

Adequabilidade das normas brasileiras de dimensionamento de sistemas de guarda-corpo e rodapé temporários de madeira

Resumo: Apesar da prioridade em eliminar os riscos de queda em altura recorrendo a sistemas de guarda-corpo e rodapé temporários (GcR), é comum ocorrer acidentes relacionados com estas proteções. Comparando com a norma EN 13374:2013 – *Temporary edge protection systems - Product specification - Test methods*, a Norma Regulamentadora 18 (NR 18) e a Recomendação Técnica de Procedimentos 01 (RTP 01) apresentam problemas quanto aos requisitos de dimensionamento de GcR. O objetivo deste trabalho é verificar a adequabilidade das prescrições da NR 18 e RTP 01 para o dimensionamento de GcR de madeira. A segurança quanto aos requisitos da norma ABNT NBR 7190:1997 – *Projeto de estruturas de madeira* foi verificada via modelagem com o *software* RSTAB da Dlubal, com carregamentos prescritos pela EN 13374:2013. Os resultados mostraram que as definições da NR 18 e RTP 01 não são adequadas para garantir a segurança de GcR de madeira de qualquer classe de resistência.

Palavras-chave: guarda-corpo, madeira, dimensionamento, NR 18, EN 13374.

Suitability of Brazilian standards for the design of temporary wooden guardrails

Abstract: Despite of the priority in eliminating the height fall risks by using temporary guardrails systems (GcR), accidents related with these protections are often. Comparing with EN 13374:2013 – *Temporary edge protection systems - Product specification - Test methods*, the Regulatory Standard 18 (NR18) and the Technical Recommendation of Procedures 01 (RTP 01) have several problems related with GcR design criteria. The aim of this paper is to verify the suitability of NR 18 and RTP 01 prescriptions for the design of timber GcR. Safety related with design criteria present in ABNT NBR 7190:1997 – *Design of timber structures* standard was assessed by modeling the GcR in the Dlubal software RSTAB with EN 13374:2013 loads. The results showed that NR 18 and RTP 01 prescriptions are not suitable to ensure timber GcR safety of any grade of strength.

Keywords: guardrail, timber, design, NR 18, EN 13374.

1. INTRODUÇÃO

Os acidentes de trabalho representam altos custos para as empresas, sociedade e para os trabalhadores, nomeadamente encargos financeiros e sociais, tais como indenizações e seguridade social, concessão de benefícios acidentários, redução da produtividade e infraestrutura médico-hospitalar (Dias, et al., 2013). As quedas em altura são uma das principais causas de óbito de trabalhadores na construção civil no Brasil (Silva, 2015) e no mundo (Navon & Kolton, 2006), afetando um número relevante de trabalhadores e durando quase todo o período da obra (González et al., 2011).

Apesar da prioridade em eliminar os riscos de queda em altura recorrendo a sistemas de

guarda-corpo e rodapé temporários (GcR) (Escamilla & García, 2010), segundo Greene (2009), é comum ocorrer quedas relacionadas com proteção de periferia deficiente ou ausente. Segundo Fundacentro (2016), a principal causa de autuação das empresas de construção civil no ano de 2010, estava relacionada com as inconformidades quanto aos GcR, sendo corroborado pelos trabalhos de Fontoura, et al. (2015) e Silva, et al. (2015).

Dias, et al. (2013) referem que, apesar da Norma Regulamentadora 18 (NR 18) e da respectiva Recomendação Técnica de Procedimentos 01 (RTP 01) terem promovido o avanço da legislação de segurança contra as quedas em altura na construção civil brasileira, as mesmas têm causado dúvidas quanto à sua interpretação. Comparando com a norma europeia EN 13374:2013 – *Temporary edge protection systems - Product specification - Test methods*, a NR 18 e a RTP 01 apresentam diversas lacunas, subjetividades e omissões relativamente aos requisitos de dimensionamento de GcR: indefinição quanto aos tipos de materiais a utilizar, incongruências de unidades de cargas, subjetividades, ausência de metodologias de ensaios, modelos analíticos de dimensionamento e critérios de deformações admissíveis.

O fato da NR 18 e da RTP 01 estipularem seções transversais para alguns elementos que compõem os GcR, de forma independente do tipo de material utilizado, faz com que seja necessário verificar a validade das prescrições normativas, sobretudo quando são utilizadas espécies de madeira com baixo valor de mercado e, conseqüentemente, com baixa resistência mecânica. Por conseguinte, o objetivo deste trabalho é verificar a adequabilidade das prescrições normativas da NR 18 e RTP 01 para o dimensionamento de GcR de madeira.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Para verificar a adequabilidade da NR 18 e da RTP 01, foi utilizado o *software* de análise estrutural RSTAB da Dlubal, com o módulo de dimensionamento da norma ABNT NBR 7190:1997 – *Projeto de estruturas de madeira*, com a seguinte geometria dos elementos dos GcR: (15,0 x 2,5 x 150,0) cm³ para o travessão superior e intermediário; (20,0 x 2,5 x 150,0) cm³ para o rodapé. Devido à ausência de dimensões dos montantes, adotaram-se as dimensões iniciais: (50,0 x 50,0 x 120,0) cm³. Consideraram-se as rotações livres em relação ao eixo principal de inércia horizontal dos travessões e rodapé nas ligações entre elementos do GcR, para simular a possibilidade das ligações serem realizadas com apenas um prego. A vinculação dos montantes ao exterior depende do tipo de fixação do GcR ao meio externo adotado, por conseguinte utilizou-se um engaste de forma a desconsiderar a influência da

rigidez à rotação.

Devido à incongruência quanto à carga especificada pela NR 18 e RTP 01 (150 kgf/m) a exercer nos componentes lineares e de área do GcR, foram adotados os casos de carga da norma EN 13374:2013 (Quadro 1), aplicados da forma representada na Figura 1. É conveniente referir que, uma vez que a norma EN 13374:2013 não define a obrigatoriedade da presença de tela de proteção no GcR, desconsiderou-se a presença desta na modelagem.

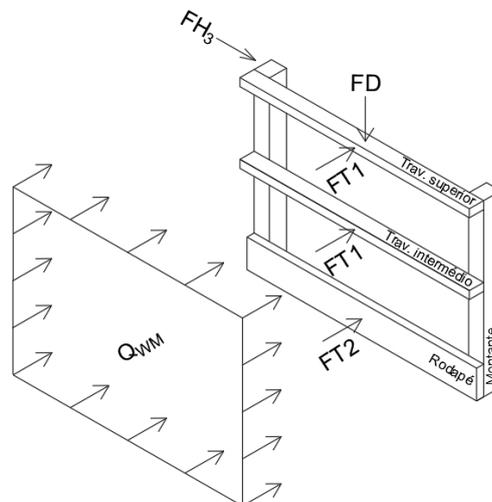
Quadro 1. Casos de carga da EN 13374:2013.

Caso	Carga	r	Crítério
1	$FT_2 = 200 \text{ N}$	1,0	$\delta_{\text{máx}} \leq 55 \text{ mm}$
	$FT_1 = 300 \text{ N}$		
2	$FT_2 = 200 \text{ N}$	1,5	$S_d \leq R_d$
	$FT_1 = 300 \text{ N}$		
3	$Q_{WM} = 600 \text{ N/m}^2$	1,5	$S_d \leq R_d$
4	$FT_2 = 200 \text{ N}$	1,5	$S_d \leq R_d$
	$Q_{WM} = 200 \text{ N/m}^2$		
	$FT_1 = 300 \text{ N}$		
5	$FH_3 = 200 \text{ N}$	1,5	$S_d \leq R_d$
6	$F_D = 1250 \text{ N}$	1,0	$S_d \leq R_d$
			$\delta_{\text{máx}} \leq 300 \text{ mm}$

γ

r = Coeficiente de ponderação das ações; $\delta_{\text{máx}}$ = deflexão máxima; S_d = valor de cálculo da solicitação; R_d = valor de cálculo da resistência.

Figura 1. Cargas consideradas no GcR.



A verificação da segurança dos GcR considerou as sete classes de resistência previstas pela norma ABNT NBR 7190:1997, classificando o peso próprio como carga permanente ($k_{\text{mod}1} = 0,6$) e as demais cargas como instantâneas ($k_{\text{mod}1} = 1,10$), além de adotado o menor valor (0,8) para $k_{\text{mod}2}$ e $k_{\text{mod}3}$. Posteriormente à verificação da conformidade das seções estipuladas pela NR 18 e RTP 01, foi realizada a otimização das mesmas, considerando a área

mínima para elementos estruturais isolados: espessura de 50 cm e área mínima de 50 cm² (ABNT NBR 7190:1997) e a altura mínima do rodapé de 20,0 cm (NR 18; RTP 01), com incrementos de 5,0 mm.

3. RESULTADOS

As deflexões e as eficiências das seções para cada classe de resistência estão presentes na Tabela 1. As seções prescritas na NR 18 e RTP 01 apresentaram deflexões compatíveis com os critérios estabelecidos pela EN 13374:2013. Apenas as classes de resistência C30, C40 e C60 apresentam valores de eficiência inferiores a 100% nos critérios de 1 a 6, significando que S_d é inferior a R_d . Na Tabela 2 estão apresentadas as seções transversais otimizadas dos montantes do GcR, onde b é a base e h é a altura. As dimensões finais dos travessões e rodapé não variaram em função da classe de resistência, no entanto, no caso dos montantes, a seção transversal mínima não foi adotada para as classes C20 e C25.

Tabela 1. Verificações quanto aos critérios da norma ABNT NBR 7190:1997.

Classe de resistência	Caso						δ (mm)
	1 δ (mm)	2 E (%)	3 E (%)	4 E (%)	5 E (%)	6 E (%)	
Conífera C20	5,9	108**	84**	136**	5*	138*	0,7
Conífera C25	2,4	87**	67**	109**	2*	57*	0,3
Conífera C30	1,4	98*	98*	98*	98*	98*	0,2
Dicotiledônea C20	2,2	108**	84**	136**	2*	51*	0,3
Dicotiledônea C30	1,4	98*	98*	98*	98*	98*	0,2
Dicotiledônea C40	1,1	98*	98*	98*	98*	98*	0,1
Dicotiledônea C60	0,8	36**	28**	45**	1*	20*	0,1

*Eficiência obtida para instabilidade lateral. **Eficiência obtida para flexão.

Tabela 2. Seções mínimas dos elementos do GcR.

Classes de resistência	Montantes	Rodapé		Travessões	
	Seção final (b x h) cm ²	Seção inicial (b x h) cm ²	Seção final (b x h) cm ²	Seção inicial (b x h) cm ²	Seção final (b x h) cm ²
Conífera C20	6,0 x 10,0				
Conífera C25	5,5 x 10,0				
Conífera C30	5,0 x 10,0				
Dicotiledônea C20	6,0 x 10,0	2,5 x 20,0	5,0 x 20,0	2,5 x 15,0	5,0 x 10,0
Dicotiledônea C30	5,0 x 10,0				
Dicotiledônea C40	5,0 x 10,0				
Dicotiledônea C60	5,0 x 10,0				

4. DISCUSSÃO

Analisando a Tabela 1, é possível verificar que a flexão oblíqua é um fator crítico para as classes de resistência C20 e C25 de coníferas e C20 de dicotiledôneas. O esforço atuante é considerado flexão oblíqua, uma vez que existem ações atuando tanto no plano horizontal (forças dos casos de 1 a 6), quanto no plano vertical (peso próprio). A não verificação quanto a este esforço se deve à espessura reduzida da seção transversal e à baixa resistência mecânica. No caso da classe C20 de coníferas, acrescenta-se o fato dos travessões e rodapé apresentarem vãos entre os apoios que possibilitam a sua instabilidade lateral, sendo que este modo de ruptura se caracteriza como frágil. A não conformidade das dimensões preconizadas pela NR 18 e RTP 01 para os elementos dos GcR compostos por madeira da classe de resistência inferior a C30 poderá levar a situações de insegurança provocadas pelo colapso dos componentes da proteção. Deve ainda ser considerada frequência com que os GcR são construídos em madeira de baixo custo aquisitivo que, geralmente, se inserem nas classes de menor resistência.

Para as classes inferiores a C30, os resultados revelaram uma diminuição das seções transversais dos montantes para um aumento da resistência mecânica, no entanto, não foram verificadas alterações de geometria do rodapé e dos travessões. Este fato se deve à necessidade de adoção da seção transversal mínima prevista pela norma ABNT NBR 7190:1997 para os travessões e, no caso do rodapé, se deve à necessidade de manter a altura igual a 20,0 cm, para que não ocorra a queda de materiais e ferramentas junto à superfície na qual a proteção se apoia. A ausência de prescrições normativas inerentes aos montantes, pode gerar uma situação de insegurança, uma vez que o comportamento global das proteções e o dimensionamento dos demais elementos do GcR dependem da seção transversal destes elementos.

Os critérios da NR 18 e RTP 01 referentes aos travessões e rodapés, apenas poderão ser aplicáveis às classes de resistência C30, C40 e C60. Por conseguinte, sugere-se que estes textos normativos sejam atualizados de forma a poder incluir todas as classes de resistência, através da adoção das seções apresentadas na Tabela 2. Uma vez que o carregamento e as ligações afetam os desempenhos globais das estruturas, sugere-se ainda que a atualização da NR 18 e RTP 01 contemple critérios objetivos aplicáveis às ligações entre elementos do GcR, vinculação da proteção ao exterior e a utilização de carregamentos aplicáveis aos diversos componentes que contemplem critérios de dimensionamento segundo o método dos estados limites.

5. CONCLUSÕES

É possível concluir que as prescrições da NR 18 e RTP 01 apenas poderão ser aplicáveis às classes de resistência C30, C40 e C60.

6. REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. NR 18 – Condições e Meio Ambiente do Trabalho na Indústria da Construção. Redação dada pela Portaria nº 4, Brasília: 1995.

Dias JMS, Plech CTCC, Carvalho RF. Certificação de Produtos de Proteção Coletiva em Canteiros - Contribuição do Modelo Europeu. In: V ENCUENTRO LATINOAMERICANO DE GESTIÓN Y ECONOMÍA DE LA CONSTRUCCIÓN, 2013, Cancún. Anais... Cancún: Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, 2013.

Escamilla AC, García MNG. Study of Temporary Edge Protection Systems using different standards. In: XXXVII CONGRESO MUNDIAL DE EDIFICACIÓN DE LA INTERNATIONAL ASSOCIATION OF HOUSING SCIENCE, 2010, Santander. Anais... Santander: Universidad de Cantabria, 2010.

Fundacentro. Queda em altura está entre os principais acidentes fatais na indústria da construção. FUNDACENTRO – Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho, São Paulo, 12 abril 2016. Disponível em: <<http://www.fundacentro.gov.br/noticias/detalhe-da-noticia/2016/4/queda-em-altura-esta-entre-os-principais-acidentes-fatais-na-industria-da-construcao/>>. Acesso em: 05 maio 2019.

Fundacentro. Recomendações Técnicas de Procedimentos Nº1 – Medidas contra quedas de altura. São Paulo, 2003).

Fontoura FS, Borges T, Catai RE. Irregularidades encontradas em um canteiro de obras brasileiro. Revista Espacios. v. 38, n. 59, 2017. Disponível em: <<https://www.revistaespacios.com/a17v38n59/a17v38n59p15.pdf>>. Acesso em: 05 maio 2019.

González MN, Cobo A, Fuente JV, Bresó S, Lozano C. Comportamiento bajo cargas estáticas de sistemas provisionales de protección de borde realizados con elementos de acero. Informes de la Construcción, Vol. 63, 521, enero-marzo 2011. 57-67.

Greene MV. Fall protection for residential construction. Safety + Health, 1 July 2009.

Navon R, Kolton O. Model for Automated Monitoring of Fall Hazards in Building Construction. Journal of Construction Engineering and Management, v. 132, n. 7, p. 733-740, July 2006.

Silva et al. Saúde e segurança do trabalho na construção civil brasileira. Aracaju, SE: J. Andrade, 2015.192p. ISBN: 978-85-8253-116-7.