

## Assessment of cover to reinforcement in slabs using different spacer and tying distances

### *Análise da espessura do cobrimento de armadura em lajes com diferentes distanciamentos entre espaçadores e pontos de amarração*



A. P. MARAN<sup>a</sup>  
anapaulamaran@gmail.com

M. F. F. MENNA BARRETO<sup>a</sup>  
mfmennabarreto@gmail.com

A. B. ROHDEN<sup>a</sup>  
abrcivil@gmail.com

D. C. C. DAL MOLIN<sup>a</sup>  
dmolin@ufrgs.br

J. R. MASUERO<sup>a</sup>  
joão.masuero@ufrgs.br

#### Abstract

Given that the durability of structures is directly related to the thickness of the cover to reinforcement, it is essential to ensure minimum cover is achieved when building a structure. However, studies show that this is not always the case. One of the reasons for this problem is the lack of indication, in structural projects, of the positioning of spacers. This situation is compounded by the lack of standards and regulations on the use of spacers (i.e. minimum quantities and required layout). This study assesses three different spacer distances and two different tying distances in order to examine the influence of these factors in the cover to reinforcement. To achieve so, three slabs were prepared in situ using different arrangements. After demoulding, cover thickness was determined using a digital covermeter. It was observed that the factors investigated have a significant influence in the final cover.

**Keywords:** cover, spacer, tying, reinforced concrete.

#### Resumo

Uma vez que a durabilidade das estruturas está diretamente relacionada à espessura de cobrimento da armadura, é imprescindível que o cobrimento mínimo normatizado seja garantido durante a execução da estrutura. Entretanto, pesquisas comprovam que o cobrimento não está sendo alcançado. Dentre as razões para isto, aponta-se a falta de indicações nos projetos estruturais do posicionamento dos espaçadores. Esta situação se agrava pela falta de normatização e regulamentação do uso (quantidades mínimas e disposição necessárias) dos mesmos. Neste sentido, esta pesquisa tem como objetivo analisar três diferentes distâncias entre espaçadores e dois distanciamentos entre pontos de amarração a fim de analisar a influência destes fatores no cobrimento das armaduras. Para isto, foram concretadas lajes in loco com diferentes combinações. Após a desfôrma, os cobrimentos foram medidos com auxílio de um pacômetro digital. Constatou-se que os fatores estudados influenciam significativamente no cobrimento final.

**Palavras-chave:** cobrimento, espaçador, amarração, concreto armado.

<sup>a</sup> Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Departamento de Engenharia Civil, Escola de Engenharia, Núcleo Orientado para Inovação da Edificação, Porto Alegre, RS, Brasil.

## 1. Introdução

Continuamente desenvolvido desde o fim do século XIX, o concreto armado é o material de construção mais difundido em todo o mundo por ser versátil, econômico e durável [1]. Entretanto, nas últimas décadas nota-se um aumento frequente de deterioração de estruturas em apenas alguns anos em serviço [2]. Esta deterioração precoce se dá em decorrência de falhas de concepção de projeto, de execução ou de má utilização dos materiais frente à agressividade do ambiente [1].

Os problemas relacionados à durabilidade de estruturas de concreto armado originam-se, principalmente em ambientes com altos índices de  $\text{CO}_2$  e/ou íons cloreto, 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 [3].

Neste sentido, a durabilidade do sistema estrutural consiste em conservar a segurança, estabilidade e aptidão em serviço durante o período correspondente à sua vida útil, considerando as condições ambientais previstas na época de projeto [4]. Este requisito é altamente dependente das características do concreto de cobrimento da armadura e de sua espessura [2].

Além da qualidade do concreto ser fundamental para a proteção da armadura, devido à sua porosidade, outro fator que possui grande importância sobre a durabilidade é a espessura de cobrimento. Esta camada de concreto, que se encontra entre a face externa da estrutura até a barra mais próxima desta face, fornece proteção de forma física, através da estanqueidade, e química, através da formação de película passivadora devido à alta alcalinidade e ação isolante da massa de concreto. [5].

O fracasso na obtenção do cobrimento é, provavelmente, o maior

fator influente na corrosão prematura de armaduras [6] que, por sua vez, é a principal forma de deterioração de estruturas de concreto armado [7] e a mais onerosa em termos de manutenção [1]. Contudo, a obtenção do cobrimento geralmente não é percebida pelos engenheiros como um problema, logo não lhe é dada prioridade [7].

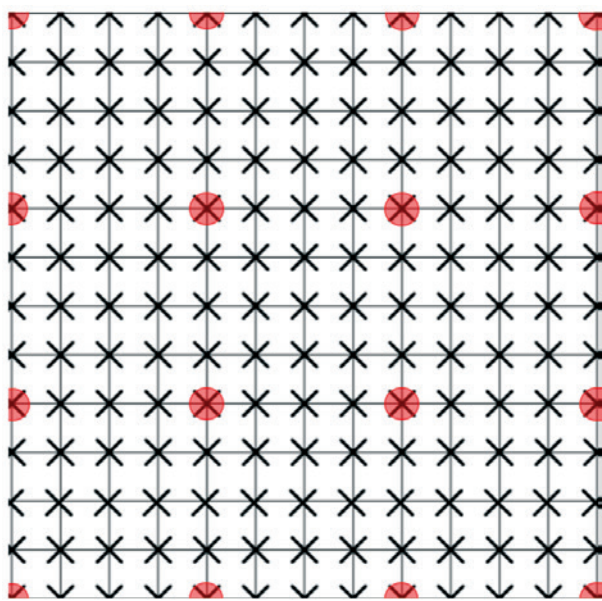
No entanto, um dos maiores problemas relacionados a estas estruturas é a incapacidade de posicionar a barra de aço com o correto cobrimento de concreto, afetando diretamente o comportamento mecânico e a durabilidade da estrutura [8].

No caso do funcionamento estrutural de lajes e vigas, o coeficiente de segurança global aumenta conforme diminui o cobrimento [9]. O mesmo não ocorre para questão da durabilidade, pois quanto maior o cobrimento, mais protegidas estão as armaduras [10]. Neste sentido, é imprescindível que haja um equilíbrio entre ambas as partes.

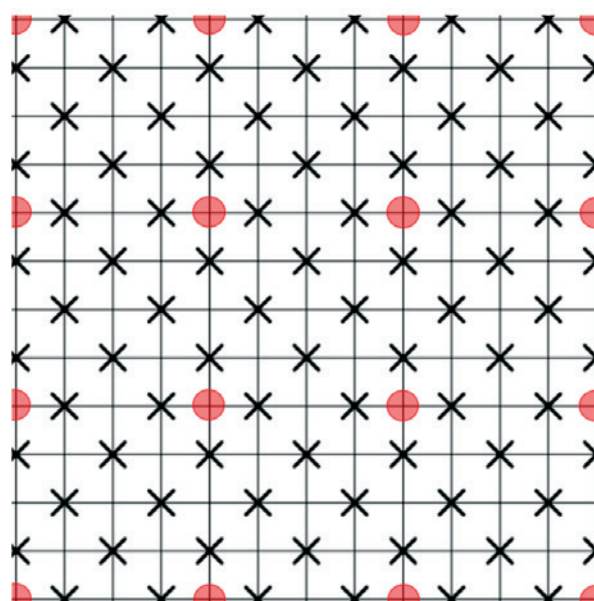
Diante disto, o projeto e a execução devem considerar o cobrimento nominal estabelecido na norma vigente [4] que consiste em um cobrimento mínimo acrescido de uma tolerância de 10 mm de execução para cada classe de agressividade ambiental. Entretanto, quando houver um adequado controle de qualidade e limites rígidos de tolerância da variabilidade das medidas durante a execução, permite-se reduzir a tolerância de execução em 5 mm.

Apesar de citar que o controle de qualidade deve estar explicitado no projeto, a norma brasileira não indica parâmetros nos quais o projetista pode se basear para adoção desta redução, ficando à cargo dos mesmos defini-los e explicita-los no projeto. Assim, toda e qualquer execução tem a liberdade de alegar possuir um controle rigoroso, de modo que, a redução de 5 mm é bastante comum em diversos projetos. No entanto, pesquisas realizadas reforçam que uma tolerância de 5 mm no cobrimento nominal não reflete a

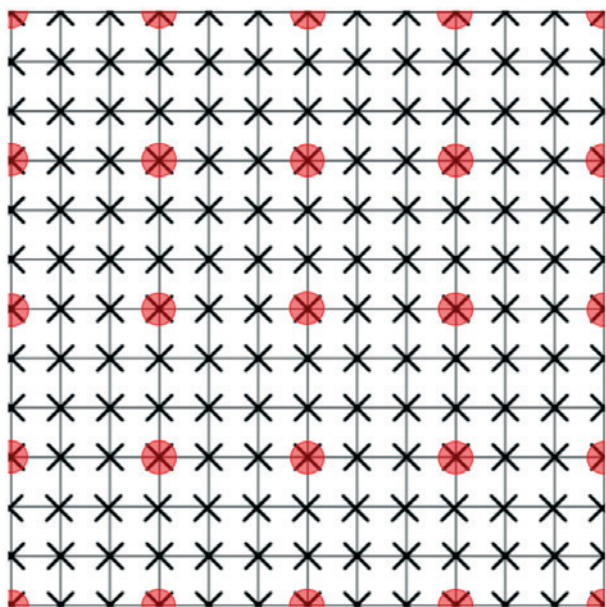
**Figura 1 - Amarrado a cada 15 cm espaçadores a cada 60 cm**



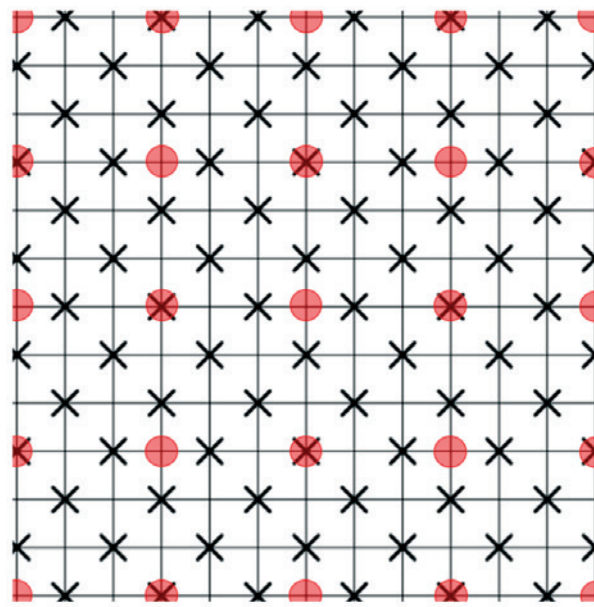
**Figura 2 - Amarrado a cada 30 cm espaçadores a cada 60 cm**



**Figura 3 – Amarrado a cada 15 cm espaçadores a cada 45 cm**



**Figura 4 – Amarrado a cada 30 cm espaçadores a cada 45 cm**



distribuição de cobrimento normalmente obtida na prática [7]. Para agravar esta situação, a norma responsável pela execução das estruturas de concreto armado descreve unicamente como obrigatória a utilização de espaçadores para garantir o cobrimento especificado [11]. Entretanto, não há nenhuma menção à distribuição dos mesmos, ficando como critério da execução o método utilizado, diferentemente das normas europeias, que especificam sua distribuição conforme o elemento estrutural, estabelecendo valores mínimos e máximos de espaçamento [12][13][14].

Contudo, muitos estudos ao redor do mundo têm mostrado que o cobrimento alcançado na prática normalmente não atende às expectativas de projeto [6]. Pesquisas indicam que 90% dos casos de corrosão acontecem devido a erros do posicionamento do gradil [15]. Em pesquisa realizada em Porto Alegre/RS 44% dos valores de cobrimento antes da concretagem encontram-se abaixo do valor especificado em projeto e após a concretagem, essa porcentagem aumenta para 50% [16].

Neste contexto, o objetivo desta pesquisa é analisar fatores que possam influenciar na obtenção do cobrimento normatizado, através do controle na execução de lajes de concreto armado. Sendo assim, controlou-se a amarração das barras de aço, a colocação dos espaçadores plásticos e a concretagem das lajes para posterior análise do cobrimento final executado.

## 2. Materiais e programa experimental

### 2.1 Escolha da obra

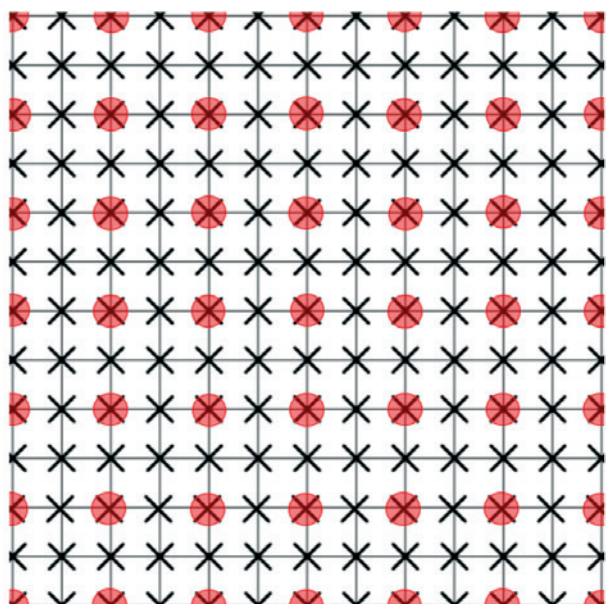
A obra, onde se realizou esta pesquisa, pertence a uma empresa privada e trata-se de um edifício residencial com múltiplos pavi-

mentos. Este empreendimento está localizado na cidade de Porto Alegre/RS, logo, por estar inserido em ambiente urbano, pertencente à classe ambiental II, de agressividade moderada [4].

### 2.2 Escolha das lajes

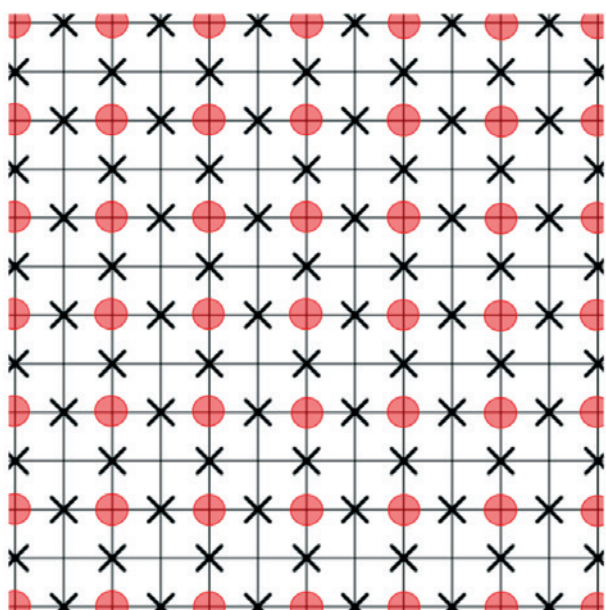
Segundo pesquisas realizadas, o diâmetro da armadura influencia no cobrimento final de lajes, de modo que, sob as mesmas condições, quanto maior o diâmetro da armadura da laje, maior a probabilidade de se atender ao cobrimento mínimo de projeto [18]. Neste sentido, as armaduras de  $\phi 5,0$  mm, as menores permitidas por norma (excetuando-se as telas soldadas) [4], são as mais críticas dada a situação da obra. Sendo assim, buscou-se reproduzir e avaliar essa situação crítica, obtendo-se a seguinte configuração: As lajes monitoradas são maciças, de concreto armado, moldadas *in loco*, com dimensões em planta de 3,60 m por 2,60 m, espessura igual a 10 cm e cobrimento projetado de 20 mm. As armaduras são compostas por barras de aço CA 60, com 5 mm de diâmetro e montadas formando uma malha de 15 cm de abertura. Para sua montagem se utilizou espaçadores plásticos do tipo cadeirinha e arame 16 ( $\phi 1,65$ mm) para amarração. A concretagem foi realizada por equipe terceirizada com auxílio de bombas e mangotes, concreto bombeado  $f_{ck}$  25 MPa, de consistência  $12 \pm 2$  cm, com brita 1. Foram escolhidas 8 lajes equivalentes (dimensões, localização no pavimento, taxa de armadura, abertura de malha, etc.), distribuídas ao longo de 2 pavimentos. No primeiro pavimento fixou-se a distância entre os pontos de amarração em 15 cm e variou a distância entre espaçadores em 30, 45 e 60 cm como mostrado na Figura 1, Figura 3 e Figura 5. Uma das lajes, propositalmente, não foi controlada (nenhum dos fatores). O mesmo foi executado no segundo pavimento, mudando apenas a distância entre os pontos de amarração para

**Figura 5 – Amarrado a cada 15 cm espaçadores a cada 30 cm**

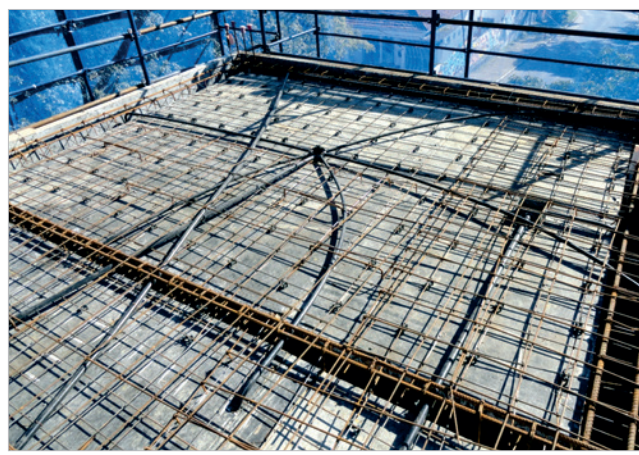


30 cm como mostrado na Figura 2, Figura 4 e Figura 6. Observa-se que nas referidas figuras o (X) representa o ponto de amarração da armadura e o círculo vermelho a posição do espaçador.

**Figura 6 – Amarrado a cada 30 cm espaçadores a cada 30 cm**



**Figura 7 – Disposição dos espaçadores espaçados 30 cm na obra antes da concretagem**



A Figura 7, Figura 8 e Figura 9 apresentam a disposição dos espaçadores colocados a cada 30 cm, 45 cm e 60 cm respectivamente.

### 2.3 Fatores controláveis

O primeiro fator controlável, referente aos pontos de amarração das barras de aço, foi definido a partir de especificação, que estabelece uma distância máxima de 35 cm entre os pontos de amarração em lajes [4]. Respeitando esta normativa, optou-se por amarrar as interseções das barras a cada 15 cm e 30 cm, ou seja, a distância mínima possível e máxima normatizada segundo a abertura da malha.

O segundo fator controlável foi a distância entre espaçadores. Devido ao fato de não haver normativa brasileira a este respeito,

**Figura 8 – Disposição dos espaçadores espaçados 45 cm na obra antes da concretagem**

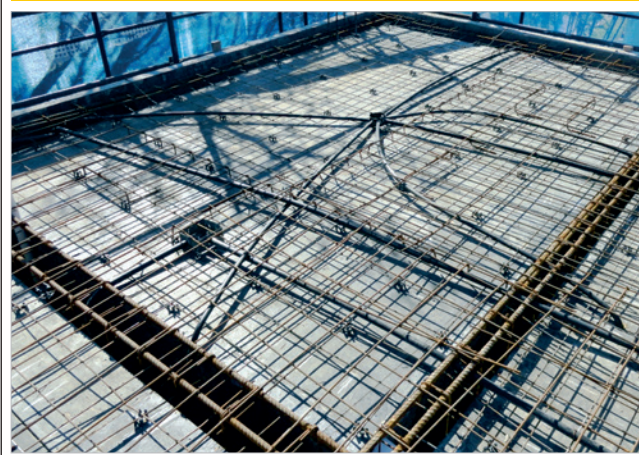


Figura 9 – Disposição dos espaçadores espaçados 60 cm na obra antes da concretagem

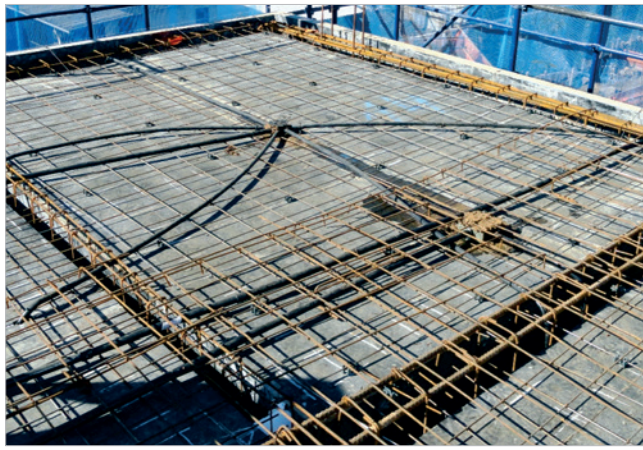


Figura 10 – Medição do cobrimento da armadura positiva das lajes



adotou-se os espaçamentos de 30 cm, 45 cm e 60 cm, ou seja, espaçamentos múltiplos da abertura da malha, de modo que o espaçador fosse colocado na interseção das barras de aço, respeitando o intervalo (valores mínimos e máximos) contido nas normas europeias [12][13][14].

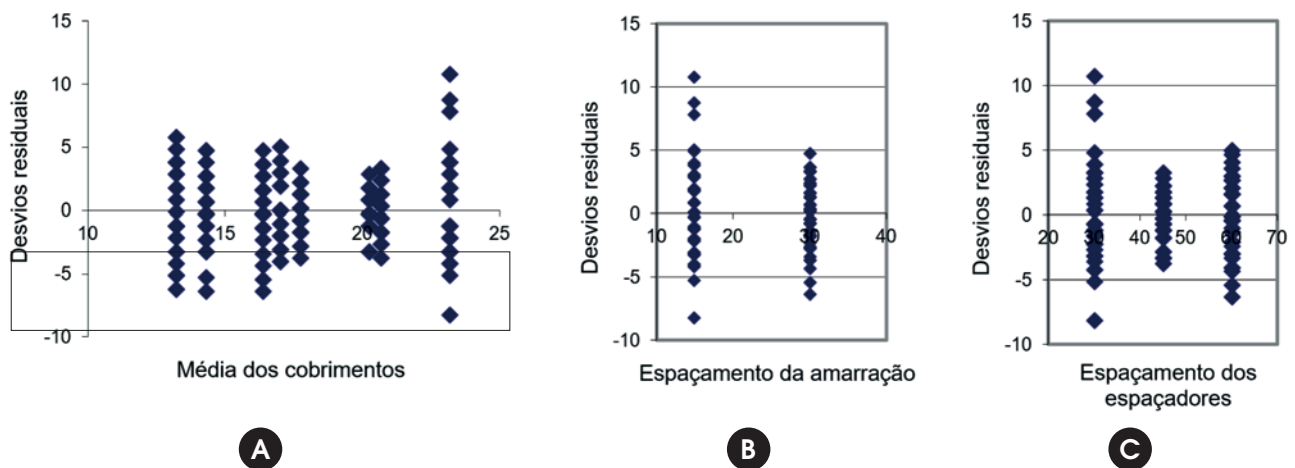
### 2.4 Medição

Após a concretagem, retirada do escoramento e desfôrma das lajes, fez-se as medições das espessuras de cobrimento. A obtenção dos dados foi possível através do uso de um equipamento eletrônico que localiza as armaduras através da tecnologia magnética de indução de pulso capaz de gerar um campo mag-

nético que pela diferença de tensões resulta uma medição. O pacômetro digital utilizado, fornece a espessura cobrimento com uma precisão de 3 mm em uma faixa de profundidade de 60 mm. Entretanto, quando ajustado para o diâmetro real da armadura de medição, mais precisos serão os resultados informados pelo equipamento [17].

As medidas foram realizadas no fundo das lajes, conforme Figura 10, com o intuito de medir a armadura positiva. Foram coletadas, de forma aleatória, 34 espessuras de cobrimento em cada laje, as quais foram excluídas as duas maiores e as duas menores medidas. Desta forma, totalizaram-se 240 medições.

Figura 11 – Desvios residuais: (a) dos cobrimentos versus média dos cobrimentos, (b) dos cobrimentos versus espaçamento da amarração, (c) dos cobrimentos versus espaçamento dos espaçadores



### 3. Resultados e discussões

Os resultados obtidos, segundo metodologia proposta, encontram-se na Tabela 1. Tais dados foram submetidos aos testes de normalidade de Kolmogorev-Smirnov (K-S) e Jarque-Bera (J-B), não apresentando, em nenhum dos testes, evidências de que a distribuição não seja normal para um nível de significância de 5%. Os resultados destes testes podem ser vistos na Tabela 2. Foram verificados também, os desvios residuais das observações, conforme Figura 11. É possível verificar que, embora

não seja constante, a dispersão dos desvios residuais não apresenta grandes variações referentes à média dos cobrimentos medidos, em relação ao espaçamento da amarração ou dos espaçadores, justificando a hipótese necessária à Análise de Variância (ANOVA), de que as distribuições dos valores medidos apresentam igual dispersão, diferindo, talvez, na média. Sendo assim, no intuito de verificar se os fatores controláveis (distância entre os espaçadores e distância entre os pontos de amarração) exercem influência sobre a variável de resposta

**Table 1 – Resultados dos cobrimentos obtidos *in loco***

	Distância entre pontos amarrados						Laje não controlada	
	15 cm			30 cm				
	Distância entre espaçadores			Distância entre espaçadores				
	30 cm	45 cm	60 cm	30 cm	45 cm	60 cm	L1	L2
Cobrimto	21	21	15	19	17	20	16	11
	18	20	17	17	17	15	18	13
	19	22	15	20	18	18	15	14
	22	22	17	22	21	21	11	15
	26	21	19	19	20	16	7	14
	27	20	20	24	16	18	8	14
	31	22	17	20	16	15	14	13
	34	23	20	22	18	11	17	17
	24	17	13	19	18	18	11	17
	22	20	22	21	17	18	9	14
	25	17	21	18	16	19	10	12
	28	19	14	20	14	20	19	15
	26	19	22	22	20	16	16	14
	20	20	13	24	20	16	12	15
	22	20	14	24	19	16	16	15
	25	21	16	23	18	16	12	14
	19	22	17	21	19	17	13	13
	22	21	17	20	16	16	8	19
	21	22	17	19	15	17	17	17
	21	21	17	24	19	19	18	16
	32	21	15	20	18	19	17	13
	27	21	17	19	15	10	19	19
	25	21	19	20	17	13	17	11
	22	20	17	21	18	14	12	16
	20	19	14	20	19	15	15	9
	21	19	16	22	18	12	10	15
	15	19	17	20	19	15	12	16
	21	17	19	19	17	17	12	18
20	20	14	18	19	18	7	12	
20	20	20	23	19	16	8	8	

**Table 2 - Resultados dos testes de normalidade das medições realizadas**

	Distância entre pontos amarrados						Laje não controlada	
	15 cm			30 cm				
	Distância entre espaçadores			Distância entre espaçadores			L1	L2
	30 cm	45 cm	60 cm	30 cm	45 cm	60 cm		
Estatística K-S ( $D_{30}$ )	0,210	0,172	0,205	0,200	0,155	0,144	0,137	0,121
Valor-p	>20%	>20%	>10%	>10%	>20%	>20%	>20%	>20%
Normalidade	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
Estatística J-B (JB)	2,786	1,475	2,999	1,623	3,417	2,610	2,986	3,511
Valor-p	24,8%	47,8%	22,3%	44,4%	18,1%	27,1%	22,5%	17,3%
Normalidade	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM

**Table 3 - Análise de variância (ANOVA) dos fatores controláveis**

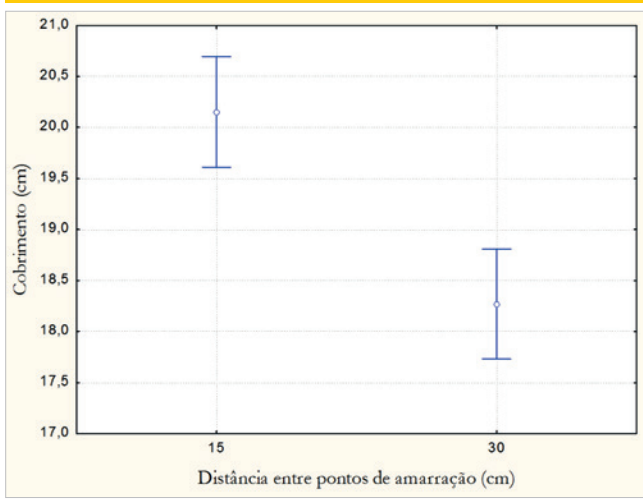
Fonte	SQ	GDL	MQ	Teste F	Valor-p	Sig.
Distância entre espaçadores	825,64	2	412,82	60,97	0,00%	SIM
Distância entre pontos de amarração	160,56	1	160,56	23,71	0,00%	SIM
Dist. espaçadores x Dist. amarração	33,64	2	16,82	2,48	8,63%	NÃO
Erro	1178,13	174	6,77	-	-	-

(cobrimento), a partir dos dados apresentados, foi realizada uma Análise de Variância (ANOVA), considerando-se um nível de significância de 5%, conforme exposta na Tabela 3.

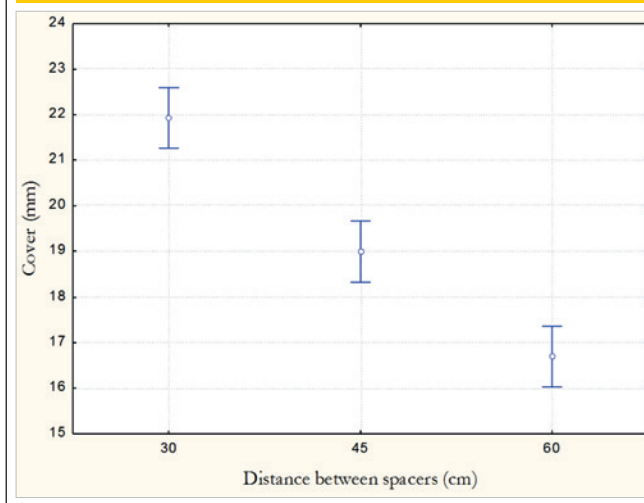
Através dos resultados apresentados, percebe-se que a distância

entre os espaçadores e a distância entre os pontos de amarração influenciam no cobrimento final do elemento estrutural, entretanto não existe interação entre estes fatores, de forma que, ambos trabalham independentemente.

**Figura 12 - Relação do cobrimento obtido segundo a distância entre pontos de amarração**



**Figura 13 - Relação do cobrimento obtido segundo distância entre espaçadores**



**Table 4 – Análise de variância (ANOVA) dentre todas as combinações possíveis de amarração versus cobrimento**

Fonte	SQ	GDL	MQ	Teste F	Valor-p	Sig.
Combinações possíveis	1019,84	5	203,97	30,12	0,0%	SIM
Erro	1178,03	174	6,77	-	-	-

Na Figura 12 encontra-se evidenciado o comportamento das duas distâncias entre os pontos de armação avaliados.

Percebe-se que, a distância de 15 cm entre os pontos de amarração possui um melhor desempenho quando comparada com a distância de 30 cm. Isto se deve ao fato de que, ao ter todos os pontos amarrados, a malha se torna mais rígida.

Já a performance das distâncias entre espaçadores estudadas estão exibidas na Figura 13, na qual fica demonstrado que o cobrimento é inversamente proporcional ao espaçamento entre os espaçadores. Ou seja, a distância de 30 cm obteve um melhor desempenho em relação às demais, assim como a distância de 45 cm proporcionou um cobrimento maior que a de 60 cm. Este comportamento está relacionado à diminuição do vão entre as barras de aço, de modo que, quanto menor o vão, menor a deformação proporcionada para um mesmo material, neste caso, a armadura. Através de uma nova análise de variância (ANOVA) exposta na Tabela 4, ao se comparar o desempenho de todas as possíveis combinações (2 distâncias entre pontos de amarração e 3 distâncias entre espaçadores, totalizando 6 combinações), nota-se que existe diferença significativa entre estas combinações, reforçando o exposto na Tabela 3.

Devido à existência de diferença significativa entre as combinações possíveis, a fim de verificar a semelhança entre as mesmas, foi realizada uma comparação de média exposta na Figura 14, na qual se utilizou como limite de decisão três vezes o valor do desvio padrão das médias amostrais.

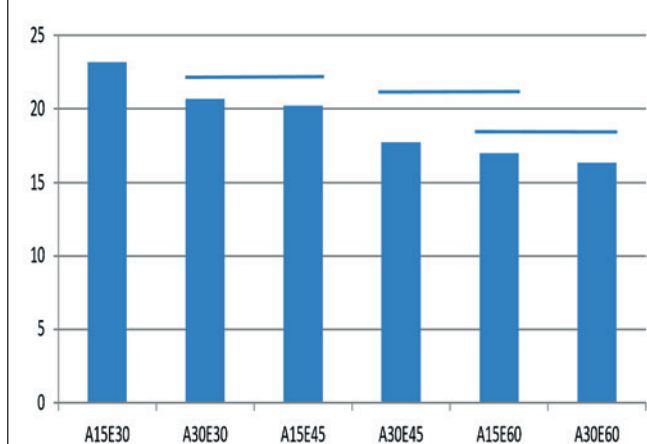
Percebe-se que, as combinações A30E30 (distância entre os

pontos de amarração de 30 cm e distância entre espaçadores de 30 cm) e A15E45 (distância entre os pontos de amarração de 15 cm e distância entre espaçadores de 45 cm) apresentam um mesmo comportamento, assim como as combinações A15E60 (distância entre os pontos de amarração de 15 cm e distância entre espaçadores de 60 cm) e A30E60 (distância entre os pontos de amarração de 30 cm e distância entre espaçadores de 60 cm).

A Figura 15, reforça os resultados anteriormente discutidos, mostrando que o comportamento dos fatores controláveis é inversamente proporcional ao cobrimento. Também fica evidenciado a não interação entre os fatores controlados, uma vez que, ao ligar os pontos dos diferentes níveis da distribuição entre pontos de amarração, estes não se cruzam.

A fim de verificar a eficiência destas combinações na garantia do cobrimento normatizado, uma análise estatística, que leva em consideração uma distribuição normal, foi realizada. Levando-se em conta que a norma brasileira [4] considera uma tolerância de 10 mm na execução do cobrimento, calculou-se a probabilidade de ocorrência de valores fora do intervalo tolerável, ou seja, valores

**Figura 14 – Comparação de média das combinações possíveis**



**Figura 15 – Relação entre distância entre espaçadores, distância entre pontos de amarração e cobrimento**

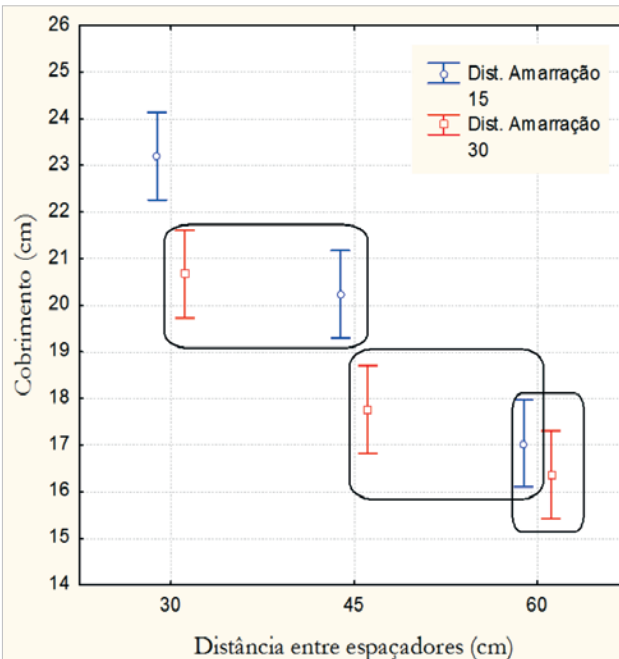




Table 5 – Probabilidade de ocorrência de valores fora dos normatizados

Dist. amarração	15 cm			30 cm			Laje não controlada	
	30 cm	45 cm	60 cm	30 cm	45 cm	60 cm		
Média	23,20	20,23	17,03	20,67	17,77	16,37	13,75	13,75
Desvio padrão	4,29	1,52	2,54	1,95	1,68	2,61	3,27	3,27
% <sup>1</sup> < 15 cm	2,8%	0,0%	21,2%	0,2%	4,9%	30,0%	64,9%	64,9%
% <sup>1</sup> > 35 cm	0,30%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%

<sup>1</sup> Probabilidade de ocorrência de valores.

inferiores a 15 mm e superiores a 35 mm, para todas combinações avaliadas e para situações não controladas, que se encontram expostos na Tabela 5.

Através dos dados apresentados, nota-se que todas as combinações, inclusive as lajes não controladas, satisfazem o limite superior para o cobrimento. Entretanto, para o limite inferior, as combinações com distanciamento entre espaçadores de 60 cm não atendem ao cobrimento mínimo normatizado, pois possuem uma probabilidade de ocorrência de valores insatisfatórios elevadas. Entretanto, esta probabilidade é muito inferior a das lajes não controladas, que chegam a mais de 63% de ocorrência.

#### 4. Conclusões

Os resultados obtidos e as análises realizadas nesta pesquisa dizem respeito, única e exclusivamente, à amostra em questão que, conforme explicado, trata-se da situação mais crítica.

Neste sentido, a partir dos resultados encontrados, conclui-se que:

- A distância entre os espaçadores e a distância entre os pontos de amarração exercem influência significativa na obtenção do cobrimento final de armaduras em lajes.
- Não existe interação entre a distância entre os espaçadores e a distância entre os pontos de amarração.
- Os fatores controlados, distância entre os espaçadores e a distância entre os pontos de amarração, são inversamente proporcionais ao cobrimento, ou seja, quanto menor as distâncias, maiores os cobrimentos alcançados.
- Quando controlado o distanciamento entre espaçadores e pontos de amarração, a probabilidade de obter cobrimentos satisfatórios é superior.

#### 5. Agradecimentos

Ao CNPq e CAPES pelo fomento à pesquisa, à UFRGS em especial ao NORIE, pelo assessoramento e disposição de equipamentos, e à empresa que concedeu espaço para a realização desta pesquisa.

#### 6. Referências bibliográficas

- [1] BAROGHEL-BOUNY, V.; CAPRA, B.; LAURENS, S. A durabilidade das armaduras e do concreto de cobrimento. In: Durabilidade do Concreto: Bases científicas para a formulação de concretos duráveis de acordo com o ambiente. Ed. J. P. Ollivier e A. Vichot. Ed. Tradução: O. Cascudo e H. Carasek. São Paulo: IBRACON, 2014.
- [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] LI, K.; CHEN, Z.; LIAN, H. Concepts and requirements of durability design for concrete structures: an extensive review of CCES01. In: Materials and Structures. Ed. 41. Pages 717-731. Beijing, 2007.
- [4] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.
- [5] GENTIL, V. Corrosão. 3 ed. Rio de Janeiro: LTC, 1996.
- [6] MARSH, B. Specification and achievement of cover to reinforcement. In: Advanced Concrete Technology Set. Vol. 1, Pages 1-9, 2003.
- [7] CLARK, L. A. SHAMMAS-TOMA, M. G. K.; SEYMOUR, D. E.; PALLET, 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.
- [8] 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.
- [9] BENEDETTI, K. Sensibilidade da segurança de vigas e lajes de concreto armado a erros de execução. 2013. 198 f. – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.
- [10] PEREIRA, E.; RESENDE, A.; MEDEIROS M. H. F. de; MENEGHETTI, L. C. Ensaio acelerado por cloretos: efeito da sílica ativa, relação água/aglomerante e espessura de cobrimento do concreto. In: Revista Ibracon de Estruturas e Materiais, São Paulo, v. 6, n. 4, agosto 2013, p. 561-581, 2013.
- [11] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14931: Execução de estruturas de concreto – procedimento. Rio de Janeiro, 2004.
- [12] INSTRUCCIÓN ESPAÑOLA DEL HORMIGÓN ESTRUCTURAL (EHE). EHE 08 – Capítulo XIII – Ejecución. España, 2008.
- [13] 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.

- [14] BRITISH STANDARDS INSTITUTION (BSI). BS 7973: Spacers and chairs for steel reinforcement and their specification – Part 2: Fixing and application of spacers and chairs and tying of reinforcement. 2001.
- [15] HELENE, P. R. do L. Cobrimento garantido. In: Revista Construção Mercado, São Paulo, Editora Pini, edição 140, março 2013.
- [16] CAMPOS, D. de. Cobrimento de armadura em estruturas de concreto armado: análise comparativa entre valores antes, durante e depois da concretagem. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2013.
- [17] BARNES, R.; ZHENG, T. Research on factors affecting concrete cover measurements. In: The e-Journal of Nondestructive Testing. Austrália, december 2008.
- [18] MENNA BARRETO, M. F. F. et al. Influência do diâmetro da armadura no cobrimento final de lajes de concreto armado. In: Congresso Brasileiro do Concreto, 56, 2014, Natal. Anais... São Paulo: IBRACON, 2014.