

4.7 Critérios da norma norte-americana LRFD

O cálculo das peças comprimidas, conforme as orientações da AF&PA/ASCE 16-95/96, é feito mediante o atendimento à condição representada na Equação [2.131]. O fator de efeito de tempo, λ_t , incidente no lado direito dessa expressão, foi adotado igual a 0,60, por se tratar de simulações que envolvem ações permanentes. Vale destacar que a norma norte-americana indica idêntico valor ao da NBR 7190/97, para esse caso de carregamento. O fator de resistência, ϕ_c , foi modificado em relação às recomendações do texto normativo para haver coerência com o coeficiente similar proposto pela norma brasileira, ou seja, fez-se $\phi_c = 0,7143$, o que equivale ao $1/\gamma_w$ da norma brasileira. O fator de estabilidade foi admitido igual a $\phi_s = 0,85$, como prescrito pela AF&PA/ASCE 16-95/96.

Na determinação de esforços em que a estabilidade da peça está envolvida, a AF&PA/ASCE 16-95/96 exige que o módulo de elasticidade incidente seja ajustado ao 5º quantil das distribuições de frequência e, para tanto, propõe a seguinte expressão:

$$E'_{05} = 1,03 \cdot E' \cdot (1 - 1,645 \cdot \delta) \quad [4.17]$$

em que E' representa o valor médio do módulo de elasticidade ajustado e δ denota o coeficiente de variação, que foi adotado igual a 0,25 – valor recomendável pelo texto normativo para as madeiras classificadas visualmente. O multiplicador 1,03 é um fator de ajuste relacionado com o cisalhamento.

Fundamentando-se, pois, nestas recomendações e hipóteses, os valores de N_d foram obtidos e estão representados nas Figuras 4.21 e 4.22, para as diferentes classes de resistência das madeiras brasileiras.

Da análise dos diagramas é possível constatar-se que, somente quando as são peças curtas, o esforço de cálculo N_d determinado segundo as recomendações da norma brasileira é superior ao correspondente obtido através da AF&PA/ASCE 16-95/96, o que é válido para todos os tipos de madeira analisados. Quando $\lambda = 40$ e a madeira é conífera de classe C20 atinge-se um pico favorável à NBR 7190/97, em que o valor de N_d excede em 29% o correspondente da norma norte-americana. Para as demais classes de resistência das madeiras e nesse mesmo índice de esbelteza, os percentuais não ultrapassam 11%. Nas peças

medianamente esbeltas e esbeltas, os resultados devidos à AF&PA/ASCE 16-95/96 têm sempre desempenho superior aos da NBR 7190/97, com destaque para as coníferas de classe C30 e as dicotiledôneas de classe C40 com índice de esbeltez igual a 90, quando os resultados da norma norte-americana superam em 40% e 41%, respectivamente, os correspondentes da norma brasileira.

Quanto ao emprego dos critérios indicados pela AF&PA/ASCE 16-95/96, para o cálculo das peças comprimidas, é interessante ressaltar que: o método é prático e de simples aplicação, podendo ser programado em planilhas eletrônicas sem grandes esforços; seus resultados não produzem descontinuidades nos diagramas $N_d \times \lambda$; as diferenças constatadas entre os dados sugerem que a norma brasileira pode estar tratando de forma conservadora o dimensionamento das peças esbeltas, especialmente o das dicotiledôneas.

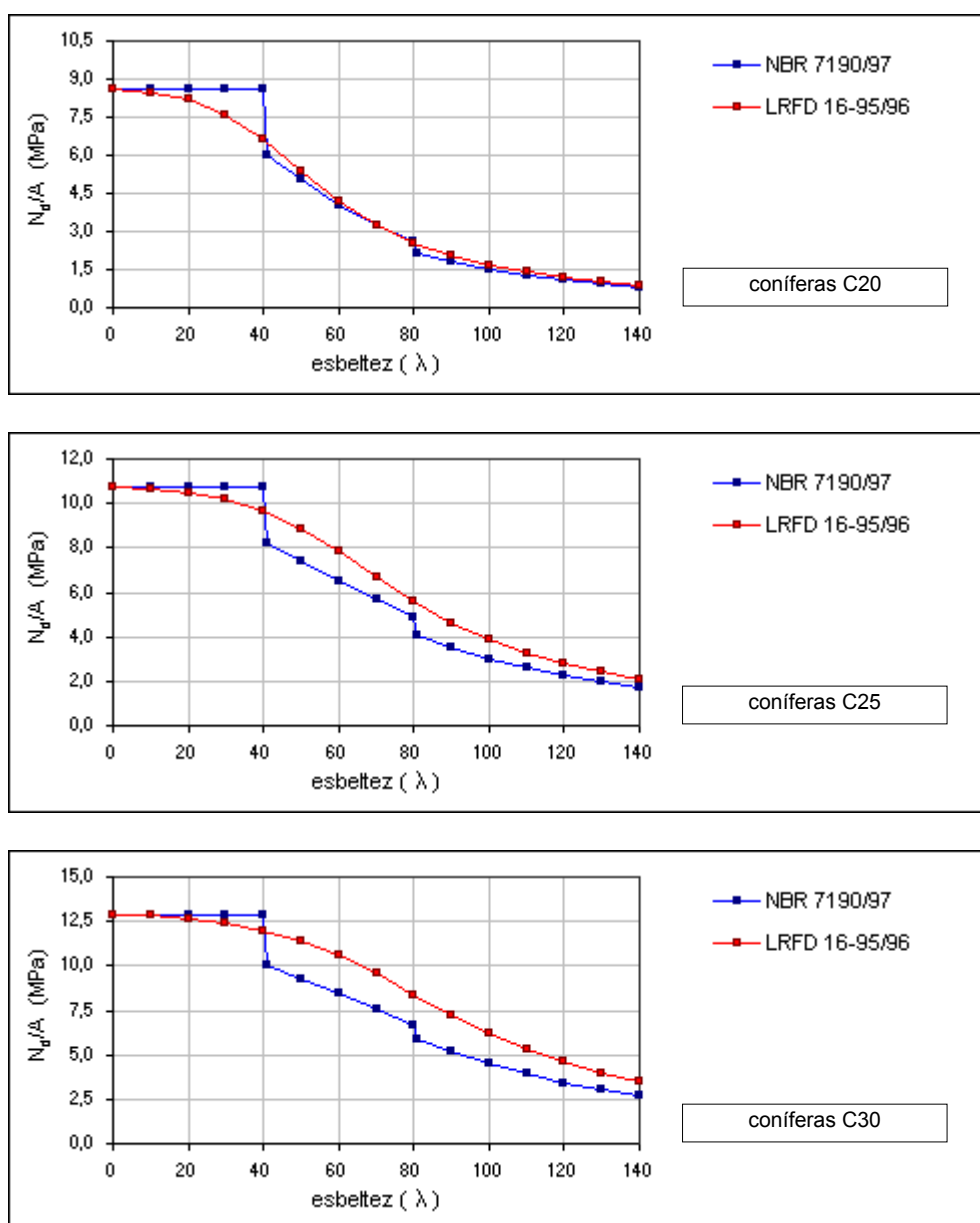


Figura 4.21 – Comparação entre a AF&PA/ASCE 16-95/96 e a NBR 7190/97. Peças comprimidas. Madeira: coníferas.

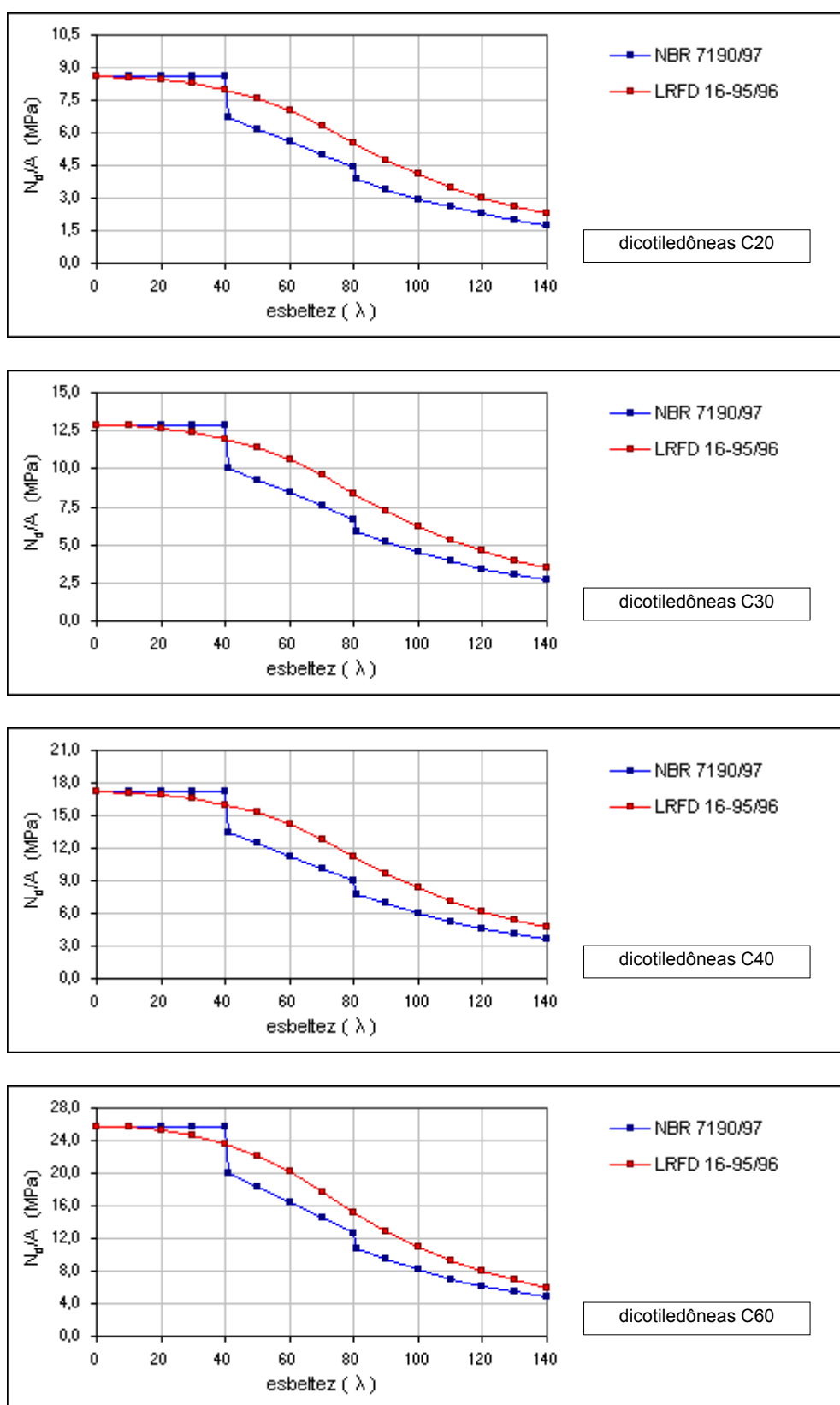


Figura 4.22 – Comparação entre a AF&PA/ASCE 16-95/96 e a NBR 7190/97. Peças comprimidas. Madeira: dicotiledôneas.

O critério da AF&PA/ASCE 16-95/96 para a verificação da flexo-compressão é consolidado pela Equação [2.137]. Contemplando a flexão somente sobre o eixo de menor inércia, a segunda parcela dessa equação foi eliminada. Os fatores de efeito de tempo, de resistência para a compressão paralela às fibras e de estabilidade foram admitidos com valores idênticos aos descritos no início desta seção, acrescentando-se que o fator de resistência na flexão foi assumido igual a $\phi_b = 0,85$, como prescreve o texto normativo.

Na aplicação das instruções normativas, o fator de estabilidade lateral, C_L , é função do momento de flambagem lateral elástica, M_e , que, por sua vez, é calculado conforme a Equação [2.141]. Para barras com momentos de igual intensidade atuando nas suas extremidades, o comprimento efetivo, L_e , que aparece nessa equação, é determinado por:

$$L_e = 1,84 \cdot L_u \quad [4.18]$$

sendo L_u a distância entre os pontos de efetiva restrição de deslocamentos laterais da barra.

Supondo, ainda, que as peças avaliadas fazem parte de sistemas reticulados, em que suas extremidades são contraventadas, pode-se anular o termo B_{sz} na Equação [2.143]. Então, o momento ampliado, M_{mz} , é encontrado a partir da expressão abaixo, em que e_y denota a excentricidade da força de compressão, conforme Figura 3.1:

$$M_{mz} = B_{bz} \cdot N_d \cdot e_y \quad [4.19]$$

Na determinação do amplificador B_{bz} , segundo a Equação [2.145], o coeficiente C_{mz} teve seu módulo definido pela Equação [2.148]. Então, em caso de curvatura simples no diagrama de momentos fletores, deve-se tomar a relação M_1/M_2 com sinal negativo e, conseqüentemente, $C_{mz} = 1,0$. O termo M_x da Equação [2.145] foi anulado porque não há momentos segundo o eixo de maior inércia.

Substituindo-se todos esses parâmetros na Equação [2.137], foi possível torná-la função de N_d e, com o auxílio do *Mathcad8 Professional*, encontrou-se as raízes da equação. Os dados assim obtidos, que expressam as recomendações das normas norte-americana e brasileira, estão representados nas Figuras 4.23 e 4.24, considerando-se as duas situações de

excentricidades iniciais. A AF&PA/ASCE 16-95/96 comenta que o fator de estabilidade, ϕ_s , considera pequenas excentricidades acidentais e os efeitos da fluência.

De um modo geral, é possível notar que a norma norte-americana fornece valores maiores. Quando a excentricidade inicial é igual a $0,1 \cdot b$, os resultados decorrentes dos critérios da AF&PA/ASCE 16-95/96 superam em 11% aqueles devidos à norma brasileira, para qualquer tipo de madeira e com $\lambda = 0$. Os esforços de cálculo obtidos a partir da norma brasileira só ultrapassam os da norma norte-americana em alguns casos, quando $\lambda = 40$; destaca-se, nesse índice de esbeltez, que o esforço devido à NBR 7190/97 supera em 31% o correspondente devido à AF&PA/ASCE 16-95/96, quando a madeira é a conífera de classe C20. Ainda para essa mesma excentricidade inicial, ressalta-se que, para as coníferas de classe C30 e para as dicotiledôneas de classe C40, as diferenças, em favor aos resultados da norma norte-americana, atingem 41% e 42%, respectivamente, quando $\lambda = 50$.

Quando a excentricidade inicial é $0,5 \cdot b$, os valores relativos ao método proposto pela norma norte-americana são sempre maiores que os da NBR 7190/97, alcançando as seguintes diferenças: quando $\lambda = 0$, a defasagem constatada é de 40%, válida para todas as madeiras analisadas; quando $\lambda = 50$, os resultados da norma norte-americana excedem em 62% os correspondentes devidos à NBR 7190/97, válido para as coníferas de classe C30 e as dicotiledôneas de classe C40.

O método indicado pela AF&PA/ASCE 16-95/96 para o cálculo das peças flexocomprimidas conduz a diagramas $N_d \times \lambda$ que não apresentam descontinuidades. Sua aplicação não é demasiadamente objetiva, especialmente quando a intenção do projetista é a determinação do valor do esforço de cálculo, N_d , a partir de uma dada seção transversal. Por outro lado, a consideração implícita da fluência ameniza o trabalho no dimensionamento. As diferenças apuradas na comparação dos resultados, notadamente para as peças medianamente esbeltas de madeira do tipo dicotiledônea, sugerem um conservadorismo dos critérios da norma brasileira, neste intervalo.

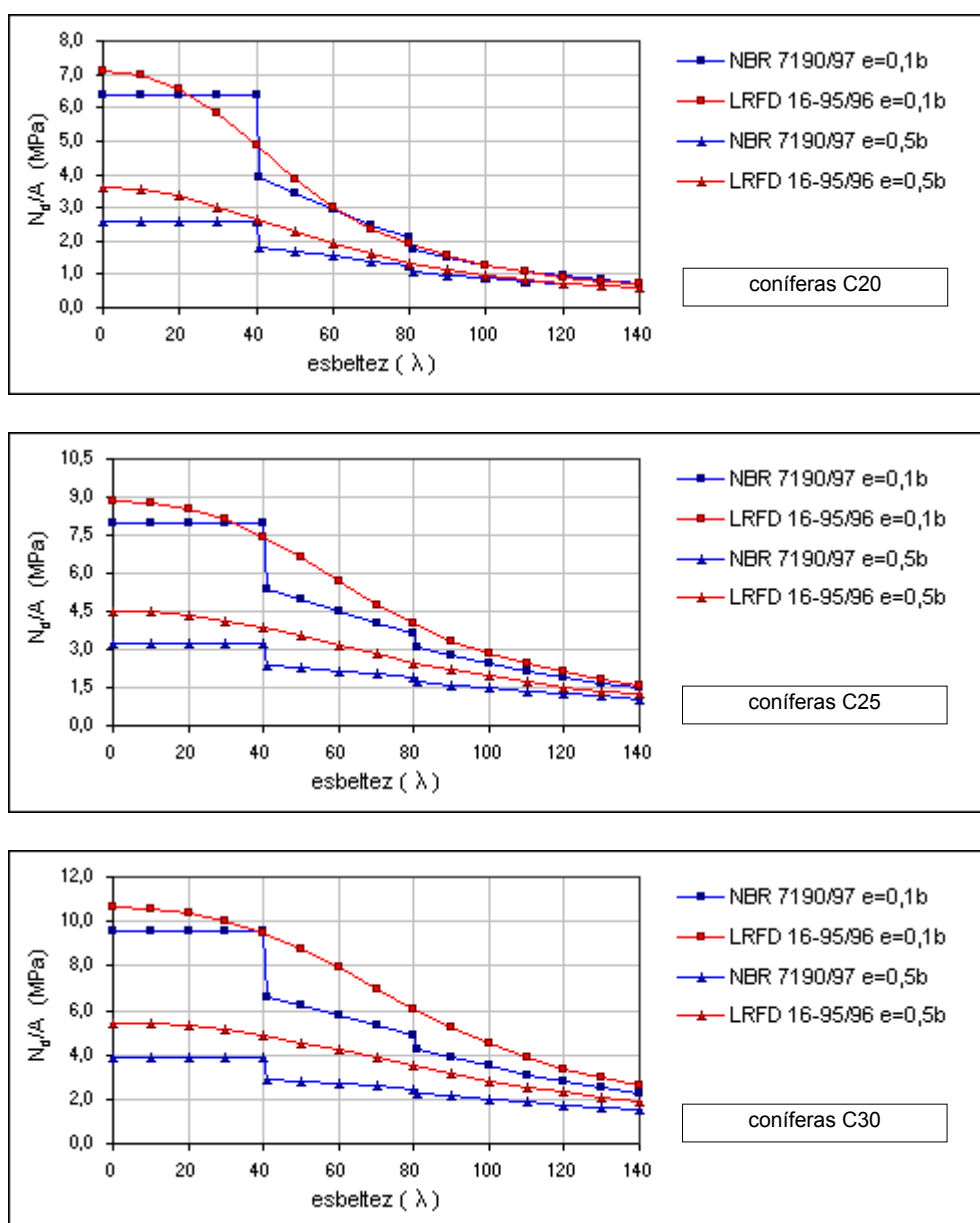


Figura 4.23 – Comparação entre a AF&PA/ASCE 16-95/96 e a NBR 7190/97. Peças flexocomprimidas. Madeira: coníferas.

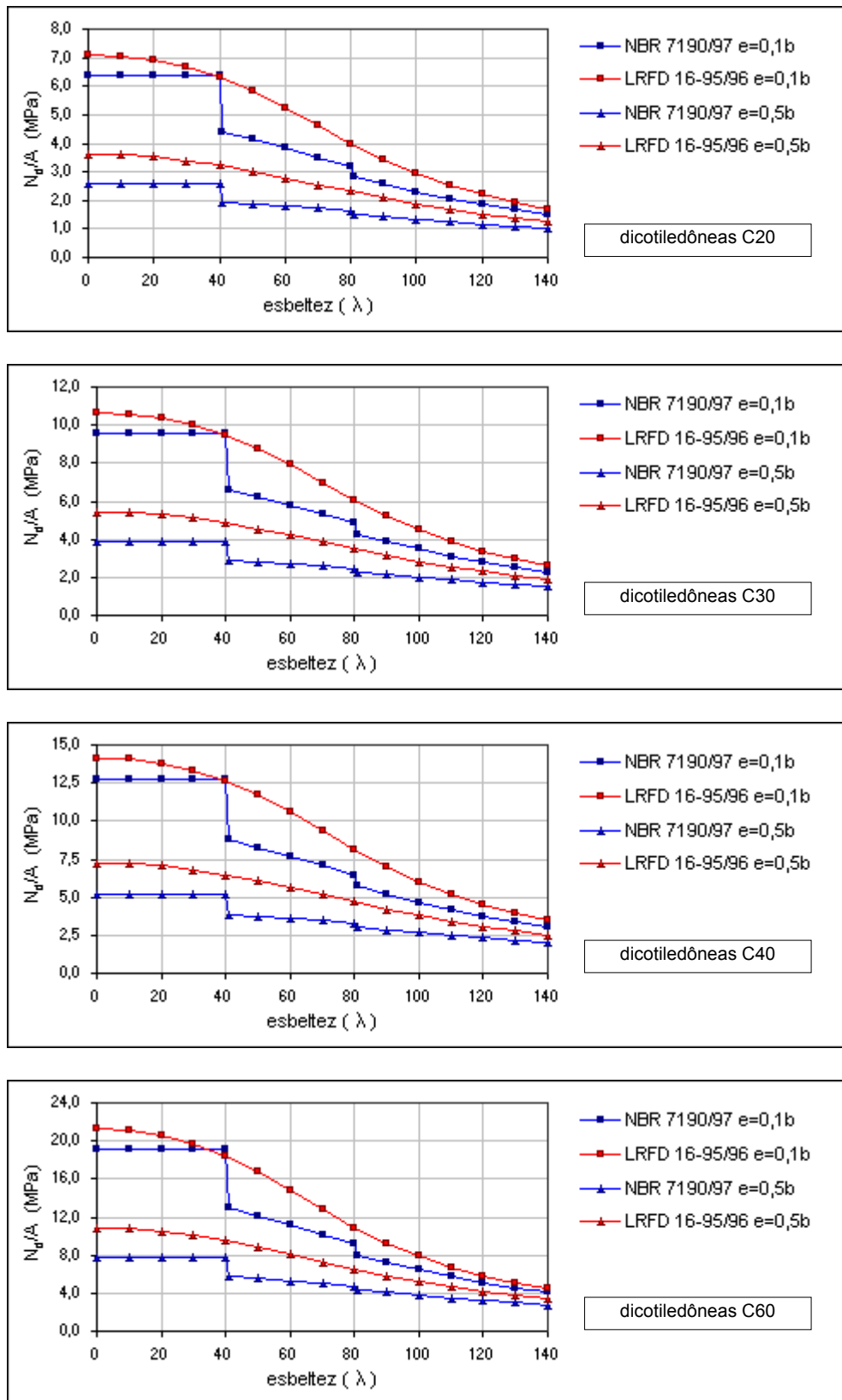


Figura 4.24 – Comparação entre a AF&PA/ASCE 16-95/96 e a NBR 7190/97. Peças flexocomprimidas. Madeira: dicotiledóneas.