

Performance evaluation of plastic spacers: proposal and development of evaluation methods

Avaliação de desempenho de espaçadores plásticos: proposição e avanço de métodos de avaliação



M. F. F. MENNA BARRETO ^a
mfmennabarreto@gmail.com

A. P. MARAN ^b
anapaulamaran@gmail.com

D. C. C. DAL MOLIN ^c
dmolin@ufrgs.br

J. R. MASUERO ^d
joao.masuero@ufrgs.br

Abstract

The durability of reinforced concrete structures is highly dependent on the characteristics of the concrete cover to reinforcement and its thickness. The failure to obtain cover thickness is the factor with the largest influence on the premature corrosion of the reinforcement, which in turn is the main deterioration form of reinforced concrete structures. Studies indicate that the designed cover is not reached in the current constructions that adopt this structural solution, configuring a chronic, and not a sporadic problem. One of the observed causes for the failure in obtaining the minimum standardized cover is the incorrect use of spacers and the use of inadequate spacers. This is made more serious by the absence of a Brazilian standard to regulate the product and its use and, consequently, the absence of a quality certification from the responsible regulating agency. Focusing on spacers, requirements and performance criteria were proposed, in addition to methods for their assessment, with most being taken and adapted from international standards. Subsequently, some spacers available on the market were effectively tested according to the proposed methodology. No spacer model proved to be satisfactory according to the established performance approach. However, for each criteria and assessment methods proposed, there was, at least, one spacer model at the market which satisfied them, so it can be said that the criteria and methods are suitable for spacers performance evaluation. Faced with the performance diversity of the spacer models on offer, the need for a regulatory Brazilian standard for this product was confirmed in order to delimit the quality of spacers available on the market and to eliminate this variable as one of the causes for not obtaining the correct covering.

Keywords: concrete cover, cover to reinforcement, spacers, performance, reinforced concrete.

Resumo

A durabilidade de estruturas de concreto armado é altamente dependente das características do concreto de cobrimento das armaduras e sua espessura. O fracasso na obtenção do cobrimento é o fator de maior influência na corrosão prematura de armaduras que, por sua vez, é a principal forma de deterioração de estruturas de concreto armado. Pesquisas indicam que o cobrimento projetado não tem sido alcançado nas atuais obras que adotam esta solução estrutural, tratando-se de um problema crônico e não esporádico. Uma das causas observadas para falha na obtenção do cobrimento mínimo normalizado é o uso incorreto de espaçadores e a utilização de espaçadores inadequados. Isso se agrava pela falta de uma norma brasileira que regulamente o produto e seu uso e, conseqüentemente, a falta de certificação de qualidade pelo órgão responsável. Tendo como foco os espaçadores, foram propostos requisitos e critérios de desempenho, assim como métodos para avaliação dos mesmos, sendo a maioria compilada e adaptada de normas internacionais. Em seguida, alguns espaçadores disponíveis no mercado foram efetivamente testados segundo a metodologia proposta. Nenhum modelo de espaçador provou-se satisfatório segundo a abordagem de desempenho estabelecida. Entretanto, para cada um dos critérios e métodos de avaliação propostos houve pelo menos um modelo de espaçador do mercado que os satisfizes, de modo que se pode afirmar que os critérios e métodos são adequados para avaliação de desempenho de espaçadores. Diante da diversidade de modelos e de desempenho dos espaçadores ofertados, ficou comprovada a necessidade de uma norma brasileira regulamentadora para este produto, a fim de balizar a qualidade dos espaçadores disponíveis no mercado e eliminar esta variável das causas da não obtenção do correto cobrimento.

Palavras-chave: cobrimento, espaçadores, desempenho, concreto armado.

^a Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Department of Civil Engineering, Engineering School, Building Innovation Center, Porto Alegre, Brasil.

1. Introdução

Os problemas de durabilidade de estruturas de concreto armado se originam a partir de ações ambientais de agentes agressivos que penetram no concreto, podendo causar, na estrutura, deterioração prematura, prejudicar o desempenho em serviço e, em casos extremos, induzir falha estrutural [1].

A questão de durabilidade das estruturas tem um significado tanto técnico como econômico [1], pois se trata de um prejuízo quando estruturas de concreto armado se deterioram em apenas alguns anos em serviço e se nota um aumento frequente de relatos de eventos desta natureza, a partir dos anos 70 [2].

O fracasso na obtenção do cobrimento é, provavelmente, o maior fator influente na corrosão prematura de armaduras [3] que, por sua vez, é a principal forma de deterioração de estruturas de concreto armado [4]. Contudo, a falha na obtenção do cobrimento geralmente não é percebida pelos engenheiros como um problema, logo não lhe é dada prioridade [4].

Sendo assim, um dos maiores problemas relacionado a estas estruturas é a incapacidade de posicionar a barra de aço com o correto cobrimento de concreto, afetando diretamente o comportamento mecânico e a durabilidade da estrutura [5], exigindo ações corretivas envolvendo reparos caros [6].

Contudo, muitos estudos ao redor do mundo têm mostrado que o cobrimento alcançado na execução normalmente não atende às expectativas de projeto [3], ou seja, o cobrimento mínimo projetado não tem sido alcançado em sua totalidade nas atuais obras que adotam esta solução estrutural [4][7][8].

A garantia de uma espessura de cobrimento adequado com concreto de qualidade, devidamente compactado e curado, resultaria em uma considerável redução no montante de recurso gasto anualmente, em todo o mundo, na reparação e substituição prematura de estruturas de concreto [3].

Muitos dos problemas que acarretam um cobrimento insuficiente estão relacionados com defeitos no projeto, detalhamento ou no fornecimento de materiais, e provavelmente podem apenas ser resolvidos, abordando-os na sua fonte de origem [3].

Em relação ao processo construtivo, a questão do cobrimento está diretamente relacionada aos espaçadores, pois estes são responsáveis pelo correto posicionamento do aço, proporcionando assim uma adequada proteção ao mesmo [9].

Espaçadores são essenciais na execução de estruturas de concreto armado e protendido, tendo o seu uso recomendado pela ABNT NBR 14931 [10]. São amplamente utilizados em grandes quantidades nas construções que adotam esta solução estrutural, que compreende a maioria no país.

Entretanto, a produção e utilização inadequada dos espaçadores têm sido uma das principais causas do mau posicionamento das armaduras [11]. A inexistência de uma norma brasileira que regulamente a produção e o uso dos espaçadores e, conseqüentemente, a falta de certificação de qualidade pelo órgão responsável pela fiscalização de produtos, contribuem para o agravamento desta situação.

Este problema se estende para outros países, como a Espanha. Embora esta adote as recomendações para espaçadores segundo o CEB Bulletins No. 201 [12], não existe um corpo normativo que permita avaliar os distintos espaçadores existentes no mercado espanhol e que possa estabelecer adequado padrão de desempenho para os projetos [9].

Diferentemente do exposto anteriormente, o Reino Unido, além de possuir uma norma que define os requisitos de desempenho, bem como os métodos de avaliação dos espaçadores – Norma Britânica BS 7973 [11] – também há um órgão de certificação responsável por proporcionar confiança aos usuários, compradores e especificadores de aços de construção através de um regime de regulação, teste e inspeção, o CARES (Certification Authority Reinforcing Steels).

Embora isso ainda não exista no Brasil, é importante procurar produtos testados em laboratórios e certificados voluntariamente pelo fabricante [13]. Todavia, em alguns casos, os dados fornecidos pelo fabricante não representam características ou propriedades relevantes, principalmente no que diz respeito à resistência e à durabilidade do material ou sistema [14].

Diante disso, fica evidente a necessidade de uma norma brasileira para espaçadores que regulamente sua produção e uso e, conseqüentemente, a fiscalização e certificação da qualidade dos espaçadores existentes no mercado por parte dos órgãos responsáveis, de forma a eliminar os que possuem desempenho insatisfatório, favorecendo, assim, a busca pela excelência nos produtos fornecidos pelas indústrias.

Neste sentido, buscou-se uma abordagem de desempenho para avaliação dos espaçadores plásticos, definindo-se requisitos, critérios e métodos de avaliação para os mesmos. Em seguida, avaliaram-se alguns modelos de espaçadores disponíveis no mercado a fim de verificar seu desempenho na garantia do cobrimento especificado e, conseqüentemente, a durabilidade das estruturas.

2. Requisitos e critérios de desempenho

O conceito de desempenho é aplicável em diferentes níveis de decomposição e agregação de uma construção: construção como um todo, seus elementos, componentes e materiais [15].

A forma de estabelecimento do desempenho é comum e internacionalmente pensada através da definição de requisitos (qualitativos), critérios (quantitativos ou premissas) e métodos de avaliação, os quais permitem a mensuração clara de seu atendimento [16].

Segundo a ABNT NBR 15575 [16], requisitos de desempenho são condições que expressam qualitativamente os atributos que o produto deve possuir, a fim de que possam atender aos requisitos dos usuários. Por sua vez, critérios de desempenho são especificações quantitativas dos requisitos de desempenho, expressos em termos de quantidades mensuráveis, de modo que possam ser objetivamente determinados.

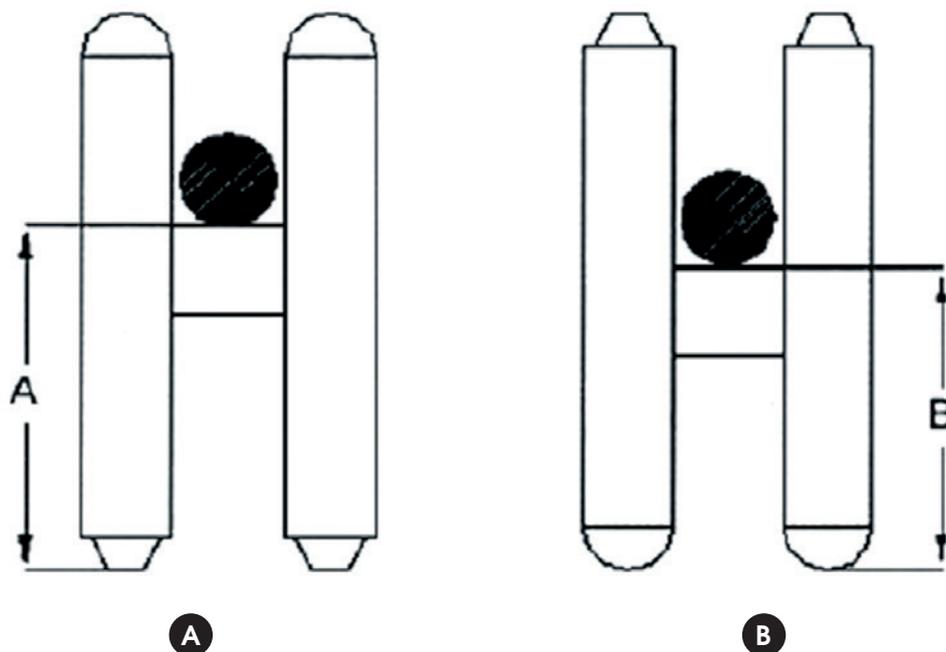
Tendo ciência disto, é desejável uma norma brasileira baseada em desempenho para todo e qualquer item da construção. Entretanto, ainda existem lacunas neste quesito no tocante aos espaçadores, e a ausência de uma norma brasileira reguladora do mesmo impede o controle e fiscalização deste material, facilitando o surgimento de produtos inadequados no mercado.

Na ausência de uma norma brasileira, foram propostos requisitos e critérios de desempenho, ora baseando-se em normais internacionais, ora complementando-as com a proposição de novos requisitos e critérios.

2.1 Dimensionais

Os requisitos e critérios dimensionais são estabelecidos baseados

Figura 1 - Exemplo de um espaçador com duas possíveis posições de aplicação: a) reto b) de cabeça para baixo (9)



na norma europeia CEB Bulletins No. 201 [12] e Norma Britânica BS 7973-1 [11], e consistem em:

- a) proporcionar um único valor de cobrimento [12] ou no máximo dois cobrimentos em um mesmo espaçador, desde que estes estejam claramente identificados no produto [11]. Assim, evitam-se erros na sua aplicação, onde a inversão na sua colocação gera diferença de cobrimento não perceptível, conforme exemplificado na Figura 1;
- b) garantir o cobrimento nominal. Para isso, o espaçador deve pos-

- suir, com precisão, a medida do cobrimento especificado pelo fabricante no momento de sua utilização, com uma tolerância de ± 1 mm para cobrimentos até 75 mm e ± 2 mm para cobrimentos maiores [11][12]. O espaçador deve possuir esta dimensão entre a base de apoio até o posicionamento final do aço no produto;
- c) dimensões mínimas [11][12]: para modelos que são fixados com o auxílio de arame (cadeirinhas e multiapoio), sua base deve possuir no mínimo 20 mm e no máximo 350 mm medidos na direção paralela à barra de aço, e no mínimo 0,75 da dimensão

Figura 2 - Desenho explicativo do requisito de desempenho dimensional, dimensões mínimas: a) ara modelos tipo cadeirinhas e multiapoio; b) para modelos tipo circulares

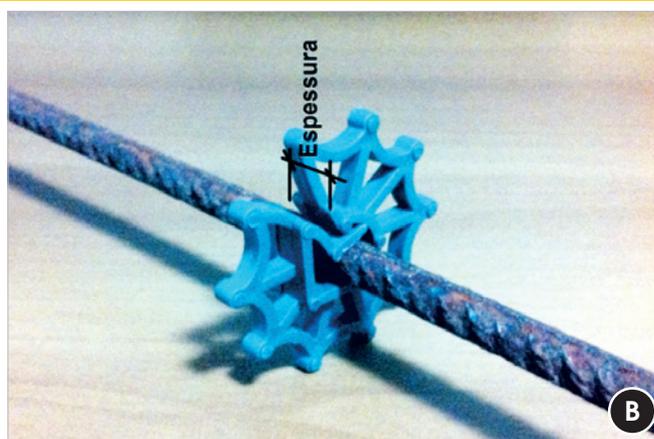
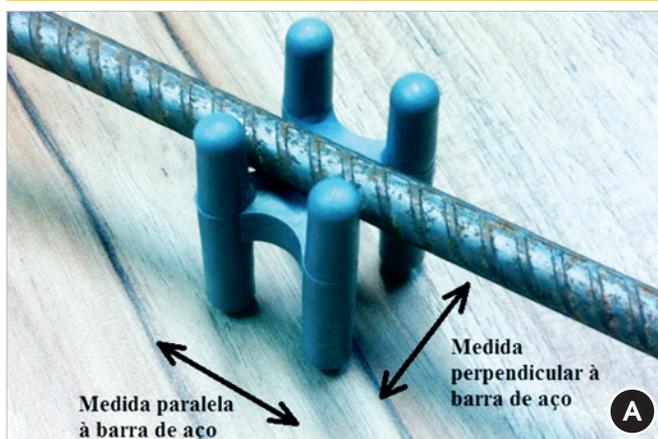


Figura 3 – Explicação do requisito identificação: a) dimensão do cobrimento no produto; b) cores distintas entre espaçadores de cobrimentos diferentes; c) espaçador do mesmo fabricante, do mesmo tipo, e do mesmo modelo, porém com cobrimentos diferentes



de cobrimento medidos perpendicular à barra, conforme orientações da Figura 2a. Para modelos tipo circulares, o centro de apoio onde a barra fica acoplada (Figura 2b) tem que possuir uma espessura superior 0,5 do cobrimento proporcionado.

2.2 Identificação

O produto deve ser de fácil identificação, mesmo quando misturado. Ou seja, a dimensão do cobrimento nominal deve estar visivelmente indicada no produto em si [11], conforme mostrado na Figura 3a.

Embora nenhuma norma exija distinção entre espaçadores, além da identificação do cobrimento no produto, quando se tratar de um mesmo modelo, porém de cobrimentos diferentes, estes devem possuir cores distintas, como indicado na Figura 3b. Desta forma, evita-se que durante uma concretagem com diversas espessuras de cobrimento, o espaçador especificado se confunda com os demais, situação semelhante à Figura 3c.

2.3 Fixação

O espaçador deve possuir a capacidade de se fixar na armadura e

resistir ao deslocamento proposto por uma barra de aço com uma carga de 5 N [11][12]. Diante disso, todo espaçador deve possuir um item de fixação integrado ao produto, de modo a permitir que o mesmo se prenda à armadura, não se soltando e perdendo sua função, como ilustrado na Figura 4. Portanto, este item não pode ficar a cargo da equipe responsável pela montagem da armadura em obra, correndo o risco de não ser executado.

2.4 Estabilidade

O espaçador deve possuir uma estabilidade mínima, de modo que, quando solicitado durante uma concretagem, continue desempenhando seu papel, evitando-se problemas como o tombamento, exemplificado na Figura 5.

2.5 Capacidade de carga

O espaçador deve permanecer íntegro durante o processo de concretagem, resistindo ao carregamento imposto - como o peso da armadura, as operações de montagem e concretagem, o peso de operários e máquinas, entre outros - sob uma carga mínima

Figura 4 – Espaçadores que se soltaram da armadura, não desempenhando mais a sua função

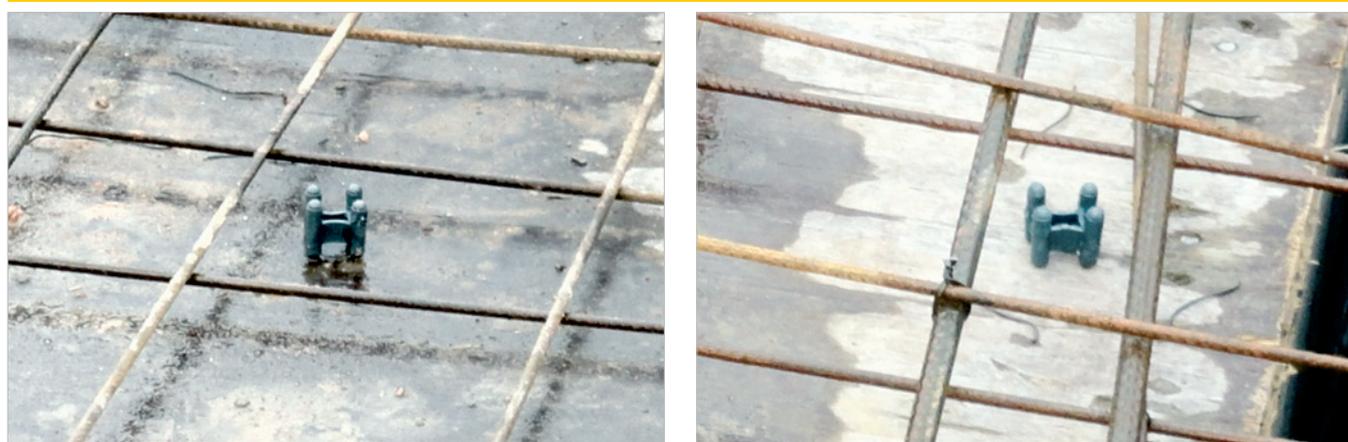


Figura 5 – Espaçador tombado durante um concretagem



Figura 6 – Deformação do espaçador diante da carga em serviço



estimada de 3,0 kN (máxima força sugerida pelo CEB Bulletins No. 201 [12] e pela Norma Britânica BS 7973-1 [11]) para espaçadores com grandes solicitações, como os utilizados em lajes e fundo de vigas (cadeirinhas e multiapoio), e uma carga mínima de 0,25 kN (força leve sugerida pelo CEB Bulletins No. 201 [12] e pela Norma Britânica BS 7973-1 [11]) para espaçadores utilizados nas laterais dos elementos, como os circulares. Estas forças devem ser resistidas sob uma deformação linear máxima permanente, no sentido do cobrimento, de 1 mm [11][12], evitando situações como a da Figura 6.

2.6 Aplicação

O espaçador deve ser facilmente aplicável às barras de aço. Desse modo, não há necessidade de mão de obra qualificada para sua aplicação. Para isso, não devem requerer mais de 0,15 kN (força aplicável por qualquer adulto) para sua colocação no maior diâmetro de barra informado segundo fabricante [11][12].

3. Programa experimental

Depois de estabelecidos os requisitos e critérios de desempenho, listados no subitem anterior, são propostos métodos para sua verificação e avaliação.

3.1 Requisitos e critérios dimensionais

Apesar das normas estrangeiras não se manifestarem a respeito do método de avaliação dos requisitos e critérios dimensionais, foram desenvolvidos os métodos a seguir:

- a) o método de avaliação do desempenho do requisito “proporcionar um único valor de cobrimento ou no máximo dois claramente identificados” consiste em uma inspeção visual e análise de projeto do produto. O desempenho é considerado satisfatório quando o espaçador proporcionar apenas um cobrimento ou, no caso de dois cobrimentos em um mesmo

Figura 7 – Método de avaliação do requisito dimensional:
a) em espaçadores tipo cadeirinha; b) em espaçadores circulares

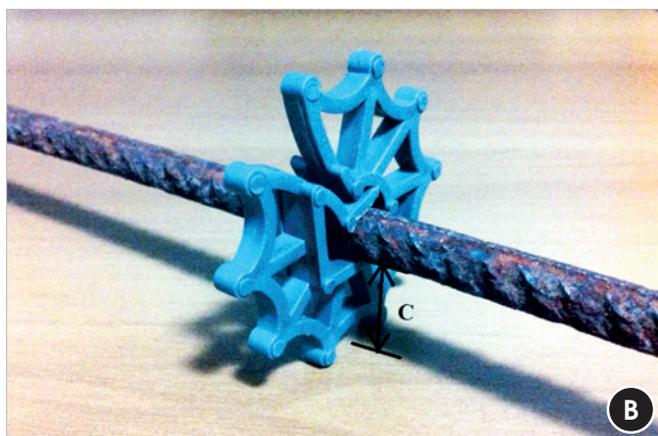


Figura 8 – Medição das dimensões dos espaçadores tipo cadeirinha:
 a) medida paralela ao posicionamento da barra; b) medida perpendicular ao posicionamento da barra; c) medida do centro de apoio do espaçador circular



Tabela 1 – Parâmetros dimensionais para o requisito dimensões mínimas (CEB, 1990 e BS 7973-1, 2001)

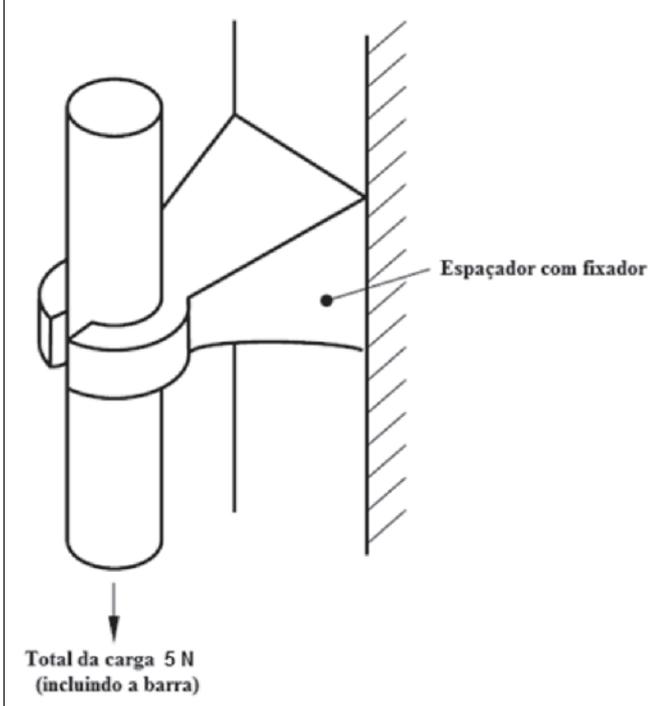
Modelo	Medida mínima da base	
	Perpendicular à barra de aço	Paralela à barra de aço
Cadeirinhas e multiapoio	≥ 0,75 cobrimento proporcionado	≥ 20 mm e ≤ 350 mm
Circulares	–	≥ 0,5 cobrimento proporcionado

espaçador, estes estejam claramente identificados no produto;
 b) o método de avaliação do desempenho do requisito “garantir o cobrimento nominal” consiste em uma inspeção dimensional através da aplicação de uma barra de aço ao espaçador, em seguida é medida, com o auxílio de um paquímetro digital com precisão de 0,02 mm, a distância (C) entre a base de apoio do espaçador e o fundo da barra de

aço, conforme a Figura 7, imediatamente antes e depois do espaçador. O desempenho é considerado satisfatório quando o cobrimento proporcionado pelo produto for igual ao especificado pelo fabricante com uma tolerância de ± 1 mm para cobrimentos até 75 mm e ± 2 mm para cobrimentos maiores;

c) o método de avaliação do desempenho do requisito “dimensões mínimas” também consiste em uma inspeção dimensional a qual é executada com o auxílio de um paquímetro digital com precisão de 0,02 mm, conforme Figura 8. O desempenho é considerado satisfatório quando as medidas atenderem aos valores especificados na Tabela 1.

Figura 9 – Representação esquemática do ensaio de fixação do espaçador (11)(12)



3.2 Requisitos e critérios de identificação

O método de avaliação do desempenho desse requisito consiste em uma inspeção técnica do produto. Caso ele possua a informação do cobrimento nominal de maneira visível, cor diferenciada dos outros espaçadores do mesmo modelo, este é considerado satisfatório, caso contrário é considerado insatisfatório.

3.3 Requisitos e critérios de fixação

O método de avaliação do desempenho desse requisito consiste em uma inspeção técnica e análise de projeto do produto, de forma que, o espaçador deve apresentar um item de fixação integrado. Se o mesmo não possuir algum tipo de fixação integrado, automaticamente é considerado insatisfatório. Entretanto, se o produto apresentar o item de fixação, o método de avaliação é conforme o ensaio proposto pelo CEB Bulletins No. 201 [12] e a Norma Britânica BS 7973-1 [11], no qual se aplica o espaçador a uma barra de aço limpa de menor diâmetro para o qual o espaçador se aplica, segundo o fabricante, com o peso de $5 \text{ N} \pm 0,1 \text{ N}$, conforme Figura 9.

Caso o espaçador impeça o deslizamento da barra, este é considerado satisfatório, caso contrário é considerado insatisfatório. O parâmetro do método de avaliação não contempla tolerâncias.

3.4 Requisitos e critérios de estabilidade

O método de avaliação do desempenho desse requisito consiste em inspeções dimensionais com auxílio de um paquímetro digital com precisão de 0,02 mm, conforme especificações do CEB Bulletins No. 201 [12] e da Norma Britânica BS 7973-1 [11].

Para um espaçador com fixador integrado, exceto espaçador circular, a estabilidade é considerada assegurada quando, para o tombamento sobre a superfície de apoio, o espaçador assegurar um raio de rotação de pelo menos 5 mm maior do que o cobrimento fornecido pelo produto. Este raio deve ser provido pelo espaçador nas dimensões paralela e perpendicular à barra de aço ao qual é aplicado, conforme Figura 10 (a, b e c).

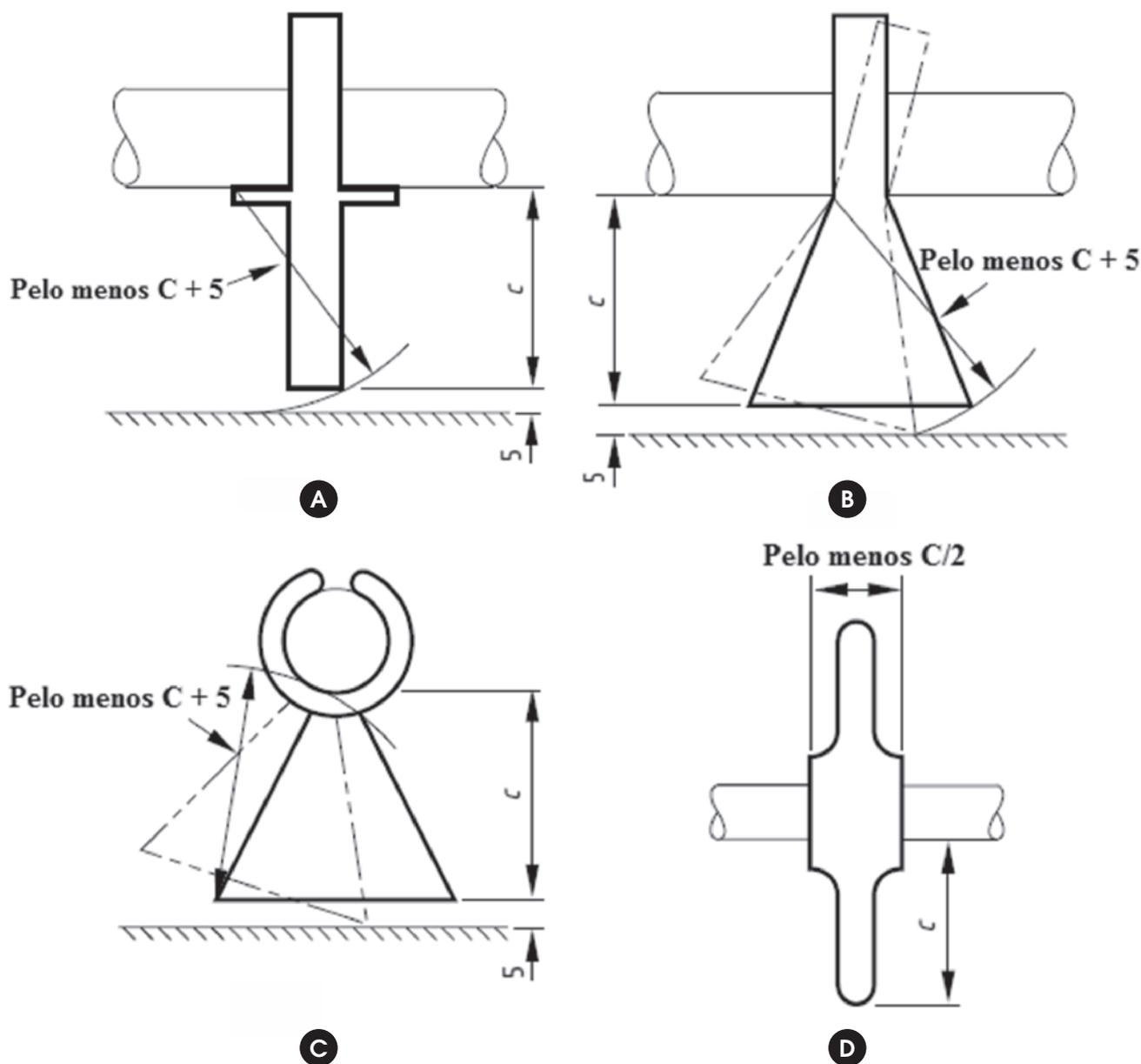
Espaçadores circulares não requerem um raio mínimo de rotação

perpendicular à barra, pois a estabilidade é fornecida pela largura do apoio central paralelo à barra, que deve ser maior do que a metade do cobrimento fornecido, de acordo com o exemplificado na Figura 10d. Espaçadores que não possuírem item de fixação ou não atenderem aos parâmetros e critérios de desempenho descritos são considerados insatisfatórios.

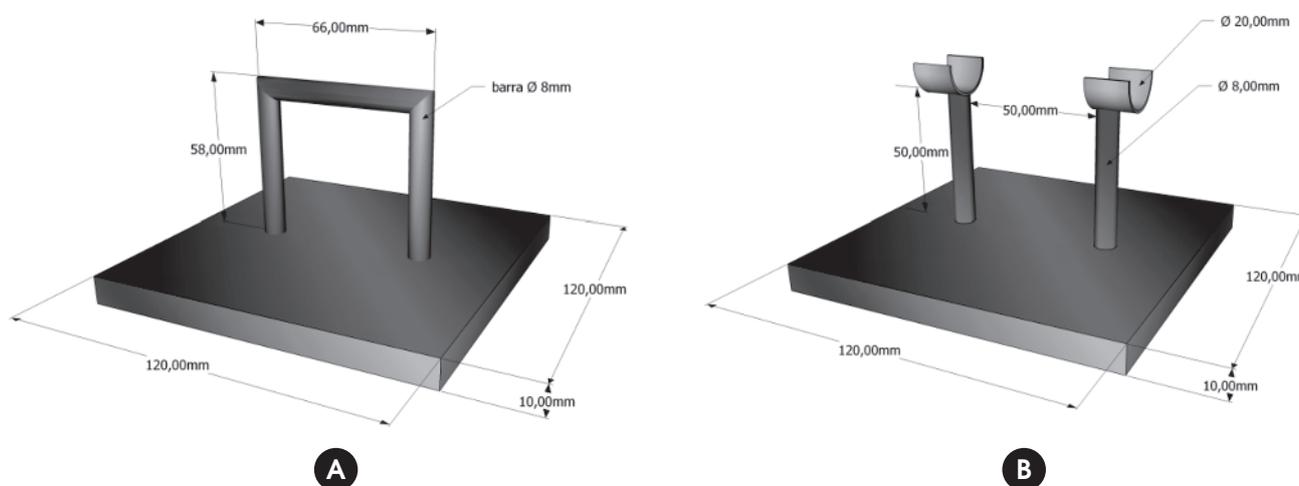
3.5 Requisitos e critérios de capacidade de carga

A avaliação do requisito capacidade de carga é uma adaptação do método proposto pelo CEB Bulletins No. 201 [12] e pela Norma Britânica BS 7973-1 [11], que consiste em um ensaio laboratorial. Para possibilitar a realização do ensaio, foi desenvolvido o primeiro dispositivo da Figura 11, no qual se aplica o espaçador na barra

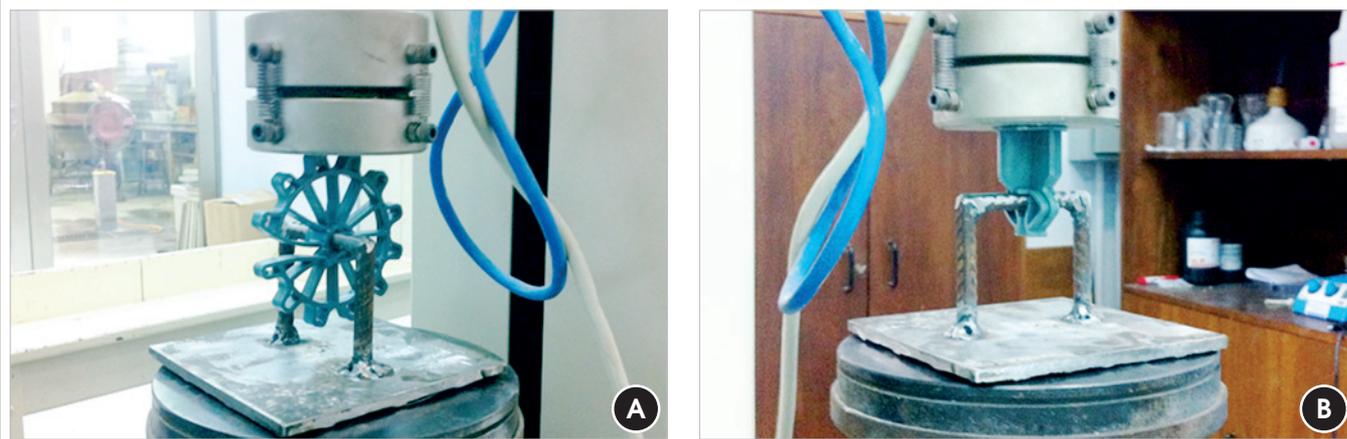
Figura 10 – Requisitos geométricos de estabilidade de espaçadores com fixadores integrados (11)(12): a) raio de rotação paralelo à barra de aço; b) raio de rotação perpendicular à barra de aço; c) raio de rotação perpendicular à barra de aço; d) largura do apoio central de espaçadores circulares



**Figura 11 – Dispositivos desenvolvidos para avaliação de desempenho:
a) do requisito capacidade de carga; b) do requisito fixação**



**Figura 12 – Ensaio de capacidade de carga:
a) em espaçadores circulares; b) em espaçadores cadeirinha**



de aço de 8 mm do dispositivo, assim como na Figura 12. Em seguida, insere-se o conjunto (dispositivo + espaçador) em uma prensa e aplica-se força até a capacidade de carga requerida do espaçador, conforme Tabela 2.

Após a interrupção do ensaio, seja por rompimento ou por atingir a capacidade de carga, retirar o conjunto da prensa e verificar a deformação linear máxima permanente no sentido do cobrimento, que deve ser menor do que 1 mm. Através do programa da prensa, são gerados gráficos de força versus deformação a respeito do comportamento do material.

No caso de espaçadores que possibilitam dois cobrimentos distintos, este deve ser testado em sua posição mais desfavorável, ou seja, aplicado no dispositivo conforme o maior cobrimento proporcionado. São considerados satisfatórios os produtos que atendem aos critérios de desempenho estabelecidos.

Embora o CEB Bulletins No. 201 [12] e a Norma Britânica BS 7973-1 [11] possuam um método diferente para esta avaliação (Figura 13), o ensaio proposto acima foi concebido com a finalidade de obter gráficos gerados pela prensa do comportamento do material quanto à força e deformação do mesmo.

Tabela 2 – Parâmetros para o valor da carga máxima aplicada no ensaio do método de avaliação do requisito capacidade de carga

Espaçador	Solicitação	Capacidade de carga
Cadeirinha e Multiapoio	Pesada	3,0 kN
Circular	Leve	0,25 kN

Figura 13 - Aparato para teste de capacidade de carga (11)(12)

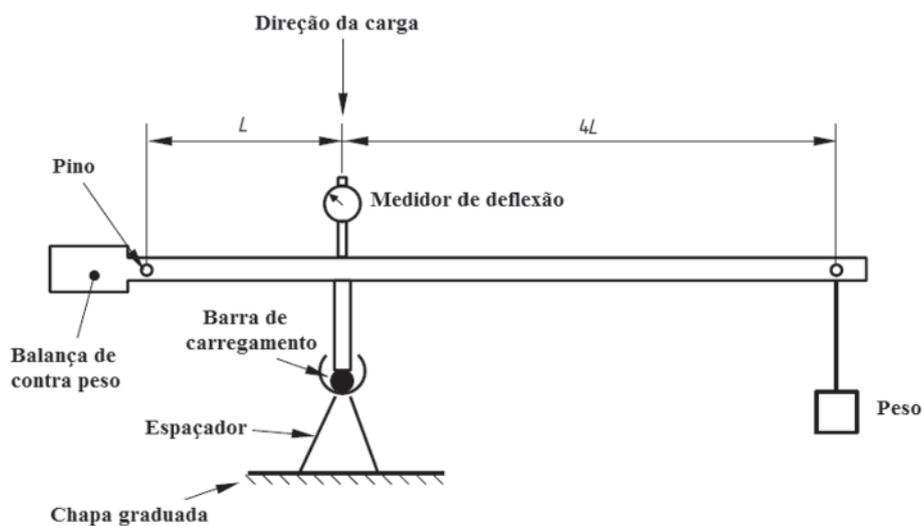


Figura 14 - Ensaio de aplicação do espaçador à barra de aço:
a) em espaçadores circulares; b) em espaçadores cadeirinha



Tabela 3 – Resultados da avaliação do requisito dimensional dos espaçadores de formato cadeirinha dos Fabricantes A, B e C

Fabricante	A				B			C	
	A1		A2		B2	B5		C4	
Geral	Modelo								
									
	Cadeirinha		Cadeirinha		Cadeirinha	Cadeirinha		Cadeirinha	
	Cobrimto especificado		Cobrimto especificado		Cobrimto especificado	Cobrimto especificado		Cobrimto especificado	
	15	20	15	20	20	25	30	20	
Dimensionais	a) Proporciona um único cobrimto ou no máximo dois claramente identificados?								
	Não		Não		Sim	Não		Sim	
	b) Garante o cobrimto mínimo nominal?								
	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	
	Quant. de unidades reprovadas								
0/15	0/15	0/15	0/15	0/15	0/15	0/15	0/15	0/15	
c) Possui as dimensões mínimas?									
Sim		Sim		Sim	Sim		Sim		
Quant. de unidades reprovadas									
0/15	0/15	0/15	0/15	0/15	0/15	0/15	0/15	20	

3.6 Requisitos e critérios de aplicação

O método de avaliação do desempenho deste requisito consiste em ensaio laboratorial no qual se apoia o espaçador sobre o maior diâmetro de barra recomendado pelo seu fabricante, em seguida, o conjunto é inserido em uma prensa, conforme Figura 14, e a carga é aplicada até o encaixe total do espaçador à barra de aço. O produto é considerado satisfatório quando este não exigir mais de 0,15 kN de força para sua completa aplicação.

Apesar do CEB Bulletins No. 201 [12] e a Norma Britânica BS 7973-1 [11] não indicarem um método específico para avaliação desse requisito, o ensaio proposto foi concebido a fim de se ter um método de avaliação desse requisito. Desta forma, desenvolveu-se o segundo dispositivo especificado na Figura 11.

3.7 Validação dos métodos de avaliação do desempenho dos espaçadores

Para validar os métodos de avaliação propostos, foram ensaiados 18 modelos de espaçadores de 5 fabricantes distintos (A, B, C, D e E) e mais 10 modelos de fornecedores não identificados (X). Todos os espaçadores foram obtidos em obras que colaboraram com a pesquisa e consistem em 10 modelos de espaçadores no formato cadeirinha, 13 circulares e 5 multiapoio.

Seguindo critérios do CEB Bulletins No. 201 [12], um mínimo de 10 unidades de cada modelo específico foi testado de acordo com a avaliação proposta e no mínimo 90% das unidades devem satisfazer os requisitos propostos.

Sempre que uma amostra (de no mínimo 10 unidades do produto)

Tabela 4 – Resultados da avaliação do requisito dimensional dos espaçadores de formato cadeirinha do Fabricante E e dos Fabricantes desconhecidos

Fabricante	E	X					
	E2	X1	X2	X9	X10		
Geral	Modelo						
							
	Cadeirinha						
	Cobrimto especificado						
	15 20	25 30	20	20	20		
Dimensionais	a) Proporciona um único cobrimto ou no máximo dois claramente identificados?						
	Não		Não		Sim	Sim	Sim
	b) Garante o cobrimto mínimo nominal?						
	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	
	Quant. de unidades reprovadas						
0/15	0/15	0/15	0/15	0/11	0/11	0/15	
c) Possui as dimensões mínimas?							
Sim		Sim		Sim	Sim	Sim	
Quant. de unidades reprovadas							
0/15	0/15	0/15	0/15	0/15	0/11	0/11	0/15

Tabela 5 – Resultados da avaliação do requisito dimensional dos espaçadores de formato circular dos Fabricantes A, B e C

Geral	Fabricante	A		B		C	
	Modelo	A3	B1	B3	B4	C1	C2
	Formato	Circular	Circular	Circular	Circular	Circular	Circular
	Cobrimento especificado	25	15	35	25	20	25
Dimensionais	a) Proporciona um único cobrimento ou no máximo dois claramente identificados?	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
	b) Garante o cobrimento mínimo nominal?	Sim	Não	Sim	Sim	Não	Não
	Quant. de unidades reprovadas	0/15	8/15	0/15	0/15	15/15	15/15
	c) Possui as dimensões mínimas?	Sim	Sim	Não	Não	Sim	Não
	Quant. de unidades reprovadas	0/15	0/15	15/15	15/15	0/15	15/15

não conseguir atender aos requisitos especificados anteriormente, todo o lote de espaçadores é rejeitado e considerado insatisfatório.

4. Resultados e discussões

A seguir, estão apresentados e discutidos os resultados obtidos separados por requisitos.

4.1 Dimensionais

Na Tabela 3 e na Tabela 4 se encontram as avaliações de desempenho dos espaçadores do formato cadeirinha, por meio das quais fica

evidente que os modelos A1, A2, B5, E2 e X1 não satisfizeram o primeiro requisito dimensional. Entretanto, todas as cadeirinhas foram aprovadas na avaliação do segundo e terceiro requisito dimensional. Para os espaçadores circulares, os resultados da avaliação de desempenho do requisito dimensional se encontram na Tabela 5 e na Tabela 6. Nota-se que todos os modelos foram aprovados no primeiro requisito dimensional. Já no segundo requisito, apenas os modelos A3, B3, B4, D3 e E1 se mostraram satisfatórios. No último requisito dimensional, somente os modelos B3, B4, C2, D3 e X3 foram reprovados.

A avaliação de desempenho dos espaçadores do formato multiapoio está na Tabela 7, na qual fica demonstrado que, para o

Tabela 6 – Resultados da avaliação do requisito dimensional dos espaçadores de formato circular dos Fabricantes D, E e Fabricantes desconhecidos

Geral	Fabricante	D	E	X				
	Modelo	D3	E1	X3	X4	X5	X6	X7
	Formato	Circular						
	Cobrimento especificado	40	20	20	20	30	20	15
Dimensionais	a) Proporciona um único cobrimento ou no máximo dois claramente identificados?	Sim						
	b) Garante o cobrimento mínimo nominal?	Sim	Sim	Não	Não	Não	Não	Não
	Quant. de unidades reprovadas	0/15	0/15	2/10	13/14	14/14	15/15	3/15
	c) Possui as dimensões mínimas?	Não	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	Sim
	Quant. de unidades reprovadas	15/15	0/15	10/10	0/14	0/14	0/15	0/15

Tabela 7 – Resultados da avaliação do requisito dimensional dos espaçadores de formato multiapoio dos Fabricantes C, D, E e Fabricantes desconhecidos

Fabricante		C	D		E	X
		C3	D1	D2	E3	X8
Geral	Modelo					
	Formato	Multiapoio	Multiapoio	Multiapoio	Multiapoio	Multiapoio
	Cobrimento especificado	25	15	20	25	25
Dimensionais	a) Proporciona um único cobrimento ou no máximo dois claramente identificados?	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
	b) Garante o cobrimento mínimo nominal?	Sim	Não	Não	Sim	Sim
	Quant. de unidades reprovadas	0/12	15/15	15/15	0/15	0/15
	c) Possui as dimensões mínimas?	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
	Quant. de unidades reprovadas	0/12	0/15	0/15	0/15	0/15

primeiro e terceiro requisito dimensional, todos os modelos mostraram-se satisfatórios. Entretanto, na avaliação do segundo requisito dimensional, apenas o modelo D1 e D2 foram reprovados, e assim considerados insatisfatórios.

Desta forma, dos 28 modelos de espaçadores avaliados, 10 foram aprovados em todos os requisitos dimensionais (B2, C4, X2, X9, X10, A3, E1, C3, E3 e X8) de forma que 18 foram considerados insatisfatórios em pelo menos uma alguma avaliação deste requisito.

4.2 Identificação

Na avaliação do requisito identificação, nenhum modelo de espaçador avaliado apresentou o cobrimento nominal no produto em si. Quanto à diferenciação de cores de um mesmo modelo, porém com cobrimentos diferentes, nenhum fabricante identificado (Fabricantes A, B, C, D e E) possui esta distinção entre seus modelos. O mesmo não pode ser afirmado para os fabricantes não identificados (fabricantes desconhecidos), pois o desconhecimento do produtor impediu o rastreamento dos produtos de mesmo modelo.

Embora nenhum modelo avaliado tenha satisfeito este requisito, existem espaçadores que seriam aprovados na avaliação, como os mostrados na Figura 15. No entanto, esses não foram avaliados, pois não se dispunha de uma amostra suficiente para avaliação.

4.3 Fixação

Como não existia, para todos os modelos avaliados, especificação do fabricante em relação ao diâmetro mínimo de armadura para o qual os espaçadores são adequados, adotou-se o menor diâmetro permitido para estribos, 5 mm, segundo a ABNT NBR 6118 [17].

Na Tabela 8 e na Tabela 9 se encontram as avaliações do requisito fixação do modelo cadeirinha. Apesar dos modelos B2, C4, X9 e X10 terem apresentado item de fixação, este não foi capaz de impedir o deslizamento da barra de aço, logo nenhum modelo atendeu satisfatoriamente aos requisitos e critérios estabelecidos, sendo todos reprovados segundo o método de avaliação proposto. Já para os modelos circulares, o resultado da avaliação está na Tabela 10 e na Tabela 11. Devido aos modelos circulares

Figura 15 – Espaçadores que satisfazem o requisito identificação

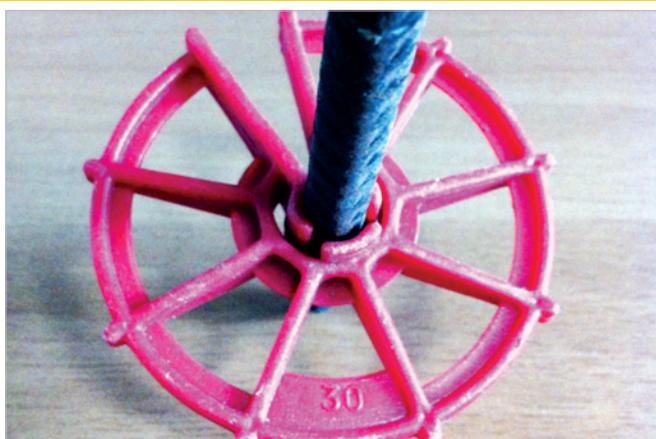


Tabela 8 – Resultados da avaliação do requisito fixação dos espaçadores de formato cadeirinha dos Fabricantes A, B e C

Fabricante		A		B		C
		A1	A2	B2	B5	C4
Geral	Modelo					
	Formato	Cadeirinha	Cadeirinha	Cadeirinha	Cadeirinha	Cadeirinha
	Cobrimto especificado	15 20	15 20	20	25 30	20
Fixação	Possui item de fixação integrado?	Não	Não	Sim	Não	Sim
	→ Se SIM, este impede o deslizamento da barra?	N/A	N/A	Não	N/A	Não
	Quant. de unidades reprovadas	15/15	15/15	3/15	15/15	4/15

Tabela 9 – Resultados da avaliação do requisito fixação dos espaçadores de formato cadeirinha do Fabricante E e dos Fabricantes desconhecidos

Fabricante		E	X			
		E2	X1	X2	X9	X10
Geral	Modelo					
	Formato	Cadeirinha	Cadeirinha	Cadeirinha	Cadeirinha	Cadeirinha
	Cobrimto especificado	15 20	25 30	20	20	20
Fixação	Possui item de fixação integrado?	Não	Não	Não	Sim	Sim
	→ Se SIM, este impede o deslizamento da barra?	N/A	N/A	N/A	Não	Não
	Quant. de unidades reprovadas	15/15	15/15	15/15	4/11	6/15

Tabela 10 – Resultados da avaliação do requisito fixação dos espaçadores de formato circular dos Fabricantes A, B e C

Fabricante		A	B		C		
		A3	B1	B3	B4	C1	C2
Geral	Modelo						
	Formato	Circular	Circular	Circular	Circular	Circular	Circular
	Cobrimto especificado	25	15	35	25	20	25
Fixação	Possui item de fixação integrado?	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
	→ Se SIM, este impede o deslizamento da barra?	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
	Quant. de unidades reprovadas	0/15	0/15	0/15	0/15	0/15	0/15

Tabela 11 – Resultados da avaliação do requisito fixação dos espaçadores de formato circular dos Fabricantes D, E e Fabricantes desconhecidos

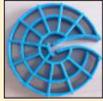
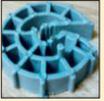
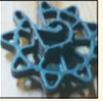
Fabricante	D	E	X				
	D3	E1	X3	X4	X5	X6	X7
Geral							
Modelo							
Formato	Circular	Circular	Circular	Circular	Circular	Circular	Circular
Cobrimento especificado	40	20	20	20	30	20	15
Fixação							
Possui item de fixação integrado?	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
→ Se SIM, este impede o deslizamento da barra?	Não	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	Sim
Quant. de unidades reprovadas	15/15	0/15	10/10	0/14	0/14	0/15	1/15

Tabela 12 – Resultados da avaliação do requisito fixação dos espaçadores de formato multiapoio dos Fabricantes C, D, E e Fabricantes desconhecidos

Fabricante	C	D		E	X
	C3	D1	D2	E3	X8
Geral					
Modelo					
Formato	Multiapoio	Multiapoio	Multiapoio	Multiapoio	Multiapoio
Cobrimento especificado	25	15	20	25	25
Fixação					
Possui item de fixação integrado?	Não	Não	Não	Não	Não
→ Se SIM, este impede o deslizamento da barra?	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Quant. de unidades reprovadas	15/15	15/15	15/15	15/15	15/15

Tabela 13 – Resultados da avaliação do requisito estabilidade dos espaçadores de formato cadeirinha dos Fabricantes A, B e C

Fabricante	A		B		C
	A1	A2	B2	B5	C4
Geral					
Modelo					
Formato	Cadeirainha	Cadeirainha	Cadeirainha	Cadeirainha	Cadeirainha
Cobrimento especificado	15 20	15 20	20	25 30	20
Estabilidade					
Possui estabilidade?	Não	Não	Não	Não	Não
Quant. de unidades reprovadas	15/15	15/15	15/15	15/15	15/15

Tabela 14 – Resultados da avaliação do requisito estabilidade dos espaçadores de formato cadeirinha do Fabricante E e dos Fabricantes desconhecidos

Fabricante		E	X			
		E2	X1	X2	X9	X10
Geral	Modelo					
	Formato	Cadeirinha	Cadeirinha	Cadeirinha	Cadeirinha	Cadeirinha
	Cobrimento especificado	15 20	25 30	20	20	20
Estabilidade	Possui estabilidade?	No	No	No	No	No
	Quant. de unidades reprovadas	15/15	15/15	15/15	10/11	15/15

apresentarem item de fixação, todos foram testados e a maioria aprovados. Entretanto, os modelos D3 e X3 foram reprovados, pois não resistiram ao deslocamento da barra de aço.

Assim como os espaçadores cadeirinha, todos os modelos de formato multiapoio tiveram o seu desempenho reprovado. O desempenho insatisfatório se deu de forma automática por não possuírem item de fixação, conforme Tabela 12.

De uma forma geral, dos 28 modelos de espaçadores avaliados no requisito fixação, somente 17 modelos apresentaram item de fixação, dos quais apenas 11 (A3, B1, B3, B4, C1, C2, E1, X4, X5, X6 e X7) foram aprovados.

4.4 Estabilidade

Para o requisito estabilidade, os resultados das avaliações dos espaçadores de formato cadeirinha estão expostos na Tabela 13 e na Tabela 14. Conforme informado, nenhum modelo foi aprovado segundo o método de avaliação proposto.

Para o formato circular, embora todos possuam item de fixação, item essencial para proporcionar estabilidade, apenas os modelos A3, B1, C1, E1, X4, X5, X6 e X7 foram aprovados no método de avaliação proposto. Os demais modelos de formato circular apresentaram desempenho insatisfatório, segundo Tabela 15 e Tabela 16.

Por não apresentarem item de fixação, os modelos de formato multiapoio nem foram avaliados, sendo automaticamente considerados insatisfatórios, conforme Tabela 17.

Resumidamente, na avaliação do requisito estabilidade se obtiveram 8 modelos aprovados e 20 modelos reprovados segundo o método de avaliação proposto.

4.5 Capacidade de carga

Conforme definido, a avaliação deste requisito depende de duas variáveis: capacidade de carga resistida e deformação linear máxima permanente. Para os modelos de formato cadeirinha, os resultados se encontram na Tabela 18 e na Tabela 19.

Nota-se que, dos 10 modelos avaliados, apenas 2 (B2 e X9) comprovaram desempenho satisfatório neste requisito, enquanto o restante foi considerado insatisfatório.

Na Tabela 20 e na Tabela 21 se encontram os resultados da avaliação do requisito capacidade de carga para os formatos circulares. Embora a maioria dos modelos de espaçadores circulares terem resistido à carga mínima exigida, muitos obtiveram deformação linear permanente superior à máxima permitida. Portanto, somente os modelos C1 e X6 apresentaram deformação linear permanente inferior a 1 mm e foram aprovados, apresentando desempenho satisfatório.

Tabela 15 – Resultados da avaliação do requisito estabilidade dos espaçadores de formato circular dos Fabricantes A, B e C

Fabricante		A	B		C		
		A3	B1	B3	B4	C1	C2
Geral	Modelo						
	Formato	Circular	Circular	Circular	Circular	Circular	Circular
	Cobrimento especificado	25	15	35	25	20	25
Estabilidade	Possui estabilidade?	Sim	Sim	Não	Não	Sim	Não
	Quant. de unidades reprovadas	0/15	0/15	15/15	14/15	0/15	15/15

Tabela 16 – Resultados da avaliação do requisito estabilidade dos espaçadores de formato circular dos Fabricantes D, E e Fabricantes desconhecidos

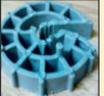
Fabricante	D	E	X				
	D3	E1	X3	X4	X5	X6	X7
Geral							
Modelo							
Formato	Circular	Circular	Circular	Circular	Circular	Circular	Circular
Cobrimento especificado	40	20	20	20	30	20	15
Estabilidade							
Possui estabilidade?	Não	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	Sim
Quant. de unidades reprovadas	15/15	0/15	10/10	0/14	0/14	0/15	0/15

Tabela 17 – Resultados da avaliação do requisito estabilidade dos espaçadores de formato multiapoio dos Fabricantes C, D, E e Fabricantes desconhecidos

Fabricante	C	D		E	X
	C3	D1	D2	E3	X8
Geral					
Modelo					
Formato	Multiapoio	Multiapoio	Multiapoio	Multiapoio	Multiapoio
Cobrimento especificado	25	15	20	25	25
Estabilidade					
Possui estabilidade?	Não	Não	Não	Não	Não
Quant. de unidades reprovadas	15/15	15/15	15/15	15/15	15/15

Tabela 18 – Resultados da avaliação do requisito capacidade de carga dos espaçadores de formato cadeirinha dos Fabricantes A, B e C

Fabricante	A		B		C
	A1	A2	B2	B5	C4
Geral					
Modelo					
Formato	Cadeirinha	Cadeirinha	Cadeirinha	Cadeirinha	Cadeirinha
Cobrimento especificado	15 20	15 20	20	25 30	20
Capacidade de carga					
Possui capacidade de carga?	Não	Não	Sim	Não	Não
Quant. de unidades reprovadas	14/14	15/15	1/14	15/15	15/15
→ Se SIM, a deformação linear permanente foi menor que 1 mm?	N/A	N/A	Sim	N/A	N/A
Quant. de unidades reprovadas	14/14	15/15	1/14	15/15	15/15

Nenhum modelo de formato multiapoio foi aprovado segundo o método de avaliação proposto, conforme a Tabela 22. De todos os formatos, este foi o que mais apresentou variabilidade na carga resistida. Isso se justifica a diversidade de posições permitidas para sua aplicação. Podendo o mesmo ser posicionado perpendicular, paralelo, ou na diagonal à barra.

No geral, dos 28 modelos de espaçadores avaliados neste requisito, 4 (B2, X9, C1 e X6) apresentaram desempenho satisfatório e 24 apresentaram desempenho insatisfatório segundo método de avaliação estabelecido.

4.6 Aplicação

Diferentemente dos modelos de espaçadores de fabricantes identificados, os modelos que possuem fabricantes desconhecidos foram avaliados segundo um método alternativo, pois os mesmos não continham a informação do maior diâmetro recomendado para sua aplicação. Tal método consistiu de tentativa e erro, no qual o espaçador é aplicado desde os diâmetros menores até os maiores progressivamente, até o mesmo não conseguir ser encaixado com a força máxima requerida.

Tabela 19 – Resultados da avaliação do requisito capacidade de carga dos espaçadores de formato cadeirinha do Fabricante E e dos Fabricantes desconhecidos

Fabricante	E	X			
	E2	X1	X2	X9	X10
Geral					
Modelo	Cadeira	Cadeira	Cadeira	Cadeira	Cadeira
Formato	Cadeira	Cadeira	Cadeira	Cadeira	Cadeira
Cobrimto especificado	15 20	25 30	20	20	20
Capacidade de carga					
Possui capacidade de carga?	Não	Não	Não	Sim	Não
Quant. de unidades reprovadas	15/15	15/15	15/15	0/11	15/15
→ Se SIM, a deformação linear permanente foi menor que 1 mm?	N/A	N/A	N/A	Sim	N/A
Quant. de unidades reprovadas	15/15	15/15	15/15	0/11	15/15

Tabela 20 – Resultados da avaliação do requisito capacidade de carga dos espaçadores de formato circular dos Fabricantes A, B e C

Fabricante	A	B		C		
	A3	B1	B3	B4	C1	C2
Geral						
Modelo	Circular	Circular	Circular	Circular	Circular	Circular
Formato	Circular	Circular	Circular	Circular	Circular	Circular
Cobrimto especificado:	25	15	35	25	20	25
Capacidade de carga						
Possui capacidade de carga?	Sim	Não	Sim	Não	Sim	Sim
Quant. de unidades reprovadas	1/15	2/15	0/15	2/15	1/14	0/15
→ Se SIM, a deformação linear permanente foi menor que 1 mm?	Não	N/A	Não	N/A	Sim	Não
Quant. de unidades reprovadas	13/15	15/15	3/15	15/15	1/14	4/15

Os resultados da avaliação para os modelos de formato cadeia estão expostos na Tabela 23 e na Tabela 24, através das quais fica evidente que apenas os modelos B2 e C4 foram reprovados, apresentando desempenho insatisfatório.

Para os formatos circulares, os modelos A3, B3, C1 e C2 foram considerados insatisfatório, pois foram reprovados na avaliação de desempenho. Enquanto que, todos os outros modelos foram aprovados neste requisito, conforme Tabela 25 e Tabela 26.

Já para os formatos multiapoio, todos os modelos avaliados foram aprovados segundo o método de avaliação proposto, segundo a

Tabela 27, não apresentando nenhuma resistência para aplicação na barra de aço.

Resumidamente, apenas 6 modelos foram reprovados na avaliação deste requisito, enquanto que 22 foram aprovados, apresentando desempenho satisfatório.

5. Conclusões

Nenhum modelo de espaçador avaliado provou-se satisfatório para todos os requisitos e critérios estabelecidos. Considerando-se os

Tabela 21 – Resultados da avaliação do requisito capacidade de carga dos espaçadores de formato circular dos Fabricantes D, E e Fabricantes desconhecidos

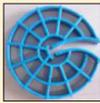
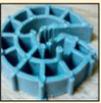
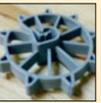
Fabricante	D	E	X					
	D3	E1	X3	X4	X5	X6	X7	
Geral	Modelo							
								
	Formato	Circular	Circular	Circular	Circular	Circular	Circular	Circular
	Cobrimento especificado	40	20	20	20	30	20	15
Capacidade de carga	Possui capacidade de carga?	Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Sim
	Quant. de unidades reprovadas	0/15	1/15	0/10	2/14	0/14	1/14	0/14
	→ Se SIM, a deformação linear permanente foi menor que 1 mm?	Não	Não	Não	N/A	Não	Sim	Não
	Quant. de unidades reprovadas	11/15	15/15	2/10	5/14	2/14	1/14	5/14

Tabela 22 – Resultados da avaliação do requisito capacidade de carga dos espaçadores de formato multiapoio dos Fabricantes C, D, E e Fabricantes desconhecidos

Fabricante	C	D		E	X	
	C3	D1	D2	E3	X8	
Geral	Modelo					
						
	Formato	Multiapoio	Multiapoio	Multiapoio	Multiapoio	
	Cobrimento especificado	25	15	20	25	
Capacidade de carga	Possui capacidade de carga?	Não	Não	Não	Não	Não
	Quant. de unidades reprovadas	12/12	15/15	15/15	15/15	15/15
	→ Se SIM, a deformação linear permanente foi menor que 1 mm?	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Quant. de unidades reprovadas	12/12	15/15	15/15	15/15	15/15

Tabela 23 – Resultados da avaliação do requisito aplicação dos espaçadores de formato cadeirinha dos Fabricantes A, B e C

Fabricante	A		B		C
	A1	A2	B2	B5	C4
Geral					
Modelo					
Formato	Cadeirinha	Cadeirinha	Cadeirinha	Cadeirinha	Cadeirinha
Cobrimento especificado	15 20	15 20	20	25 30	20
Aplicação					
Possui fácil aplicação?	Sim	Sim	Não	Sim	Não
Quant. de unidades reprovadas	0/15	0/15	15/15	0/15	15/15

Tabela 24 – Resultados da avaliação do requisito aplicação dos espaçadores de formato cadeirinha do Fabricante E e dos Fabricantes desconhecidos

Fabricante	E	X			
	E2	X1	X2	X9	X10
Geral					
Modelo					
Formato	Cadeirinha	Cadeirinha	Cadeirinha	Cadeirinha	Cadeirinha
Cobrimento especificado	15 20	25 30	20	20	20
Aplicação					
Possui fácil aplicação?	Sim	Sim	Sim, até aços ϕ 6,3 mm	Sim, até aços ϕ 6,3 mm	Sim, até aços ϕ 12,5 mm
Quant. de unidades reprovadas	0/15	0/15	0/15	0/11	0/15

Tabela 25 – Resultados da avaliação do requisito aplicação dos espaçadores de formato circular dos Fabricantes A, B e C

Fabricante	A	B	C			
	A3	B1	B3	B4	C1	C2
Geral						
Modelo						
Formato	Circular	Circular	Circular	Circular	Circular	Circular
Cobrimento especificado	25	15	35	25	20	25
Aplicação						
Possui fácil aplicação?	Não	Sim	Não	Sim	Não	Não
Quant. de unidades reprovadas	15/15	0/15	15/15	0/15	15/15	15/15

requisitos e critérios de desempenho utilizados como adequados para avaliar o desempenho dos espaçadores, os espaçadores poderiam ser considerados como um dos prováveis fatores para a não obtenção dos cobrimentos de projeto nas obras atuais.

Entretanto, ficou claro que todo e qualquer requisito e critério estabelecido pode ser satisfeito, visto que pelo menos um modelo de espaçador foi aprovado em cada avaliação, excetuando-se o requisito de identificação que, embora não tenha tido um modelo avaliado aprovado, pode-se afirmar que existem modelos de fabricantes, que não participaram desta avaliação, que satisfazem tal requisito, conforme foi exemplificado. Assim sendo, cruzando-se as características dos modelos aprovados em cada requisito, é possível obter um espaçador com desempenho adequado a sua função.

Diante da variedade e diversificação de espaçadores ofertados, assim como o diferente comportamento de cada um, fica comprovada a necessidade de uma norma regulamentadora para este

produto, a fim de balizar a qualidade dos disponíveis no mercado, promovendo um aperfeiçoamento do material, bem como eliminação dos produtos insatisfatórios.

6. Agradecimentos

À CAPES pelo fomento à pesquisa, à UFRGS em especial ao NORIE, pelo assessoramento e disposição de equipamentos e todos que auxiliaram no desenvolvimento desta pesquisa.

7. Referências bibliográficas

- [1] LI, K.; CHEN, Z.; LIAN, H. Concepts and requirements of durability design for concrete structures: an extensive review of CCES01. In: Material and Structure. Ed. 41, page 717-731. Beijing, 2007.

Tabela 26 – Resultados da avaliação do requisito aplicação dos espaçadores de formato circular dos Fabricantes D, E e Fabricantes desconhecidos

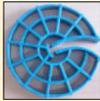
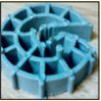
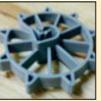
Fabricante		D	E	X				
		D3	E1	X3	X4	X5	X6	X7
Geral	Modelo							
	Formato	Circular	Circular	Circular	Circular	Circular	Circular	Circular
	Cobrimento especificado	40	20	20	20	30	20	15
Aplicação	Possui fácil aplicação?	Sim	Sim	Sim, até aços ϕ 12,5 mm	Sim, até aços ϕ 6,3 mm	Sim, até aços ϕ 12,5 mm	Sim, até aços ϕ 10,0 mm	Sim, até aços ϕ 8 mm
	Quant. de unidades reprovadas	0/15	0/15	0/10	0/14	0/14	0/15	0/15

Tabela 27 – Resultados da avaliação do requisito aplicação dos espaçadores de formato multiapoio dos Fabricantes C, D, E e Fabricantes desconhecidos

Fabricante		C	D		E	X
		C3	D1	D2	E3	X8
Geral	Modelo					
	Formato	Multiapoio	Multiapoio	Multiapoio	Multiapoio	Multiapoio
	Cobrimento especificado	25	15	20	25	25
Aplicação	Possui fácil aplicação?	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
	Quant. de unidades reprovadas	0/12	0/15	0/15	0/15	0/15

- [2] ROSTAM, S. Service life design of concrete structures – A challenge to designers as well as to owners. In: Asian Journal of Civil Engineering (Building and Housing). Vol 6, No 5. 2005.
- [3] MARSH, B. Specification and achievement of cover to reinforcement. In: Advanced Concrete Technology Set. Volume 1, Pages 1 – 9, 2003.
- [4] CLARK, L. A.; SHAMMAS-TOMA, M. G. K.; SEYMOUR, D. E.; PALLETT, P. F.; MARSH, B. K. How can we get the cover we need? In: The Structure Engineer. Journal of the Institution of Structural Engineers. Volume 75, Nº 17. UK, 2007.
- [5] SHAW, C. B. Durability of Reinforcement Concrete. 2007. Disponível em: <http://www.localsurveyorsdirect.co.uk/sites/default/files/attachments/reinforced%20concrete.pdf>. Acesso em: maio 2014.
- [6] MERRETZ, W. Achieving concrete cover in construction. In: Concrete in Australia. Technical Feature: Concrete cover. Vol 36, Nº1. Austrália, 2010.
- [7] MARAN, A. P.; Menna Barreto, M. F. F.; ROHDEN, A. B.; DAL MOLIN, D. C. C.; MASUERO, J. R. Análise da espessura do cobrimento de armadura em lajes com diferentes distanciamentos entre espaçadores e pontos de amarração. In: Revista IBRACON de Estruturas e Materiais, 2015.
- [8] MENNA BARRETO, M. F. F. Avaliação de desempenho de espaçadores plásticos: proposição e avanços de métodos de avaliação. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Porto Alegre, 2014.
- [9] VAQUERO, J. Separadores para hormigón estructural. Zunchos nº13. Septiembre, 2007.
- [10] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14931: Execução de estruturas de concreto – procedimento. Rio de Janeiro, 2004.
- [11] BRITISH STANDARDS INSTITUTION (BSI). BS 7973: Spacers and chairs for steel reinforcement and their specification – Part 1: Product performance requirements. UK, 2001.
- [12] COMITÉ EURO-INTERNATIONAL DU BÉTON (CEB). Bulletin d'Information No. 201 — Spacers, chairs and tying of steel reinforcement. Lausanne: Comité Euro-International du Béton, 1990.
- [13] GIRIBOLOA, M. Espaçadores para armadura. In: Revista Equipe de Obra, Editora PINI, edição 62, São Paulo: agosto, 2013.
- [14] TINOCO, H. F. F.; FIGUEIREDO, E. J. P. Avaliação do desempenho de sistemas de reparo e recuperação para estruturas de concreto com corrosão das armaduras. In: WORKSHOP SOBRE DURABILIDADE DAS CONSTRUÇÕES, 2., 2001, São José dos Campos. Anais... São José dos Campos: ITA, 2002.
- [15] SPEKKINK, D. Performance based design: Bringing Vitruvius up to date. Performance Based Building Thematic Network. Domain 3 Report. Holanda: novembro, 2005.
- [16] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575: Edificações Habitacionais: Desempenho – Parte 1: Requisitos Gerais. Rio de Janeiro, 2013.
- [17] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto - Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.