

COMPENSADOS SARRAFEADOS: QUALIDADE DA MADEIRA, ASPECTOS DE PRODUÇÃO E APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS

Lourival Marin Mendes¹
Carlos Eduardo Camargo de Albuquerque²
Setsuo Iwakiri³

1. Considerações iniciais

A produção de compensados sarrafeados torna-se uma opção exequível quando há possibilidade de aproveitamento de resíduos de serraria, principalmente daqueles constituídos de pequenas peças de madeira normalmente descartadas, e quando aproveitadas, destinam-se apenas à geração de energia, ou então, como ocorre na Região Norte, segundo Bernardi (1998), simplesmente incineradas por falta de utilização viável. Na utilização desses resíduos para confecção de compensados sarrafeados, agrega-se valor ao utilizá-los como parte central desses compensados. Outrossim, outra fonte de matéria-prima a se considerar seria as árvores de pequenos diâmetros, obtidas dos primeiros desbastes de florestas plantadas dos gêneros *Pinus* e *Eucalyptus*, geralmente descartadas.

1. Professor Assistente DCF/UFLA e Doutorando em Engenharia Florestal/UFPR

2. Professor Assistente DPF/IF/UFRRJ e Doutorando em Engenharia Florestal/UFPR

3. Professor Titular DETR/UFPR

Deve-se levar em consideração que nem todas as peças descartadas da serraria, assim como nem todos os tipos de madeira, podem ser utilizados, uma vez que o custo de preparação dos sarrafos se elevaria, em razão do aumento das operações de aplainamento e junções dos sarrafos. Além disso, a qualidade final dos painéis poderia ser afetada, com a existência de gradientes elevados de anisotropia, recomendando-se, portanto, baixos valores desse coeficiente nas peças a serem empregadas.

A produção de compensados sarrafeados ainda é reduzida, atingindo uma faixa de apenas 25 a 35% dos painéis compensados produzidos em geral e, por consequência, o seu consumo situa-se no baixo nível de 0,25 a 0,35m³ por m³ de compensado laminado.

O termo compensado sarrafeado (“blockboard”) deve-se ao método de fabricação, que consiste em formar a parte central do painel (miolo), colando-se madeira serrada (sarrafo) em blocos sendo o conjunto, então, revestido com lâminas. Para fabricação desses painéis, utilizam-se sarrafos de madeira de tamanhos variados, colocados um ao lado do outro. Os sarrafos são, em geral, estreitos mas a sua altura pode variar com a espécie, o método de fabricação, a aplicação final, dentre outros fatores. Frequentemente, empregam-se sarrafos curtos, unidos topo a topo, cuja colagem pode ser realizada apenas nos topos, por completo, e, em alguns casos, a mesma pode ser até suprimida; nesse caso, os sarrafos são mantidos juntos apenas pela ação das lâminas capa.

Segundo Iwakiri (1998), os compensados sarrafeados podem ser utilizados para uso interno, na fabricação de móveis, painéis divisórias, além de outros serviços de carpintaria.

1.1. Objetivos

Discutir as variáveis da madeira em relação às características desejáveis nos sarrafos destinados à produção de compensado sarrafeado, bem como a influência dessas variáveis no processo de produção, e o comportamento do produto em uso. Outro aspecto em discussão consiste na possibilidade de utilização de resíduos do processamento primário da madeira.

2. Conceito

Segundo Iwakiri (1998), o compensado sarrafeado consiste de um painel fabricado com a parte central constituída de sarrafos, que são colados lateralmente e revestidos com lâminas, formando a capa e contracapa. Inicialmente, a lâmina correspondente à contracapa funciona como camada de transição, com a grã no sentido perpendicular ao miolo e, finalmente, a lâmina da capa, de melhor qualidade, com grã no sentido paralelo dos sarrafos que compõem o miolo (Figura 1).

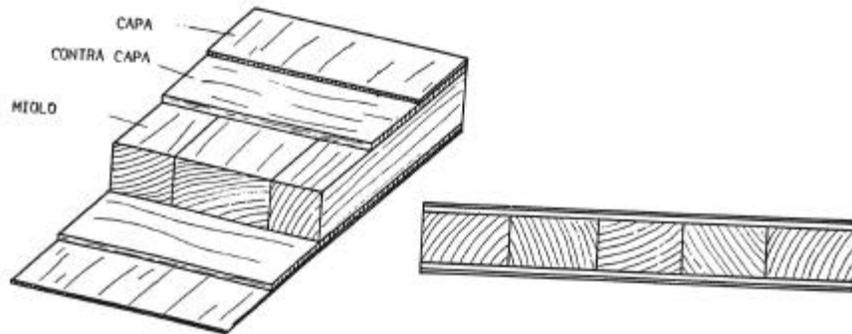


FIGURA 1 – Princípio de construção de um compensado sarrafeado

Fonte: Keinert Jr. (1989)

Na Figura 2 os perfis de compensado sarrafeado, são destacados evidenciando o miolo, as lâminas da contracapa e da capa, além da disposição aleatória dos anéis de crescimento dos sarrafos.

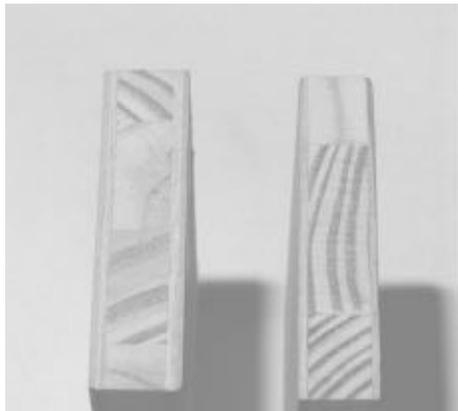


FIGURA 2 – Amostras de compensado sarrafeado

Com relação às peças de madeira serrada, essas são classificadas de acordo com a espessura e largura, seguindo a padronização da norma NBR 7203, como apresentado no Quadro 1.

QUADRO 1 - Madeira serrada e beneficiada – Padronização NBR 7203

Peças	Espessura (cm)	Largura (cm)
Pranchões	>7,0	>20,0
Prancha	4,0 – 7,0	>20,0
Viga	>4,0	11,0 – 20,0
Vigota	4,0 – 8,0	8,0 – 11,0
Caibro	4,0 – 8,0	5,0 – 8,0
Tábua	1,0 – 4,0	>10,0
Sarrafo	2,0 – 4,0	2,0 – 10,0
Ripa	<2,0	<10,0

Fonte: ABNT (1982)

3. ETAPAS DE PRODUÇÃO DOS COMPENSADOS SARRAFEADOS

Considerando a produção industrial de um compensado sarrafeado, essa segue normalmente as etapas apresentadas no fluxograma constante na Figura 3.

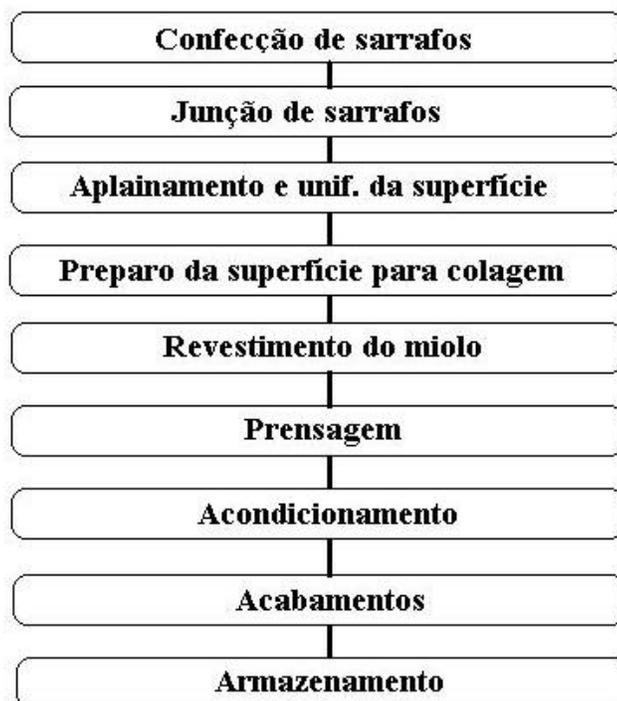


FIGURA 3 – Fluxograma simplificado do processo de produção de compensado sarrafeado.

3.1. CONFECCÃO DOS SARRAFOS

Antes da confecção dos sarrafos, deve-se tomar cuidado na seleção do material quanto à espécie ou tipo de madeira a ser utilizada. Esse aspecto deve ser levado em consideração, em virtude das possíveis características anisotrópicas exageradas da madeira, ou seja, as grandes diferenças entre a

contração tangencial e radial, certamente proporcionarão aos painéis alta instabilidade dimensional, resultando no surgimento de defeitos e, conseqüentemente, em um produto final de má qualidade ou, até mesmo, podendo levar à perda total do painel.

Segundo Mendes, Albuquerque e Iwakiri (1999), as propriedades da madeira mais importantes requeridas para a escolha dos sarrafos na produção de compensados sarrafeados são as seguintes: umidade; massa específica; contração radial (CR); contração tangencial (CT); contração volumétrica (CV); coeficiente de anisotropia (CT/CR) e coeficiente de retratibilidade volumétrica.

No Quadro 2 são apresentadps os valores de contração radial e tangencial de algumas folhosas e coníferas. Baseando-se na análise e comparação dos valores apresentados, pode-se optar pela melhor espécie a ser utilizada na obtenção dos sarrafos. Outrossim, observa-se ainda, pelo mesmo Quadro, uma grande variabilidade nos valores de contração entre as espécies apresentadas. Segundo Keinert Jr. (1989), para minimizar o inchamento dos painéis sólidos, deve-se selecionar tábuas obtidas, radialmente, de espécies com baixa contração radial, a exemplo da Teca, Pinus, e Mogno. Deve-se evitar espécies como Eucalyptus, Betula, Faia, Nogueira e o Carvalho. No entanto, estas madeiras são exóticas, com exceção do mogno (*Swietenia macrophylla King.*), servindo de base apenas para ilustração do problema das contrações, na utilização dos sarrafos na produção de painéis sarrafeados.

dos. No caso da flora brasileira, a alta diversidade de espécies florestais certamente resultará numa elevada variação ainda maior em valores anisotrópicos; contudo, em virtude dessa mesma diversidade florestal, aumenta-se a possibilidade de escolha de madeiras apropriadas.

QUADRO 2 – Contração e inchamento de algumas folhosas e coníferas

Espécie	Ra	Rb	Ta	Tb	T/R	CR	CT
<i>Fagus grandifolia</i> Ehrh.	5,1	0,20	11,0	0,42	2,16	0,61	1,27
<i>Eucalyptus citriodora</i> Hook	6,6	0,26	9,5	0,38	1,44	0,79	1,16
<i>Pinus taeda</i> L.	4,3	0,17	6,0	0,24	1,40	0,52	0,73
<i>Pinus elliottii</i> Engelm.	3,5	0,14	5,4	0,22	1,54	0,43	0,67
<i>Betula alleghaniensis</i> Britton.	7,2	0,28	9,2	0,35	1,28	0,83	1,07
<i>Prunus serrotina</i> Ehrh.	3,7	0,14	7,1	0,27	1,92	0,43	0,81
<i>Ulmus americana</i> L.	4,2	0,16	9,5	0,37	2,26	0,48	1,12
<i>Swietenia macrophylla</i> King.	3,6	0,14	5,0	0,19	1,39	0,43	0,58
<i>Acer saccharinum</i> L.	3,0	0,12	7,2	0,28	2,40	0,36	0,86
<i>Quercus rubra</i> L.	4,0	0,15	8,2	0,32	2,05	0,46	0,97
<i>Quercus alba</i> L.	5,3	0,20	9,0	0,35	1,70	0,61	1,07
<i>Tectona grandis</i> L.f.	2,3	0,09	4,2	0,16	1,83	0,28	0,48
<i>Juglans nigra</i> L.	5,5	0,21	7,8	0,30	1,42	0,63	0,91
<i>Liriodendron tulipifera</i> L.	4,0	0,15	7,1	0,27	1,78	0,46	0,81

Fonte: Keinert Jr.(1989) Ra – contração radial do estado verde para seco (%); Rb – contração radial para cada 1% de mudança (%); Ta – contração tangencial do estado verde para seco (%); Tb – contração tangencial para cada 1% de mudança (%); T/R – razão tangencial/radial ou coeficiente de anisotropia; CR e CT – contração ou inchamento de tábuas de 30,48cm de largura para

cada 10% de mudança no teor de umidade, nos planos radial e tangencial respectivamente.

No quadro 3, são apresentadas as contrações das principais madeiras brasileiras, e no quadro 4, encontram-se os valores anisotrópicos correspondentes a algumas espécies de eucalipto.

QUADRO 3 – Características das principais madeiras brasileiras

Espécie	D	CR	CT	CV	CT/CR	CRV
Açacu (<i>Hura crepitans</i> L.)	0,40	3,2	4,9	8,6	1,53	0,32
Acapu (<i>Vouacapoua americana</i> Aubl.)	0,91	4,9	7,1	14,0	1,44	0,67
Acariquara (<i>Minuartia guianensis</i> Aubl.)	1,04	5,8	9,0	15,9	1,55	0,66
Achuarana* (<i>Vantanea cupularis</i> Hub.)	1,07	10,4	10,5	24,5	1,00	0,89
Açoita-cavalo (<i>Luehea divaricata</i> Mart.)	0,64	3,5	8,3	12,4	2,37	0,46
Almecegueira (<i>Protium heptaphyllum</i> March.)	0,75	5,7	11,7	19,3	2,05	0,59
Amapá (<i>Brossimum parinarioides</i> Ducke)	0,68	5,0	8,7	14,7	1,74	0,58
Amarelinho (<i>Hellietta longifoliata</i> Britt.)	0,98	6,2	10,4	18,9	1,67	0,74
Amburana (<i>Amburana cearensis</i> Fr.Allem.)	0,60	2,9	6,2	9,3	2,13	0,45
Amendoim (<i>Pterogyne nitens</i> Tul.)	0,77	3,5	6,5	11,0	1,85	0,50
Andiroba (<i>Carapa guianensis</i> Aubl.)	0,72	4,3	7,4	13,4	1,72	0,50
Angelim (<i>Vatairea heteroptera</i> Ducke)	0,93	6,7	11,9	21,3	1,77	0,83
Angelim-araroba (<i>Vataireopsis araroba</i> (Aguiar) Ducke)	0,68	4,6	6,5	11,0	1,41	0,58
Angelim-rosa (<i>Platycyamus regnellii</i> Benth.)	0,81	4,1	7,3	12,7	1,78	0,55
Angelim-vermelho (<i>Dinizia excelsa</i> Ducke)	1,09	4,2	6,6	14,6	1,57	0,64
Angico-preto (<i>Anadenanthera macrocarpa</i> (Benth.) Brenae)	1,05	4,9	8,1	13,9	1,65	0,67
Angico-vermelho (<i>Parapiptadenia rigida</i> (Benth.) Brenae)	0,85	3,8	8,4	14,2	2,21	0,54
Araçá-da-mata (<i>Psidium riparium</i> Mart.)	0,96	4,7	13,6	21,5	2,89	0,59

Araribá (*Centrolobim robustum* (Vell.) Mart.) 0,79 3,1 5,8 9,7 1,87 0,49

Continua...

Continuação Quadro 3

Aroeira-do-sertão (<i>Astronium urundeuva</i> (Fr. Allem) Engl.)	1,19	3,8	7,2	12,6	1,89	0,54
Bacuri (<i>Platonia insignis</i> Mart.)	0,83	4,6	8,1	13,4	1,76	0,72
Baguaçu (<i>Talauma ovalata</i> St. Hill)	0,56	3,9	9,4	14,4	2,41	0,50
Barriga-d'água (<i>Hidrogaster trinerve</i> Kuhlmann)	0,63	3,4	9,1	13,4	2,67	0,52
Bicuíba-rosa (<i>Virola officinalis</i> (Mart.) Warb.)	0,74	5,6	12,0	14,7	2,14	0,46
Boleiro (<i>Joannesia princeps</i> Vell.)	0,49	3,0	6,5	10,9	2,16	0,44
Bracatinga (<i>Mimosa scabrella</i> bentham.)	0,67	5,0	12,8	18,6	2,56	0,59
Braúna-preta (<i>Melanoxylon brauna</i> Schott)	1,05	3,6	7,4	10,5	2,05	0,50
Bucuva (<i>Virola oleifera</i> (Schott) A. C. Smith)	0,61	4,6	9,0	15,4	1,95	0,53
Cabriúva-parda (<i>Myrocarpus frondosus</i> Fr. Allem.)	0,91	3,6	7,4	12,8	2,05	0,55
Cabriúva-vermelha (<i>Myroxylon balsamum</i> (L.) Harms.)	0,95	4,0	6,7	11,0	1,67	0,52
Caingá (<i>Moldenhawera blanchetiana</i> Tul.)	0,81	4,3	10,5	16,7	2,44	0,69
Caixeta (<i>Simarouba versicolor</i> St. Hill.)	0,48	3,1	6,7	10,7	2,16	0,43
Caixeta (<i>Tabebuia cassinioides</i> (Lam.) P.D.C.)	0,39	3,3	5,9	10,0	1,78	0,34
Caixeta (<i>Didymopanax morototoni</i> Decne et. Planch.)	0,55	4,2	8,6	17,2	2,04	0,50
Caju-açu (<i>Anacardium giganteum</i> Hanc. Ex. Engl.)	0,52	3,4	6,3	10,3	1,85	0,43
Canafístula (<i>Cassia ferruginea</i> Schrad)	0,87	2,7	6,0	9,7	2,22	0,50
Candeia; Cambará (<i>Moquinia polymorpha</i> (Less.) DC.)	0,75	4,0	6,8	12,6	1,70	0,45
Canela-batalha (<i>Cryptocarya mandioccana</i> Meissn)	0,72	4,2	9,9	16,5	2,35	0,58
Canela-branca (<i>Cryptocarya moschata</i> (Nees	0,58	3,3	8,8	13,1	2,66	0,47

& Mart.) Mez.)

Continua...

Continuação Quadro 3

Canela-ferrugem (<i>Nectandra rigida</i> Nees)	0,54	3,9	6,7	11,6	1,71	0,47
Canela-rosa (<i>Persea racemosa</i> Hoehne)	0,68	4,5	8,1	16,2	1,80	0,52
Canela-sassafrás (<i>Ocotea pretiosa</i> (Nees) Mez.)	0,76	4,1	11,0	16,0	2,68	0,47
Canjerana (<i>Cabralea canjerana</i> Sald.)	0,67	3,6	7,0	11,6	1,94	0,46
Capixingui (<i>Croton floribundus</i> Spreng.)	0,60	3,2	9,0	14,0	2,81	0,53
Caroba; Jacarandá-branco (<i>Jacaranda semi-serrata</i> Cham.)	0,57	3,4	11,1	20,8	3,26	0,41
Carvalho brasileiro (<i>Euplassa cantareirae</i> Sleumer)	0,68	3,2	14,0	20,3	4,37	0,64
Castanheira (<i>Bertholletia excelsa</i> H.B.K.)	0,75	4,3	8,4	13,2	1,95	0,54
Caviúna (<i>Machaerium scleroxylon</i> Tul.)	0,88	2,9	6,7	10,6	2,30	0,52
Cega-olho (<i>Pachystroma illicifolium</i> Muell. Arg.)	0,80	4,5	9,2	14,2	2,04	0,53
Coerana (<i>Chrysophyllum viride</i> Mart. Et Eichl. Ex Miq.)	0,70	4,3	11,2	17,1	2,60	0,59
Copaíba (<i>Copaifera cf langsdorffii</i>)	0,70	4,1	6,7	11,5	1,63	0,49
Copaíba (<i>Copaifera cf reticulata</i>)	0,78	4,2	8,1	12,5	1,92	0,52
Coração-de-negro (<i>Poecilanthe parviflora</i> Benth.)	0,99	4,0	8,0	14,4	2,00	0,60
Cumarú (<i>Dipteryx odorata</i> (Aubl.) Willd.)	1,09	5,3	8,2	13,6	1,54	0,00
Cumbaru; Baru (<i>Dipteryx alata</i> Vog.)	1,10	4,9	7,3	12,5	1,48	0,61
Cupiúba (<i>Goupia glabra</i> Aubl.)	0,87	4,8	9,1	16,1	1,89	0,62
Cuvantã (<i>Cupania vernalis</i> Camb.)	0,82	5,8	10,5	18,1	1,81	0,64
Faia (<i>Emmotum nitens</i> (Benth.) Miers.)	0,93	3,4	13,4	18,0	3,94	0,72
Fava-arara-tucupi (<i>Parkia paraensis</i> Ducke)	0,39	3,2	7,7	11,6	2,40	0,46
Fava-bolota; Faveira-bolota (<i>Parkia pendula</i> Benth.)	0,57	2,4	7,1	9,9	2,95	0,42
Fava-de-rosca (<i>Enterolobium schomburgkii</i> Benth.)	0,79	2,8	9,1	14,1	3,25	0,57

Continuação Quadro 3

Fava-tamboril (<i>Enterolobium maximum</i> Duke)	0,405	2,4	4,7	0,0	1,95	0,00
Faveiro (<i>Pterodon pubescens</i> Benth.)	0,94	3,5	6,8	12,0	1,94	0,63
Freijó (<i>Cordia goeldiana</i> Huber)	0,59	3,2	6,7	9,1	2,09	0,48
Garapa; Grapiapunha (<i>Apuleia leiocarpa</i> (Vog.) Macbr.)	0,83	4,4	8,5	14,0	1,93	0,55
Gibatão (<i>Astronium graveolens</i> Jacq.)	0,97	4,3	8,0	13,4	1,86	0,57
Gonçalo-alves (<i>Astronium macrocalyx</i> Engl.)	1,07	5,9	9,3	17,6	1,57	0,65
Grumixava (<i>Micropholis gardnerianum</i> (A.C.) Pierre)	0,65	3,9	7,9	13,0	2,02	0,49
Guaçatonga (<i>Casearia inaequilatera</i> Camb)	0,84	3,5	10,7	16,7	3,05	0,61
Guaiuvira (<i>Patagonula americana</i> L.)	0,78	4,3	8,2	13,2	1,90	0,59
Guanandi (<i>Calophyllum brasiliense</i> Camb.)	0,62	5,2	10,5	17,0	2,01	0,478
Guapeva (<i>Pouteria cf. torta</i> (Mart) Radkl.)	0,72	4,5	10,1	16,9	2,24	0,58
Guapuvuru (<i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) Blacke)	0,32	1,8	5,5	8,4	3,05	0,32
Guarantã (<i>Esenbeckia leiocarpa</i> Engl.)	0,96	4,9	10,5	16,8	2,14	0,73
Guaribu-amarelo (<i>Goniorrhachis marginata</i> Tul.)	1,01	4,8	8,4	13,8	1,75	0,64
Guaricica (<i>Vochysia laurifolia</i> Warm.)	0,50	3,1	11,8	16,7	3,80	0,52
Guarucaia (<i>Peltrothorum vogelianum</i> Walp)	0,80	3,7	7,9	12,5	2,13	0,50
Guatambu-peroba (<i>Aspidosperma populifolium</i> A.DC.)	0,82	5,5	9,6	16,5	1,74	0,65
Imbiriba (<i>Eschweilera blanchetiana</i> (Berg.) Miers)	1,13	8,0	13,9	23,2	1,73	0,82
Imbiruçu (<i>Pseudobombax grandiflorum</i> (Cav) A.Robyns)	0,39	3,8	6,9	13,9	1,81	0,37
Imbuia (<i>Ocotea porosa</i> (Nees ex. Mart.) Barroso)	0,65	2,7	6,3	9,8	2,33	0,40
Ingá-chi-chi (<i>Inga alba</i> (Sw.) Willd.)	0,63	3,2	7,0	11,9	2,18	0,48

Ipê-Pardo (*Tabebuia ochracea* (Cham.) Rizz.) 1,01 4,0 5,9 10,9 1,47 0,55

Continua...

Continuação Quadro 3

Ipê-peroba (<i>Paratecoma peroba</i> (Record.) Kuhl)	0,73	4,0	7,0	11,7	1,75	0,55
Ipê-roxo ou Ipê-una (<i>Tabebuia impetiginosa</i> (Mart.) Standl.)	0,96	4,3	7,2	11,4	1,67	0,54
Itaúba-preta (<i>Mezilaurus itauba</i> (Meissn.) Taub.)	0,96	2,3	6,7	12,1	2,91	0,51
Jacarandá-da-Bahia (<i>Dalbergia nigra</i> (Vell.) Fr. Allem.)	0,87	4,0	10,2	14,1	2,55	0,54
Jacarandá-mimoso (<i>Jacaranda acutifolia</i> (R.Br.) H.B.)	0,52	3,3	6,0	10,9	1,81	0,40
Jacarandá-pardo (<i>Machaerium villosum</i> Vog.)	0,85	2,9	6,9	11,2	2,37	0,50
Jacareúba (<i>Calophyllum brasiliense</i> Camb.)	0,62	5,6	8,7	16,9	1,55	0,56
Jangada-brava (<i>Bastardiopsis densiflora</i> (Hook et Arn.) Hassl.)	0,69	5,3	8,5	14,6	1,60	0,60
Jarana (<i>Holopyxidium jarana</i> (Huber) Ducke)	0,93	6,7	12,6	18,3	1,88	0,61
Jataí-peba (<i>Dialium guianense</i> (Aubl.) Sandw.)	1,12	6,3	11,5	17,7	1,82	0,80
Jatobá ou jataí (<i>Hymenaea stilbocarpa</i> Hayne)	0,96	3,1	7,2	10,7	2,32	0,54
Jequitibá-branco (<i>Cariniana estrellensis</i> (Raddi) O. Kuntze.)	0,78	3,9	8,4	13,8	2,15	0,59
Jequitibá-rosa (<i>Cariniana legalis</i> (Mart.) O. Kuntze.)	0,53	3,0	5,7	9,8	1,90	0,40
Juerana (<i>Macrosamanea pedicellaris</i> Kleinh. = <i>Pithecellobium pedicellare</i> Benth.)	0,53	3,0	7,2	12,2	2,40	0,49
Limão-bravo (<i>Seguiera Langsdorffii</i> Brig.)	0,59	5,7	9,5	18,0	1,66	0,51
Louro-inamuí (<i>Ocotea cymbarum</i> H.B.K.)	0,66	3,9	8,1	13,6	2,07	0,52
Louro-pardo (<i>Cordia trichotoma</i> (Vell.) Ar-rab.)	0,78	4,6	7,5	12,9	1,63	0,55
Louro-vermelho (<i>Nectandra rubra</i> Mez)	0,77	4,0	10,0	15,9	2,50	0,58
Macacarecuia (<i>Couroupita guianensis</i> Aubl.)	0,42	3,2	6,3	9,8	1,96	0,00

Maçaranduba; Paraju (<i>Manilkara longifolia</i> (A.DC.) Dub.)	1,00	6,8	11,0	19,0	1,61	0,69
--	------	-----	------	------	------	------

Continua...

 Continuação Quadro 3

Maçaranduba-de-leite (<i>Manilkara elata</i> (Fr.Allem.) Monac.)	1,05	6,1	10,1	17,6	1,65	0,72
Mandigaú (<i>Tetrastylidium engleri</i> Schwacke)	0,91	5,6	13,2	20,1	2,35	0,72
Mandioqueira (<i>Didymopanax calvum</i> Decne & Planch)	0,52	5,6	9,6	18,2	1,71	0,49
Mandioqueira (<i>Didymopanax navarroi</i> A. Samp.)	0,47	4,6	8,9	17,3	1,93	0,48
Mandioqueira (<i>Ruizterania albiflora</i> Marcano Bert)	0,65	4,5	8,9	15,1	1,97	0,55
Melanciaira (<i>Alexa grandiflora</i> Ducke)	0,80	5,1	9,7	15,5	1,90	0,60
Milho-cozido-de-folha-larga (<i>Moquilea cf.</i> <i>tomentosa</i> Benth.)	0,97	7,5	11,2	20,8	1,49	0,72
Milho-cozido-de-folha-miúda (<i>Licania rigida</i> Benth.)	0,81	6,7	11,5	20,0	1,71	0,88
Mogno; Aguano (<i>Swietenia macrophylla</i> King.)	0,63	3,2	4,5	8,6	1,40	0,39
Muiracatiara (<i>Astronium lecointei</i> Ducke)	0,97	3,33	6,28	11,19	1,88	0,492
Murici (<i>Byrsonima verbascifolia</i> Juss.)	0,75	5,7	11,5	17,4	2,01	0,61
Oiti (<i>Moquilea tomentosa</i> Benth.)	0,98	6,6	11,0	20,4	1,66	0,78
Oiticica-amarela; Guariúba (<i>Clarisia racemo-</i> <i>sa</i> R. & Pav.)	0,56	2,2	4,4	7,3	2,00	0,40
Paineira (<i>Eryoteca pentaphylla</i> (Vell.) A.Robyns)	0,43	5,2	16,7	23,1	3,21	0,52
Paratudo; Caraíba (<i>Tabebuia caraiba</i> Mart.)	0,76	4,2	7,0	13,8	1,66	0,53
Pau-d'alho (<i>Gallesia gorazema</i> (Vell.) Moq.)	0,66	3,8	8,7	14,6	2,28	0,54
Pau-jacaré (<i>Piptadenia gonoacantha</i> (Mart.) Macbr.)	0,75	3,8	7,9	13,6	2,07	0,55
Pau-marfim (<i>Balfourodendron riedelianum</i> Engl.)	0,84	4,9	9,6	15,4	1,95	0,61
Pau-pombo (<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.)	0,51	2,9	7,3	11,7	2,51	0,42

Pau-ripa (<i>Mouriri cf. Chamissoana</i> Cogn.)	0,81	6,2	11,2	18,2	1,80	0,62
--	------	-----	------	------	------	------

Continua...

 Continuação Quadro 3

Pau-roxo (<i>Peltogyne recifensis</i> Ducke)	1,13	4,4	7,9	14,4	1,79	0,69
Pau-sangue (<i>Pterocarpus violaceus</i> Vog.)	0,55	3,9	8,2	17,9	2,10	0,51
Pelada (<i>Terminalia januarensis</i> DC.)	0,79	4,0	8,0	12,2	2,00	0,58
Peroba-d'água-amarela (<i>Tetrorchidium rubri-venium</i> Poepp. & Endl.)	0,46	3,2	7,2	11,7	2,25	0,41
Peroba-rosa (<i>Aspidosperma polyneuron</i> Muell. Arg.)	0,79	4,0	7,8	13,1	1,95	0,57
Pessegueiro-bravo (<i>Prunus sellowii</i> Hoehne)	0,92	4,3	10,6	16,5	2,46	0,64
Pindabuna (<i>Duguetia lanceolata</i> St. Hill.)	0,90	3,6	11,3	15,6	3,13	0,45
Pinho-bravo (<i>Podocarpus lambertii</i> Kl.)	0,45	2,7	6,7	10,6	2,48	0,38
Pinho-do-paraná (<i>Araucaria angustifolia</i> (Bert.) O.Kuntze.)	0,55	4,0	7,8	13,2	1,95	0,52
Piquiá (<i>Caryocar villosum</i> (Aubl.) Pers.)	0,93	5,5	9,2	16,7	1,67	0,70
Piquiarana (<i>Caryocar glabrum</i> Aubl.) Pers.)	0,81	3,9	8,0	14,3	2,05	0,58
Piqui-vinagreiro (<i>Caryocar barbinerve</i> Miq.)	0,85	5,7	13,0	21,1	2,28	0,59
Pitiá-de-lagoa; Anani (<i>Shymphonia globulifera</i> L.)	0,74	5,2	9,0	17,3	1,73	0,70
Pitomba (<i>Talisia esculenta</i> Radkl.)	1,10	9,3	16,9	29,9	1,81	0,83
Pitomba-preta (<i>Zollernia falcata</i> Nees)	1,06	5,8	12,2	20,3	2,10	0,85
Quarubarana (<i>Erisma uncinatum</i> Warm.)	0,59	3,3	7,7	12,5	2,33	0,45
Sacambu (<i>Platymiscium floribundum</i> Vog.)	0,89	3,9	7,2	11,2	1,84	0,53
Sangue-de-boi (<i>Hieronyma alchorneoides</i> Fr. Allem.)	0,69	5,2	11,4	18,5	2,19	0,50
Sangue-de-drago (<i>Croton echinocarpus</i> Muell. Arg.)	0,49	2,5	6,4	9,6	2,56	0,40
Sapucaia-vermelha (<i>Lecythis pisonis</i> Camb.)	0,88	3,9	8,6	14,1	2,20	0,55
Sucupira (<i>Bowdichia nitida</i> (Spr.) Benth.)	0,94	5,6	8,38	15,12	1,49	0,75
Sucupira-açu (<i>Diplotropis incexis</i> Rizz. & Matt.)	0,80	4,4	5,6	10,2	1,27	0,60

Sucupira-amarela; Guaíçara (<i>Ferreirea spectabilis</i> Fr. Allem.)	0,99	4,1	7,0	12,8	1,70	0,63
---	------	-----	-----	------	------	------

Continua...

Continuação Quadro 3

Sucupira-parda; Sucupira-preta (<i>Bowdichia virgiloides</i> H.B.K.)	0,91	5,4	8,4	15,5	1,55	0,71
Sumaúma (<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn.)	0,37	3,2	5,5	9,1	1,71	0,35
Taiúva; Amoreira (<i>Chlorophora tinctoria</i> (L.) Gaud.)	0,88	2,3	4,3	7,2	1,86	0,44
Tambor (<i>Rinorea bahiensis</i> (Moric.) O. Kuntze.)	0,94	5,8	12,6	21,5	2,17	0,74
Tamboril; Timbuva (<i>Enterolobium contorsiliquum</i> (Vell.) Morong)	0,54	2,2	4,6	7,7	2,09	0,37
Tapiá; Caixeta (<i>Alchornea triplinervea</i> (Spreng) Muell. Arg.)	0,44	2,3	6,1	9,5	2,65	0,33
Tatajuba (<i>Bagassa guianensis</i> Aubl.)	0,82	5,5	7,1	11,4	1,29	0,00
Tauari (<i>Couratari cf. oblongifolia</i> Ducke)	0,66	4,6	8,0	13,8	1,73	0,55
Tipuana (<i>Tipuana tipu</i> (Benth.) O. Kuntze.)	0,63	4,1	6,4	11,8	1,56	0,47
Ucuúba-branca (<i>Virola surinamensis</i> (Rol.) Warb.)	0,48	4,7	7,0	11,6	1,48	0,41
Vinhático (<i>planthymenia foliolosa</i> Benth.)	0,50	2,1	4,7	7,7	2,23	0,34

Fonte: Mainieri e Chimelo (1989), D - Massa específica em g/cm³; CR – contração radial (%); CT – contração tangencial (%); CT/CR – coeficiente de anisotropia e CRV – coeficiente de retratibilidade volumétrica.

Mendes, Albuquerque e Iwakiri (1999) analisaram as duzentas espécies contidas nas “Fichas de Características das Madeiras Brasileiras”, publicadas pelo IPT. Pelos resultados, demonstrou-se que as espécies caracterizadas apresentam uma média aritmética de massa específica de 0,76g/cm³, um valor máximo de 1,19g/cm³ (Aroeira-do-sertão - *Astronium urundeuva*) e um valor mínimo de 0,32g/cm³ (Guapuruvu – *Schizolobium parahyba*), com coeficiente de variação de 25,92%. Para contração radial, a média foi de

4,48%, para um valor máximo observado de 10,4% (Achuarana - *Vantanea cupularis*) e mínimo de 1,80% (Guapuruvu), com coeficiente de variação de 31,38%. Para contração tangencial, a média foi de 9,00%, o valor máximo

QUADRO 4 – Propriedades físicas da madeira de várias espécies de Eucalyptus

Espécie	D	CR	CT	CV	CT/CR	CRV
E. CITRIODORA HOOK	0,98	6,9	9,4	18,2	1,36	0,76
<i>E. grandis</i> Hill. ex Maiden	0,81	5,5	11,6	18,8	2,11	-
<i>E. maculata</i> Hook	0,81	5,9	9,4	16,4	1,59	0,59
<i>E. saligna</i> Smith.	0,69	6,8	13,4	23,4	1,97	0,58
<i>E. robusta</i> Sm.	0,80	5,8	12,0	20,2	2,06	0,50
<i>E. pilularis</i> Sm.	0,82	4,8	10,3	16,5	2,14	0,59
<i>E. camaldulensis</i> Dehnh	0,87	6,8	15,3	25,9	2,28	-
<i>E. tereticornis</i> Sm.	0,95	6,9	13,4	23,0	1,94	-
<i>E. viminalis</i> Hook.	0,72	5,6	16,0	24,5	2,86	0,51
<i>E. regnans</i> F. Muell.	0,79	6,8	17,0	26,7	2,50	0,45
<i>E. globulus</i> Labill	0,73	8,6	21,9	35,7	2,55	0,51
<i>E. acnenioides</i> Schau.	0,89	5,3	10,6	17,3	2,00	0,61

Fonte: Brotero (1956) D - Massa específica em g/cm³ a 15% de umidade; CR – contração radial (%); CT – contração tangencial (%); CT/CR – coeficiente de anisotropia e CRV – coeficiente de retratibilidade volumétrica

observado de 22,3% (Figueira - *Ficus sp*) e mínimo de 4,3% (Taiúva - *Chlorophora tinctoria*), com coeficiente de variação de 30,13%. Para a contração

volumétrica, a média foi de 14,87%, o valor máximo observado foi de 33,1% (Figueira) e o mínimo de 7,2% (Taiúva), com coeficiente de variação de 28,29%. Para o coeficiente de anisotropia (CT/CR), a média foi de 2,08, o valor máximo observado de 4,37 (carvalho-brasileiro - *Euplasa contareirae*) e mínimo de 1,00 (Achuarana), com coeficiente de variação de 26,15%. Para o coeficiente de retratibilidade volumétrica, a média foi de 0,55, o valor máximo observado foi de 0,89 (Achuarana) e mínimo de 0,32 (Guapuruvu), com coeficiente de variação de 21,82%. A amplitude de variação foi de 0,87 g/cm³, 7,20%, 18,00%; 25,9%, 3,37 e 0,57 para massa específica, contração radial, contração tangencial, contração volumétrica, coeficiente de anisotropia e coeficiente de retratibilidade volumétrica, respectivamente. A grande variabilidade apresentada pelas madeiras brasileiras, quanto as características de retratibilidade, deve ser melhor observada, já que dentro dessa variação encontram-se espécies com valores incompatíveis para o emprego industrial madeireiro e, principalmente, na produção de sarrafos.

Outro problema que deve ser ressaltado é que, normalmente, o processo de colagem requer baixa umidade na madeira, principalmente em função do tipo de adesivo a ser usado. No entanto, a umidade de uso final dos painéis varia em função das condições climáticas (umidade relativa, temperatura, ventilação) da região onde os mesmos serão utilizados. Ou seja, após a colagem, a madeira absorverá umidade até o ponto de equilíbrio com o ambiente e, se essa faixa de absorção for alta, associada com uma média a elevada anisotro-

pia, provavelmente provocarão deformações no painel já formado, mesmo que se tenham realizados todos os procedimentos de produção ideais.

Dessa forma, deve-se conhecer previamente a média de umidade de equilíbrio com o ambiente ou com o local onde vai ser utilizada. De posse dessas informações, pode-se determinar as espécies adequadas para os sarrafos, de acordo com regiões pré-determinadas. Ou seja, considerando que a umidade da madeira após a secagem situa-se na faixa de 8 a 10 %, para regiões onde o equilíbrio de umidade da madeira se encontra próximo a essa faixa, menos exigente será o requisito quanto à anisotropia, e quanto mais distante desta ou mais elevada umidade de equilíbrio, a exigência quanto à anisotropia deverá ser proporcionalmente maior.

A umidade de equilíbrio da madeira varia com a umidade relativa da atmosfera que a circunda, com a espécie, com o percentual de cerne e alburno da espécie e com o teor de extrativos. É afetada também pela temperatura, tensões mecânicas e pela história da exposição da madeira, Lima e Mendes (1995a,b); Lima, Mendes e Calegário (1995) e Simpson (1971). Assim, a umidade de equilíbrio deve ser determinada para o local onde a madeira será empregada, por meio da determinação da umidade de peças ou amostras de madeira expostas às condições ambientais de temperatura e umidade relativa ou, simplesmente, pela estimativa servindo-se de fórmulas. Essas fórmulas apresentam um erro em relação à umidade de equilíbrio real; entretanto, segundo alguns autores, o erro é pequeno e fornece uma boa referência do

ponto final de secagem da madeira para determinadas regiões. USDA (1955).

Para o Brasil, as umidades de equilíbrio estimadas já são conhecidas para 206 cidades brasileiras que possuem estação meteorológica do Ministério da Agricultura, Quadro 5 .

QUADRO 5 - Umidades de equilíbrio médias de madeiras para 206 cidades brasileiras, calculadas pela fórmula de Simpson.

Umidade de equilíbrio (%)	Cidades
10,00 a 11,00	Barra (BA), Cabrobró (PE), Carinhanha (BA), Cratéus (CE), Espinosa (MG), Maringá (PR), Paulistana (PI), Petrolina (PE), Picos (PI) e Remanso (BA).
11,01 a 12,00	Barbalha (CE), Bom Jesus da Lapa (BA), Bom Jesus do Piauí (PI), Campos Sales (CE), Cruzeta (RN), Florânia (RN), Iguatu (CE), Irecê (BA), Ituaçu (BA), Monte Azul (MG), Quixeramobim (CE), São Gonçalo (PB) e Tauá (CE).
12,01 a 13,00	Apodi (RN), Barreiras (BA), Brasília (DF), Caetite (BA), Catalão (GO), Catanduva (SP), Floriano (PI), Formosa (GO), Goiânia (GO), Monte Santo (BA), Monteiro (PB), Montes Claros (MG), Morada Nova (CE), Mossoró (RN), Paulo Afonso (BA), Posse (GO), São Carlos (SP), Santa Rita de Cássia (BA), Senhor do Bonfim (BA), Sobral (CE) e Taguatinga (TO).
13,01 a 14,00	Arco Verde (PE), Araçuaí (MG), Bagé (RS), Belo Horizonte (MG), Campo Grande (MS), Campo Mourão (PR), Carolina (MA), Caxias (MA), Cipó (BA), Coxim (MS), Cuiabá (MT), Diamantino (MT), Franca (SP), Goiás (GO), Ipameri (GO), Itaberaba (BA), Jacarezinho (PR), Jacobina (BA), Jaguaruana (CE), João Pinheiro (MG), Macau (RN), Machado (MG), Paraná (GO), Paranaíba (MS), Patos de Minas (MG), Peixe (TO), Pirenópolis (GO), Porto Nacional (TO), Rio Verde

(GO), São Luiz Gonzaga (RS), São Simão (SP), Sete Lagoas (MG), Terezina (PI), Três Lagoas (MS) e Triunfo (PE).

Continua...

Continuação Quadro 5

14,01 a 15,00	Aragarças (GO), Caratinga (MG), Chapecó (SC), Conc. Mato Dentro (MG), Corumbá (MS), Dourados (MS), Governador Valadares (MG), Palmeira dos Índios (AL), Paracatu (MG), Parnaíba (PI), Pedra Azul (MG), Pompeu (MG), Ponta Porã (MS), Surubim (PE) e Uberaba (MG).
15,01 a 16,00	Aracaju (SE), Araxá (MG), Aymorés (MG), Barra da Corda (MA), C. Itapemirim (ES), Caparaó (MG), Capinópolis (MG), Cataguases (MG), Caxias do Sul (RS), Ceará Mirim (RN), Encruz do Sul (RS), Ecol. Agrícola (RJ), Fernando de Noronha (PE), Fortaleza (CE), Grajaú (MA), Guaíba (SP), Irai (RS), Lavras (MG), Lençóis (BA), Maceió (AL), Monte Alegre (PA), Morro do Chapéu (BA), Pirai (RS), Recife (PE), São Lourenço (MG), Santa Maria (RS), São Paulo (SP), Serrinha (BA), Teófilo Otoni (MG), Vitória (ES), Vitória da Conquista (BA).
16,01 a 17,00	Alagoinhas (BA), Angra dos Reis (RJ), Bambuí (MG), Barbacena (MG), Cabo Frio (RJ), Cáceres (MT), Camaçari (BA), Campina Grande (PB), Caravelas (BA), Castro (PR), Cidade Vera (MT), Foz do Iguaçu (PR), Florianópolis (SC), Garanhuns (PE), Guaratinga (BA), Ilha Guaíba (RJ), Itamarandiba (MG), Ivinhema (MS), Juiz de Fora (MG), Marabá (PA), Nova Friburgo (RJ), Paranaguá (PR), Rio Negro (PR), Salvador (BA), Santa Vitória Palmar (RS), Santos (SP), São Joaquim (SC), São Mateus (ES), Soure (PA), Tiriós (PA), Turiaçu (MA), Vassouras (RJ) e Viçosa (MG).
18,01 a 19,00	Breves (PA), Porto de Moz (PA), Tarauacá (AC), Tucuruí (PA) e Ubatuba (SP).
19,01 a 20,00	Barcelos (AM) e Itaituba (PA).

FONTE : Mendes, Lima e Calegário (1996).

No Quadro 6, podem ser verificadas as umidades médias de equilíbrio para cada Estado brasileiro em função da época do ano.

Se a madeira não se encontra na umidade de equilíbrio, o que praticamente é impossível, pois, no mínimo, a mesma se encontra em torno da umidade média de equilíbrio de uma região, em razão das variações das condições climáticas ao longo do ano e até mesmo durante o dia. Portanto, ocorrerão distorções na seção transversal dos sarrafos, em adição as mudanças dimensionais, à medida que o teor de umidade se altera. Essa distorção é causada pelas diferenças entre a contração e inchamento radial e tangencial.

Se o inchamento radial fosse exatamente igual ao tangencial durante as mudanças no teor de umidade, não ocorreriam distorções nas dimensões da seção transversal, desconsiderando-se, nesse raciocínio, a orientação dos anéis de crescimento, ou seja, uma seção transversal quadrada permaneceria inalterada (Figura 4).

QUADRO 6 - Estimativa das umidades de equilíbrio médias da madeira para 26 estados brasileiros, em função dos meses do ano.

LOCAL	N*	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANO
AM	5	18,17	18,43	18,96	19,15	19,17	18,57	17,56	16,80	16,51	16,51	16,49	17,69	17,85
AC	2	19,18	19,18	19,18	19,18	18,53	17,98	16,84	16,49	16,61	17,49	18,07	19,18	18,11
RO	1	19,65	19,16	17,45	16,34	18,30	19,24	16,06	16,72	17,45	18,26	18,70	16,70	17,87
PA	15	18,67	19,46	19,52	19,54	19,00	18,10	17,41	16,73	16,31	16,08	16,53	17,67	17,68
AP	1	18,25	18,70	19,15	19,62	19,14	18,24	17,83	16,27	14,61	14,30	14,60	15,92	17,02
TO	3	16,37	16,86	16,87	15,47	13,21	11,47	10,27	9,10	9,67	13,15	15,02	16,13	13,27
MA	8	17,08	18,04	18,30	18,00	16,87	15,23	13,86	12,78	12,57	13,47	14,18	15,36	15,06
PI	6	14,04	14,96	15,76	15,34	13,64	11,64	10,44	9,46	9,01	9,84	10,85	12,15	11,93
CE	11	12,84	14,32	16,19	16,49	14,97	14,01	12,63	11,09	10,49	10,81	10,69	11,20	12,73
RN	6	12,18	13,06	14,42	14,86	14,66	13,84	13,26	12,26	11,54	11,47	11,32	11,86	12,79
PB	4	13,27	13,25	15,56	15,88	15,95	16,04	16,08	13,82	12,90	12,43	11,96	12,59	13,96
PE	9	12,54	12,98	14,36	15,06	15,44	15,70	15,55	14,61	12,54	11,98	11,67	12,15	13,57
AL	2	13,18	14,00	14,67	16,18	17,16	17,07	17,57	16,57	15,46	13,94	13,19	13,37	15,04

Continua....

SE	1	15,29	14,81	15,25	15,79	15,18	15,13	15,44	15,44	15,38	15,54	15,56	15,61	15,37
BA	28	13,55	13,94	14,19	14,93	15,15	15,15	14,69	13,62	12,94	12,93	13,40	13,72	13,96
ES	4	15,85	15,49	15,85	16,16	16,60	16,84	16,87	16,04	16,09	16,38	16,43	16,57	16,28
RJ	10	15,88	15,79	16,13	16,55	16,59	16,44	15,92	15,53	15,79	16,24	16,09	16,35	16,08
SP	9	16,14	15,69	15,63	15,50	15,62	15,10	14,07	13,16	13,86	14,98	14,84	15,59	14,90
MG	32	15,84	15,19	15,38	15,41	15,15	14,81	13,92	12,81	13,01	13,96	15,14	15,18	14,61
PR	10	14,79	15,13	15,29	15,34	15,82	15,80	15,30	14,55	14,17	14,73	13,50	14,20	14,86
SC	5	15,52	16,10	17,28	16,50	16,86	16,79	16,48	15,72	15,98	15,35	14,95	15,06	15,98
RS	11	14,14	15,01	15,66	15,66	16,25	16,50	16,32	15,72	15,48	14,66	13,96	14,17	15,30
MS	8	15,99	15,62	16,17	16,16	15,06	14,69	13,02	12,10	12,45	13,09	13,87	15,29	14,31
MT	4	16,95	17,54	16,68	16,62	15,83	15,07	13,47	12,31	12,70	14,30	15,62	16,14	15,06
DF	1	14,88	15,18	14,86	14,59	12,79	11,29	10,31	9,02	9,66	12,26	14,58	15,82	12,52
GO	10	15,92	15,43	15,50	14,50	15,33	12,14	10,71	9,54	10,25	12,64	14,58	15,99	13,11
BR	206	15,26	15,50	15,92	16,06	15,78	15,32	14,54	13,57	13,35	13,80	14,18	14,92	14,72

FONTE : Lima, Mendes e Calegário (1995) * N° de estações meteorológicas por estado

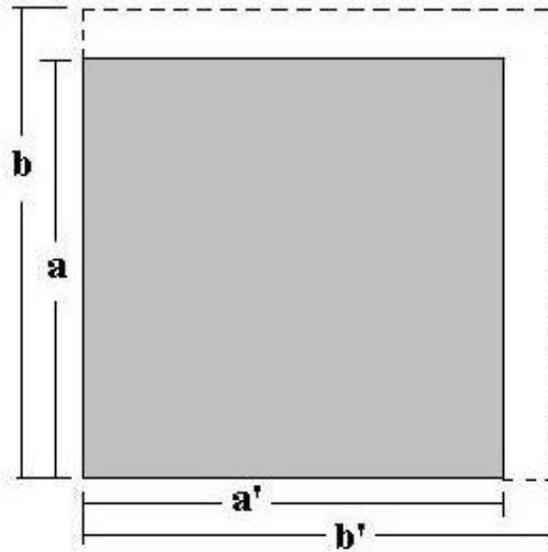


FIGURA 4 – Inchamento de seção transversal quando o inchamento tangencial é igual ao radial ($a = a'$, $b = b'$) – seção permanece quadrada desconsiderada a orientação dos anéis.

Como o inchamento tangencial da madeira supera o radial, numa proporção próxima ao dobro, na maioria dos casos, então, uma peça de seção quadrada sofrerá modificações na sua forma, à medida que esta incha ou contrai em função da adsorção ou perda de umidade. Outrossim, se os anéis de crescimento encontram-se paralelos a um dos lados da seção transversal, ângulos retos não sofrerão alterações (Figura 5).

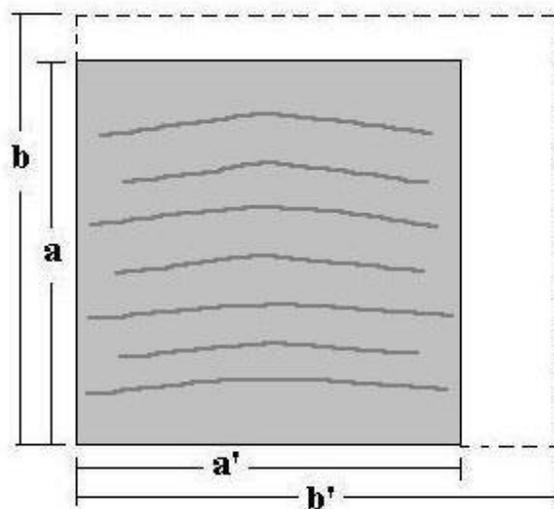


FIGURA 5 – Inchamento da seção quadrada quando o inchamento radial é menor que o tangencial ($a = a'$, $b \neq b'$)

Para que ocorra distorções nas seções transversais retangulares, é necessário que os anéis de crescimento se encontrem na condição e formem um ângulo diferente de 90° com os lados da peça de madeira. A distorção mais acentuada ocorre quando o referido ângulo é equivalente a 45° , pois, nessa condição, os valores máximos e mínimos em inchamento e contração estarão localizados na direção da diagonal (Figura 6).

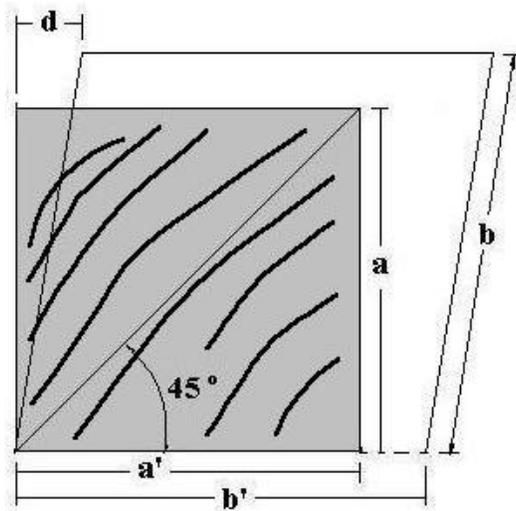


FIGURA 6 – Inchamento da seção transversal quadrada quando o inchamento radial é menor que o tangencial e os anéis de crescimento estão orientados diagonalmente ($a = a'$, $b \neq b'$).

Portanto, essa distorção angular é a causadora dos empenamentos de tábuas de grande largura, e a severidade dessa não depende da magnitude do inchamento nas diferentes direções, mas sim, na razão entre o inchamento tangencial e radial.

Na maioria das tábuas retiradas de toras, a orientação dos anéis de crescimento, na seção transversal, varia através da largura, dependendo da localização da seção transversal em relação ao centro da tora. Essa mudança, na orientação dos anéis de crescimento, resultará em uma curvatura mais ou menos uniforme da seção transversal, à medida que o teor de umidade se

altera na faixa compreendida entre o estado seco até o ponto de saturação das fibras ($\pm 28\%$).

Na Figura 7 pode ser vista a distorção de três tábuas secas, beneficiadas em seções retangulares perfeitas antes de serem expostas a um aumento de umidade de 10%.

Pode-se observar que a curvatura da tábua “A” é bastante uniforme, pela largura, em razão de a mudança de ângulo dos anéis ser relativamente gradual no perfil da tábua, ao passo que na tábua “C” a curvatura é limitada a uma pequena parte perto da linha central da tora, e o resto permanece quase que perfeitamente plano, devido a mudança relativamente brusca do ângulo dos anéis próximo a extremidade da tábua voltada para a linha central da tora. Pode-se concluir, então, que tábuas serradas com orientação tangencial aos anéis sempre desenvolvem empenamentos moderados, e tábuas obtidas radialmente permanecem planas, desde que a porção da tábua que contém a parte central da tora seja removida. Naturalmente, defeitos da madeira, como grã espiralada e lenho de reação, alteram a relação da contração tangencial/radial.

Considerando o caso em que vários sarrafos são colados lateralmente, destinados à confecção de painéis de grandes dimensões, deve-se ter uma atenção redobrada quanto à orientação dos anéis de crescimento das seções transversais entre sarrafos adjacentes, a fim de minimizar o empenamento do painel. Por exemplo, se dois sarrafos com orientação similar dos anéis de

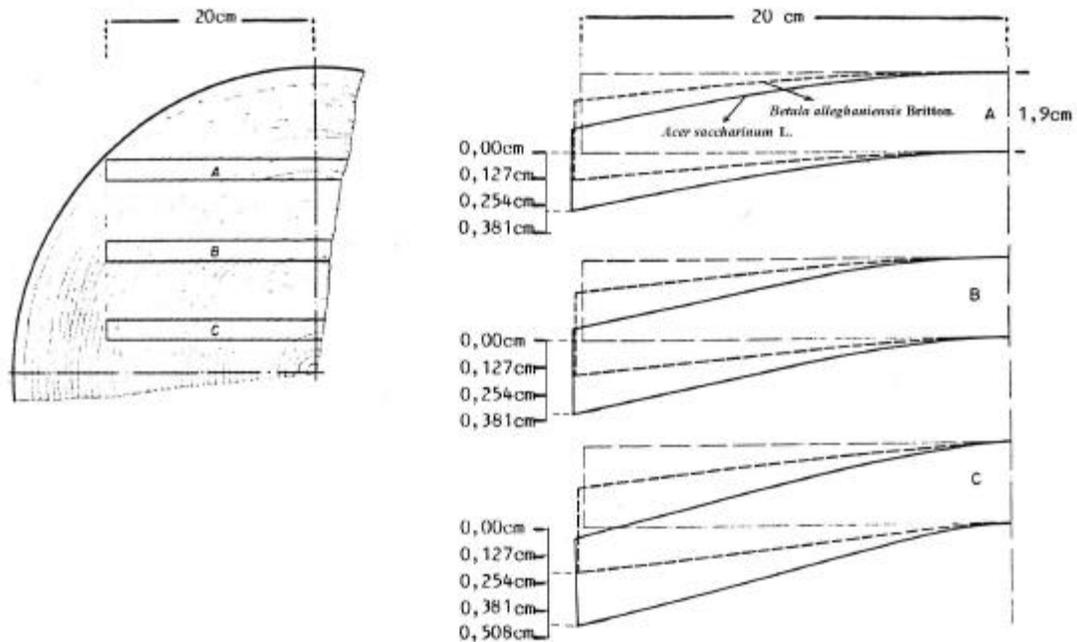


FIGURA 7 – Distorção de seções transversais sólidas em razão de um aumento de 10% de umidade

Fonte: Keinert Jr. (1989)

crescimento forem colados lateralmente, como apresentado na Figura 8a, o empenamento do painel, em decorrência de um aumento no teor de umidade, é aproximadamente quatro vezes o empenamento individual dos sarrafos. Quando a colagem lateral é realizada de forma oposta, haverá uma melhor estabilidade (Figura 8b).

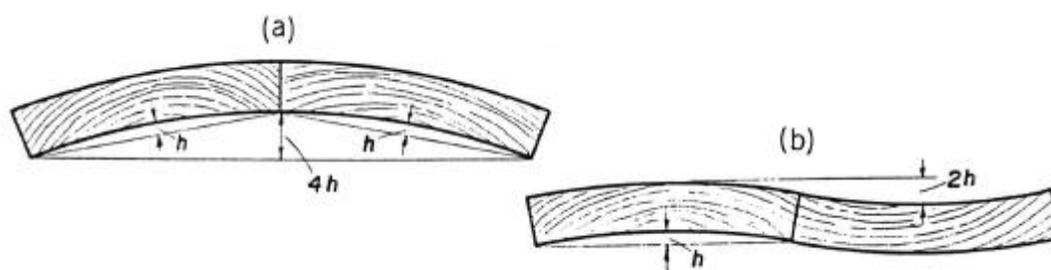


FIGURA 8 – Empennamentos de painéis com bordos colados

Fonte: Keinert Jr. (1989)

3.2. Junção dos Sarrafos

Esta operação consiste na união dos sarrafos que irão compor a parte central do compensado sarrafeado, sendo realizada por máquinas que fazem a colagem da superfície lateral no sentido longitudinal da peça, ou por sistema de amarração, que consiste em aplicação de fios de nylon com cola “hot-melt”, no sentido perpendicular aos sarrafos.

3.2.1. Junção Lateral dos Sarrafos

Normalmente automatizada, esta operação consiste na aplicação de cola nas laterais dos sarrafos no sentido longitudinal, e pela junção, realizada por aplicação de pressão, unindo os sarrafos que irão compor a parte central.

Esta operação pode vir a causar deterioração na qualidade da superfície de painéis sarrafeados, caso não seja climatizado por tempo suficiente, a fim de equalizar a umidade, antes do aplainamento da parte central. Segundo Keinert Jr. (1989), este fenômeno é chamado de junta “Sunken”.

Durante a manufatura da parte central, após a colagem da lateral dos sarrafos, o conteúdo de umidade da madeira, imediatamente adjacente à linha de cola, aumenta em consequência da absorção de água presente na mistura da cola, causando um padrão de inchamento ilustrado na Figura 9b. Caso haja tempo suficiente entre a colagem e o aplainamento da parte central, haverá uma equalização da umidade e, por conseguinte, um painel perfeito. Em contrapartida, se o aplainamento é feito antes da equalização, o painel, já pronto, sofrerá os efeitos do desenvolvimento das juntas “Sunken”, que se resumem em depressões na superfície dos painéis, como apresentado nas Figuras 9c e 9d.

3.2.2. Amarração dos sarrafos

Consiste de uma operação realizada por máquina de fluxo contínuo, ou seja, os sarrafos são posicionados sobre a mesa da entrada, dotada de rolos com movimento giratório, mas com velocidade diferenciada, sendo os posteriores mais velozes que os anteriores. Essa condição tem o objetivo de encostar os sarrafos no sentido do comprimento. As guias laterais, por sua

vez, determinam a largura do painel. Além disso, antes da passagem do fio com cola, os sarrafos recebem pressão lateral e vertical, a fim de comprimir o painel. O painel, então, é amarrado por um ou mais fios previamente embebidos em cola, mantendo a estrutura fechada que vem dos rolos de alimentação. Um par de rolos aquecidos e um par de rolos frios com aperto pneumático promovem a fusão da cola e o aperto do fio sobre a madeira. Quando o painel atinge o comprimento determinado por uma fotocélula, um carro com serra promove o corte automático do painel.

O sistema descrito anteriormente é auxiliado por uma unidade de aplicação de cola sobre o fio de amarração dos sarrafos. No Quadro 7 estão os dados técnicos de alguns modelos de sistemas de amarração de sarrafos.

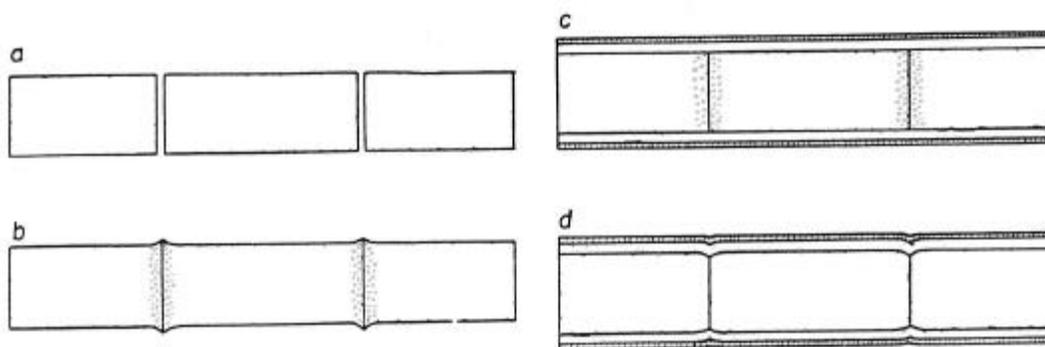


FIGURA 9 – Desenvolvimento de juntas Sunken, cujos pontos indicam absorção de umidade junto a linha de cola.

Fonte: Keinert Jr. (1989)

QUADRO 7 – Sistemas de amarração de sarrafos

Dados técnicos	Unidade	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3
Largura máxima do painel	mm	800	1300	1650
Comprimento mínimo do sarrafo	mm	200	200	200
Comprimento máximo do painel	mm	3300	3300	3300
Máxima espessura do sarrafo	mm	40	40	40
Tipo de cola		Hot melt	Hot melt	Hot melt
Tipo de fio		Poliéster	ou nylon	industrial
Capacidade de produção horária	m ²	130	180	200
Consumo de cola e fio por m ² de painel produzido	g	15	15	15
Potência instalada*	KW	19	24	29
Ar comprimido*	l/min	10	10	10
Peso líquido*	Kg	4600	5600	6300

Fonte: Fezer (1998) *inclui unidade de aplicação de cola sobre o fio.

Em alguns casos, a colagem pode ser suprimida totalmente; nesse caso os sarrafos são mantidos juntos pela ação das lâminas capas.

3.2.3. Aplainamento e Uniformização da Superfície

Esta operação tem o objetivo de homogeneizar a espessura dos sarrafos que compõem a parte central do painel. Durante a formação deste, os sarrafos utilizados apresentam uma variação em espessura inevitável, contudo, essa espessura não deve apresentar erro superior a $\pm 1,5\text{mm}$. A largura dos sarrafos varia consideravelmente, mas a variação entre eles não deve superar 25mm, pelo fato de que a estabilidade dimensional diminui com o aumento da largura. Com sarrafos estreitos consegue-se um produto de melhor qualidade, embora com maior custo, em razão do maior consumo de matéria-prima, cola e mão-de-obra. A variação da espessura final do painel depende também da utilização final dos mesmos.

3.2.4. Preparação da Superfície para Colagem

Durante o aplainamento dos sarrafos, a superfície do painel se torna lisa, adequada para o processo de colagem. Antes do revestimento da parte central do painel, deve-se realizar uma operação de limpeza, visando a retirar impurezas, tais como: restos de serragem e partículas menores que podem causar danos ao processo de colagem. Outro fator importante é que a umidade deve ser homogênea nos sarrafos, com variação não superior a 1%, não só pelos problemas citados anteriormente, mas para que a colagem seja executada com sucesso.

3.2.5. Revestimento da Parte Central do Painel

A parte central é revestida inicialmente por uma lâmina (contracapa) como camada de transição, com a grã no sentido perpendicular à região central e, finalmente, uma outra lâmina (capa) de melhor qualidade, com a grã no sentido paralelo aos sarrafos que compõe a parte central.

3.2.5.1. Contra Capa

A contracapa pode ser, ou não, da mesma espécie que compõe a capa e a parte central, admitindo, no entanto, uma lâmina de qualidade inferior em relação à capa.

3.2.5.2. Capa

A lâmina que irá compor a capa normalmente é de qualidade superior à da contracapa, principalmente se o painel for destinado a um uso final em que a estética seja essencial; portanto, deve-se utilizar, nesse caso, espécies que apresentem aspectos superficiais de elevado valor decorativo.

Pela Figura 10 vêem-se amostras de compensados sarrafeados com revestimento externo em diversas espécies com a finalidade de valorizar esteticamente o produto.

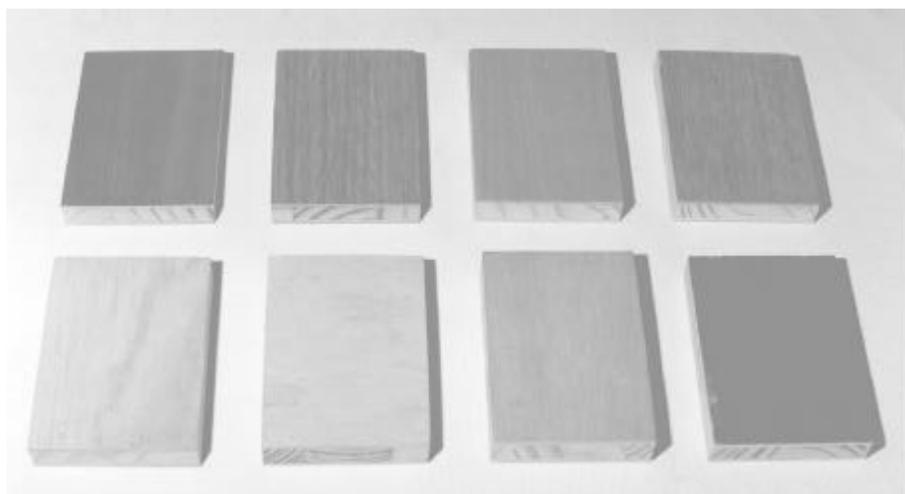


FIGURA 10 – Amostras de compensados sarrafeados com revestimentos decorativos sendo, da esquerda para a direita, e de cima para baixo, respectivamente: Imbuia, Cerejeira, Tauari, Freijó, Pinus, Virola, Virola e Mogno.

3.2.6. Prensagem

Esta operação, consiste basicamente na mesma executada para a produção de compensados convencionais multilaminados, em que as variáveis, como pressão, temperatura e tempo de prensagem devem ser adequadas, a fim de promover a união da parte central com as laminas externas que compõem o painel. Ressalva-se que os compensados sarrafeados são empregados para o uso interno; portanto, o adesivo utilizado é compatível com o uso final do painel, não sendo necessário o emprego de resinas à prova d'água.

3.2.7. Acabamentos

Esta operação também é similar à executada na produção dos compensados convencionais (multilaminados), e consiste no lixamento da superfície do painel, produzindo uma superfície mais lisa, com a ressalva de que após a fabricação dos painéis, estes devem ser acondicionados durante um intervalo de tempo de, no mínimo, sete dias antes da operação de lixamento.

3.2.8. Armazenamento

Após as operações de acabamentos finais, os painéis são empilhados e armazenados em local apropriado, à espera da expedição (Figura 11).

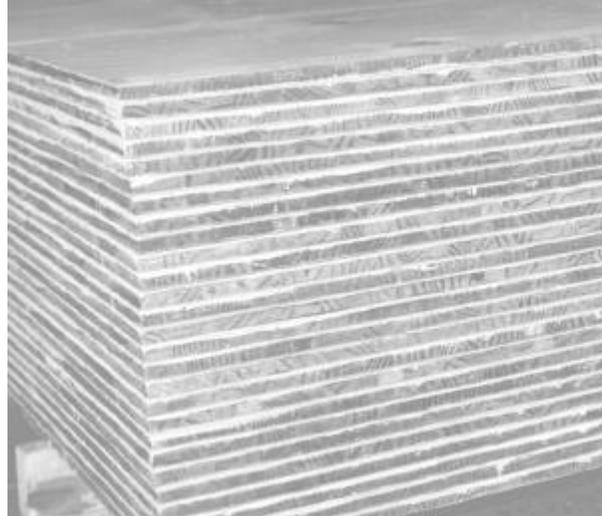


FIGURA 11 – Compensados sarrafeados empilhados, prontos para expedição.

3.2.9. Controle de qualidade, Classificação e Especificações

A minuta desenvolvida pelo IBDF (1985) faz as seguintes referências sobre o compensado sarrafeado:

SAR – Sarrafeados – São chapas de madeira compensada, classificadas genericamente como IR (interior), cuja parte central é constituída por sarrafos de largura máxima de 40mm, coladas lateralmente ou não, podendo ser constituídas de 3 camadas (2 de lâminas e uma de sarrafo) ou um maior número de camadas. Os sarrafos da parte central devem ser uniformes, de modo a não afetarem a qualidade da superfície, permitindo-se espaços vazios na parte central de até 5mm, e de 20mm, no máximo, para cada lateral. Os sarrafeados, independentemente do número de camadas, podem pertencer a um dos seguintes grupos:

A/A – lâmina de face e contraface A. Em chapas de 5 camadas ou mais, lâminas da parte central C ou superior. Admite-se uma emenda na contraface, desde que perfeita.

A/B – lâmina de face A, contraface B. A. Em chapas de 5 camadas ou mais, lâminas da parte central C ou superior. Admite-se uma emenda na contraface, desde que perfeita.

B/B – lâmina de face e contra face B. Em chapas de 5 camadas ou mais, parte central C ou superior. Admitem-se até duas emendas na face e contraface desde que perfeitas.

B/C – lâmina de face B e contra face C. Em chapas de 5 camadas ou mais, parte central D ou superior. Admitem-se até duas emendas na face e contraface, desde que perfeitas.

C/C – lâmina de face e contraface C. Em chapas de 5 camadas ou mais, parte central D ou superior.

C/D – lâmina de face C e contraface D. Em chapas de 5 camadas ou mais, parte central D ou superior.

As lâminas são classificadas da seguinte forma:

- **N** – natural;
- **A** – primeira;
- **B** – segunda;
- **C** – terceira;
- **D** – quarta.

4. APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DE SERRARIA

Ao se desdobrar uma tora de madeira, a geração de resíduos é inevitável, e o volume e tipos de pedaços e/ou fragmentos gerados são dependentes de vários fatores. Como exemplo desses fatores, destacam-se o diâmetro das toras e o uso final das peças serradas. Considerando uma tora

cilíndrica, e desejando-se retirar apenas um bloco central (Figura 12), o rendimento corresponderia a 63,66% apenas, como apresentado pelo esquema descrito a seguir.

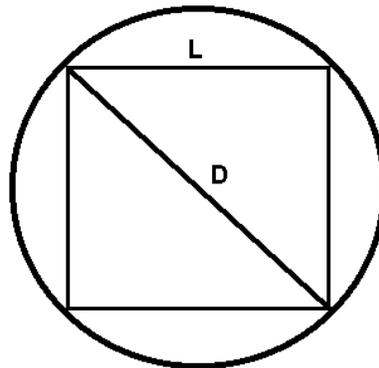


FIGURA 12 – Esquema de desdobro de uma tora da qual se obtém apenas um bloco central, Sendo: D = diâmetro da tora; L = largura da tora; H = comprimento; VT = Volume da tora = $\pi D^2/4 \times H$; VB = Volume do bloco = $L^2 \times H$.

Considerando o bloco central dividido ao meio diagonalmente, então tem-se triângulo retângulo:

$$L^2 + L^2 = D^2$$

$$D^2 = 2L^2$$

$$L^2 = \frac{D^2}{2} \times H$$

Substituindo em VB, tem-se:

$$VB = \frac{D^2}{2} \times H$$

Assim, tem-se o rendimento (R) de uma tora, considerando apenas o bloco central:

$$R = \frac{VB}{VT} \times 100$$

$$R = \frac{\frac{D^2}{2} \times H}{\frac{3,14 \times D^2}{4} \times H} \times 100$$

$$R = \frac{1}{\frac{3,14}{2}} \times 100$$

$$R = \frac{2}{3,14} \times 100$$

$$R = 63,66\%$$

As costaneiras representam, nesse caso específico, portanto, 36,34% do volume total de toras, gerando uma fonte de matéria-prima que pode ser absorvida na produção de compensados sarrafeados.

De modo geral, segundo Tomaselli (1997), os resíduos gerados em uma cadeia produtiva de serrados constituem-se de 7 % de casca, 10 % de serragem e 28 % de pedaços, isso sem considerar as perdas na extração da madeira (Figura 13).

Para fins de melhor compreensão no País, considerando apenas a madeira de Pinus, numa projeção para este ano (ano 2000), visualiza-se os valores conforme apresentado no Quadro

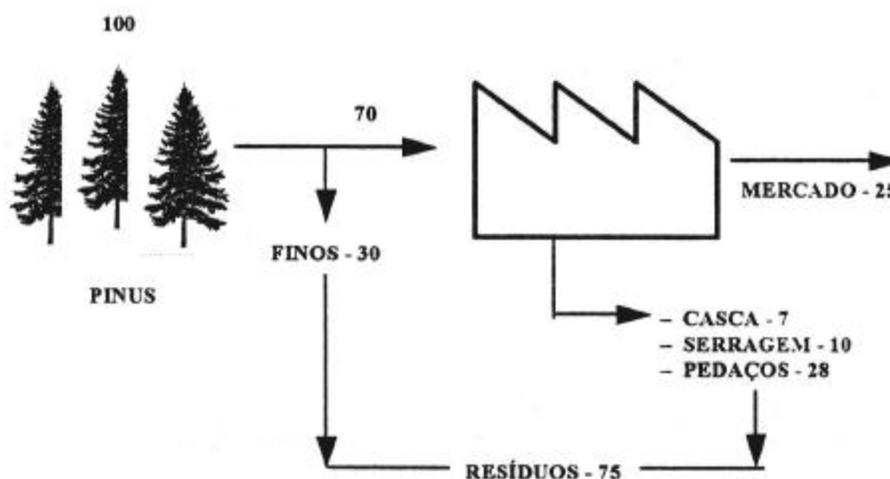


FIGURA 13 – Geração de resíduos na cadeia produtiva de serrados (Tomaselli, 1997).

Quadro 8 – Resíduos de serrados de Pinus em projeção para o ano 2000

TIPO	TON./ANO (milhões)
Na floresta:	
Finos	8,40
Na indústria:	
Casca	
Serragem	1,96
Pedaços	2,80
	7,84
TOTAL	21,00

* Fonte: Tomaselli (1997).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pelo que foi exposto, para se produzir compensado sarrafeado de qualidade, sem problemas quando na sua utilização, deve-se tomar as seguintes preocupações básicas:

- utilizar espécies de baixa anisotropia para confecção dos sarrafos;
- utilizando espécies diferentes, procurar utilizar espécies com as mesmas características, como massa específica e contrações radiais e tangenciais;

- orientar corretamente os anéis de crescimento no plano transversal dos sarrafos;
- utilizar sarrafos secos e com umidade homogênea entre os mesmos;
- utilizar adesivo adequado ao uso final dos painéis;
- controlar corretamente as variáveis durante todo o processo de produção.
- utilizar resíduos de serraria, principalmente costaneiras, por ser uma fonte de matéria-prima importante, normalmente desperdiçada pelas serrarias, além disso, tal fonte constitui-se em uma opção econômica e ecológica;
- para a utilização de resíduos de serraria, é necessária a realização de um estudo prévio de viabilidade econômica, voltado para a região a que se destina tal produção.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7203**
Condições Gerais – Nomenclatura de peças de madeira serrada. Rio de Janeiro: ABNT, 1982. 272p.

BERNARDI, R. Por quê painéis de madeira ? **Revista da Madeira**, Curitiba, v.6, n.38, p.38-39, set. 1998.

BROTERO, F.A. **Métodos de ensaios adotados no IPT para o estudo de madeiras nacionais**: tabelas de resultados obtidos para madeiras nacionais. 2.ed. São Paulo: [s.n.], 1956. 60p. (Boletim, 31).

FEZER S/A. **Máquina de amarrar sarrafos** . Caçador: FEZER, 1998. 4p. (folder).

INSTITUTO BRASILEIRO DE DESENVOLVIMENTO FLORESTAL.
Normas de controle de qualidade e classificação de compensados.
Brasília: IBDF, 1985. 52p.

IWAKIRI, S. **Painéis de madeira**. Curitiba: FUPEF, 1998. 128p. (FUPEF. Série Didática, 1/98).

KEINERT JR., S. **Empenamento em painéis de madeiras sólidas**. Curitiba: FUPEF/UFPR, 1989. 6p. (FUPEF/UFPR. Boletim Técnico, 1).

LIMA, J.T.; MENDES, L.M. Estimativa da umidade de equilíbrio para madeiras em Lavras-MG. **Ciência e Prática**, Lavras, v.19, n.1, p.120-121, 1995a.

LIMA, J.T.; MENDES, L.M. Estimativa da umidade de equilíbrio para madeiras em trinta e duas cidades do Estado de Minas Gerais. **Revista Árvore**, Viçosa, v.19, n.2, p. 272-276, 1995b.

LIMA, J.T.; MENDES, L.M.; CALEGARIO, N. Estimativa da umidade de equilíbrio para madeiras no Brasil. **Revista da Madeira**, Caxias do Sul, v.4, n.23, jul./ago. 1995.

MAINIERI, C.; CHIMELO, J. P. **Fichas de características das madeiras brasileiras**. 2.ed. São Paulo: IPT, 1989. 418p.

MENDES, L.M.; ALBUQUERQUE, C. E. C; IWAKIRI, S. **Qualidade dos sarrafos para produção de compensados sarrafeados**. In. CONGRESSO E EXPOSIÇÃO INTERNACIONAL SOBRE FLORESTAS - FOREST 99, 5., 1999. Curitiba: BIOSFERA, 1999. p.199-200.

MENDES, L.M.; LIMA, J.T.; CALEGÁRIO, N. Umidades de equilíbrio médias de madeiras para 206 cidades brasileiras calculadas pela fórmula de Simpson. **Revista da Madeira**, Caxias do Sul, v.5, n.26, p.18, 1996.

SIMPSON, W.T. Equilibrium moisture content prediction for wood. **Forest Products Journal**, Madison, v.21, n.5, p.48-49, 1971.

TOMASELLI, I. **Resíduos da indústria de processamento primário**: uma oportunidade. Workshop sul-americano sobre usos alternativos de resíduos de origem florestal e urbana. Curitiba: Embrapa-Florestas, 1997. 10p.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **Wood handbook**. Washington: USDA, 1955. 528p.
