos de materiais de dois ou mais componentes que possuem alto desempenho em termos de compatibilidade com adesivo, durabilidade e resistência ao intemperismo.

Miolo oco - Abertura causada pela falha na junção das lâminas de preenchimento.

Nó aberto - Vazios resultantes de desprendimento de nós.

Nó firme/Nó - Característica natural da madeira que ocorre onde a base do galho é engastada no tronco da árvore.

Qualidade - Para a classificação de cada tipo básico de pannel (interno ou externo), existem várias classificações baseadas na qualidade da capa e contra capa e na construção do pannel.

Remendo - Inserção de madeira sã ou material sintético em lâminas ou pannel, em substituição à porção defeituosa que tenha sido removida.

Resina fenólica - Resina sintética produzida pela condensação do fenol (fenol, cresol, xileno, resorcinol), com um aldeído (formaldeído, furfuraldeído).

Resina uréica - Resina sintética derivada da reação de uréia com formadeído.

Superposição (Cavalo) - Condição em que as lâminas adjacentes se sobrepõem durante a junção de borda, resultando em ondulação na superfície.

Teor de umidade - Massa de água contida no compensado expressa como uma porcentagem da massa seca do compensado.

Trinca - Separação das fibras da madeira que se estende na direção do eixo longitudinal da peça e atinge (na direção da grã) toda a espessura da mesma, produzida por agentes mecânicos ou nas condições de secagem.



ABIMCI

Associação Brasileira da Indústria de Madeira Processada Mecanicamente

Alameda Dr. Muricy, 474 – 2º andar – 80010-120 – Curitiba – PR – Brasil

Fone/Fax: +55 (41) 225-4358

abimci@abimci.com.br – www.abimci.com.br