

ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DE LOCALIZADORES DE ARMADURA ELETROMAGNÉTICOS: UM ESTUDO COMPARATIVO

Analysis of the efficiency of electromagnetic reinforcement locators: a comparative study

Diego Jesus de Souza¹, Marcelo Henrique Farias de Medeiros²

Recebido em 08 de março de 2017; recebido para revisão em 15 de maio de 2017;
aceito em 11 de agosto de 2017; disponível on-line em 19 de setembro de 2017.



PALAVRAS CHAVE:

Ensaio não destrutivo;
Pacometria;
Inspeção.

KEYWORDS:

Non-destructive tests;
Pacometry;
Inspection.

RESUMO: Na inexistência dos projetos executivos é possível determinar a armadura da estrutura e o seu respectivo cobrimento a partir de aparelhos denominados pacômetros. O presente trabalho tem como objetivo analisar as leituras de equipamentos de dois modelos, o Profometer 5+ e o Wallscanner D-Tect 150, utilizados na detecção das armaduras e cobrimento de um dos pilares do viaduto em Curitiba. A metodologia desenvolvida foi dividida em três etapas, a primeira, para calibração dos equipamentos, realizada em pilares pré-moldados de concreto armado. Na segunda fase, foram executadas leituras em um pilar de um edifício comercial e finalmente, na terceira etapa foram realizadas medições em um pilar com armação desconhecida localizado no viaduto. As leituras realizadas mostraram a eficiência dos equipamentos na localização das armaduras, porém, apresentaram pouca precisão na determinação dos diâmetros das barras. Não foram detectadas armaduras localizadas em camadas mais profundas. Os dois aparelhos permitiram a estimativa do cobrimento das barras detectadas, contudo, a leitura foi bastante afetada em zonas de alta concentração de armadura. Os resultados obtidos, aliados à leveza e facilidade de uso dos equipamentos, permitiram concluir que é recomendável a utilização de pacômetros em inspeções preliminares de pilares de estruturas de concreto armado.

ABSTRACT: In the absence of the executive projects it is possible to determine the armature of the structure and its respective covering from devices called pacemakers. The present work has the objective of analyzing the equipment readings of two models, Profometer 5+ and Wallscanner D-Tect 150, used in the detection of the reinforcement and covering of one of the columns of the bridge in Curitiba. The methodology developed was divided into three stages, the first one, for equipment calibration, performed on precast concrete columns. In the second phase, readings were performed on a column of a commercial building and finally, in the third stage measurements were made on a column with unknown frame located on the viaduct. The readings showed the efficiency of the equipment in the location of the reinforcement, but presented little precision in the determination of the bar diameters. No reinforcement was found located in deeper layers. The two devices allowed the estimation of the covering of the detected bars, however, the reading was very affected in zones of high concentration of reinforcement. The results obtained, combined with the lightness and ease of use of the equipment, allowed us to conclude that the use of pacometers in preliminary inspections of pillars of reinforced concrete structures is recommended.

* Contato com o autor:

¹ e-mail: diegojesusdesouza@hotmail.com (D. J. de Souza)

Mestre em Engenharia Civil, Ph.D. student at University of Ottawa, Ontario, Canada.

² e-mail: medeiros.ufpr@gmail.com (M. H. F. Medeiros)

Doutor em Engenharia Civil, Professor Adjunto, Universidade Federal do Paraná.

1. INTRODUÇÃO

A execução de ensaios não destrutivos em estruturas de concreto armado, realizados de uma maneira eficiente, permite coletar dados que caracterizem melhor a edificação, complementando as inspeções visuais e disponibilizando mais informações para avaliação do elemento estrutural.

Segundo Sahuinco (2011), os ensaios não destrutivos e semidestruídos servem para obter informações e conseqüentemente tomar decisões, tanto em situações em que houver ou não deteriorações aparentes na estrutura, e com um baixo custo de execução.

De acordo com o boletim do ACI 228.2R-98, os métodos de ensaio não destrutivos estão cada vez mais utilizados em investigações de estruturas de concreto, devido aos avanços tecnológicos dos equipamentos de coleta e análise de dados, pelas vantagens econômicas na avaliação de grandes volumes de materiais em comparação com métodos perfurantes e pela capacidade de realizar avaliações rápidas e abrangentes em construções existentes, fornecendo informações sobre as propriedades no local de moldagem do concreto endurecido.

A pacometria tem como princípio de funcionamento a leitura de correntes eletromagnética que permitem a localização da posição da armadura de aço, assim como uma estimativa do seu diâmetro e a espessura de cobertura do concreto da estrutura inspecionada. Segundo Santos (2008), o ensaio é baseado na leitura da interação entre uma frequência baixa de um campo eletromagnético criado pelo equipamento e a armação detectada. A partir dos dados recolhidos, intensidade e frequência, é possível estimar o diâmetro e o cobertura das armaduras. No Brasil ainda não há uma norma técnica que regulamente o uso do pacômetro, de modo que os fabricantes dos equipamentos se baseiam em normas estrangeiras, como a British Standard BS1881: Part 204: Recommendations on the use of electromagnetic covermeters.

Segundo a BS1881: Part 204, pacômetros eletromagnéticos podem ser utilizados para garantir

a correta localização e cobertura de armaduras existentes, cujas características não estão disponíveis, evitando a execução de ensaios invasivos na estrutura inspecionada. A norma ainda descreve que as medições podem ser afetadas por fatores tais como, a presença de diferentes tipos de aço na estrutura, cruzamentos e densidades elevadas de barras na área levantada, presença de arames, pregos ou outros elementos metálicos próximos à superfície do elemento.

O presente trabalho tem como objetivo analisar a eficiência leituras de dois tipos de detectores magnéticos, o Profometer 5+ e o Wallscanner D-Tect 150, em três diferentes situações: (1) em elementos cujo cobertura, espaçamento e bitola das barras são conhecidos por medições diretas; (2) elementos de concreto armado produzidos com elevada precisão construtiva, porém às informações das do elemento são conhecidas apenas por projetos; e (3) sem conhecimento de qualquer informação da composição da obra.

2. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

2.1 EQUIPAMENTOS UTILIZADOS

O ensaio não destrutivo para detecção de armaduras e coberturas de estruturas de concreto armado foi desenvolvido utilizando-se dois instrumentos: Wallscanner D-Tect 150 (WDT); e o equipamento Profometer 5+ (P5+) que permitem também a leitura dos diâmetros das barras encontradas.

O equipamento (WDT) permite a leitura de tubos, incluindo encanamento hidráulico dutos de fiação, assim como barras metálicas de aço, cobre ou alumínio em superfícies de concreto. Segundo o fabricante, caso existam vários objetos sobrepostos dentro da área examinada, o equipamento fará a leitura do que se encontra mais próximo da superfície, porém, a apresentação das características encontradas pode divergir das reais, principalmente, em elementos muito finos ou espessos (BOSCH, 2009).

A localização de armaduras utilizando o WDT é feita quando o equipamento passa pelo

percurso de medição, repetindo o processo até a detecção da linha central da barra na tela do instrumento, marcando em sua face superior o eixo do objeto encontrado.

O método de medição do equipamento P5+ é baseado no princípio da corrente de Foucault com indução por impulso, permitindo que a unidade básica localize as armaduras da estrutura, determine os seus diâmetros e o cobrimento do concreto. A sonda do instrumento reage mais sensivelmente às barras paralelas ao seu eixo longitudinal com movimentos na direção ortogonal (PROCEQ SA, 2012).

Para a determinação precisa do diâmetro da barra, é importante não haver influências que possam alterar o resultado, sendo interessante selecionar um local na estrutura onde haja espaçamento suficiente entre as armaduras (PROCEQ SA, 2012).

2.2 METODOLOGIA

A metodologia desenvolvida foi dividida em três etapas, a primeira, para calibração dos equipamentos, realizada na sede da empresa Tecnolajes, em Quatro Barras/PR, na superfície de pilares pré-moldados de concreto armado, executados a partir de projetos conhecidos (Figura 1).

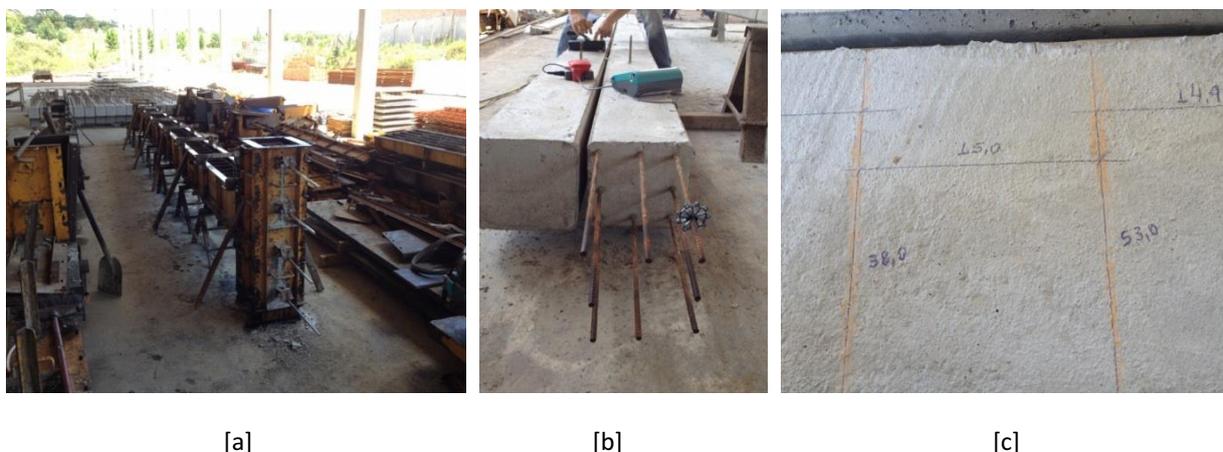
Inicialmente, foram coletadas as medidas obtidas com o equipamento WDT, marcando os

eixos das armaduras longitudinais e transversais detectadas, e anotando os valores de cobrimentos obtidos no instrumento em 5 (cinco) seções distintas. As marcações foram confrontadas com as barras existentes e amostras nos elementos (Figura 1). Em seguida foram executadas as leituras utilizando o equipamento P5+, anotando os valores obtidos em 5 (cinco) seções dos diâmetros das barras longitudinais e transversais detectadas, novamente comparando as medidas e os valores encontrados com o detalhamento da peça.

A segunda fase do trabalho foi feita em um pilar da estrutura do edifício comercial 7TH AVENUE, ainda em execução. Seguindo exatamente os mesmos critérios da etapa anterior, coletando os dados em 5 (cinco) seções distintas (Figura 2).

A última etapa do trabalho consistiu na realização de leituras em um dos pilares do viaduto da Estação Marechal Floriano, sobre a Linha Verde, localizado em Curitiba. Foram feitas medidas em uma seção do pilar situada a 1600 mm do nível do solo, numa faixa localizada entre o eixo do elemento e sua extremidade lateral (Figura 3).

Foram anotadas as barras longitudinais e transversais detectadas pelo equipamento WDT, com suas respectivas distâncias e cobrimentos, sendo depois comparadas com as leituras realizadas com o instrumento da P5+. Os diâmetros das armaduras encontradas foram obtidos a partir das medições efetuadas com o P5+.



[a]

[b]

[c]

FIGURA 1: Pilares pré-moldados inspecionados

[A] PÁTIO DE MOLDAGEM DOS ELEMENTOS PRÉ-MOLDADOS, FÔRMAS METÁLICAS PARA CONTROLE DE QUALIDADE [B] ELEMENTOS PRÉ-MOLDADOS ONDE FORA REALIZADA A CALIBRAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS [C] DEMARCAÇÃO DAS LEITURAS DE ESPAÇAMENTO ENTRE ESTRIBOS.

FONTE: Autor.

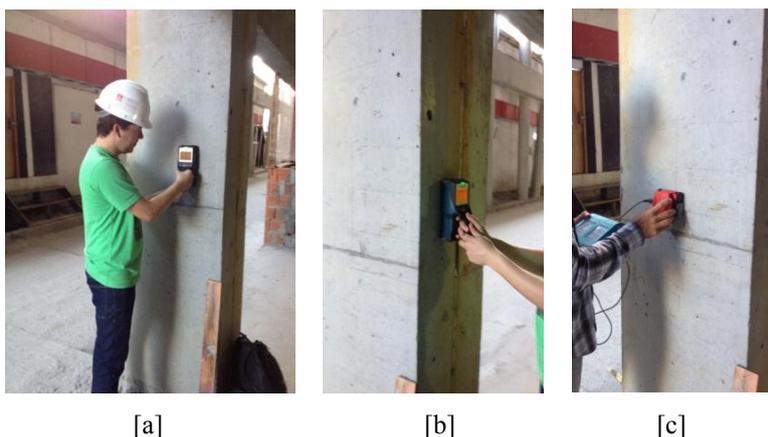


FIGURA 2: Leituras no pilar P136 com os dois equipamentos utilizados.

[A] REALIZAÇÃO DAS LEITURAS EM BARRAS VERTICAIS DO PILAR P136 UTILIZANDO O EQUIPAMENTO WDT [B] RELEITURAS EM BARRAS VERTICAIS DO PILAR P136 UTILIZANDO O EQUIPAMENTO WDT [C] LEITURAS EM BARRAS VERTICAIS DO PILAR P136 UTILIZANDO O EQUIPAMENTO P5+.

FONTE: Autor.

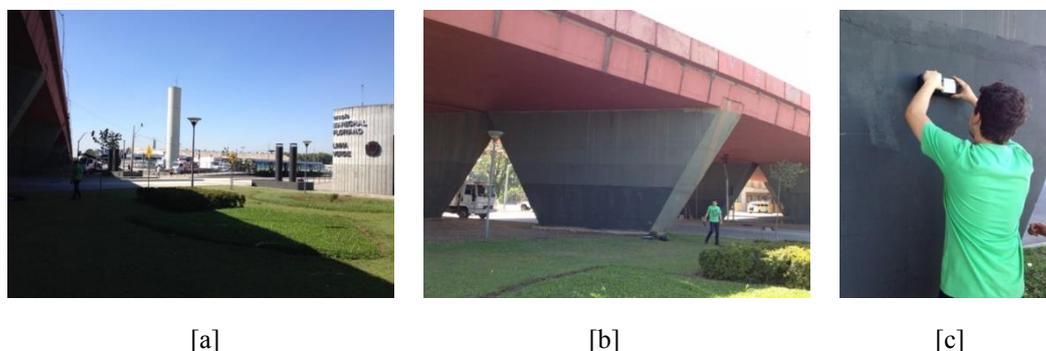


FIGURA 3: Pilar do viaduto inspecionado

[A] INDICAÇÃO DA LOCALIZAÇÃO DO VIADUTO MARECHAL FLORIANO PEIXOTO INSPECIONADO [B] INDICAÇÃO DOS PILARES PAREDE ONDE FORAM REALIZADOS OS TESTES [C] REALIZAÇÃO DAS LEITURAS EM BARRAS LONGITUDINAIS DO PILAR DO VIADUTO MARECHAL FLORIANO PEIXOTO.

FONTE: Autor.

3. ANÁLISE DOS RESULTADOS

3.1 RESULTADOS OBTIDOS NA CALIBRAÇÃO DOS APARELHOS (MEDIÇÃO EM PILAR PRÉ-MOLDADO).

Os valores das leituras realizadas em dois pilares pré-moldado, P1 e P2, executados com uma seção quadrada de lados 25 x 25 cm e com um cobrimento de 30 mm, são apresentados em comparação com os dados coletados diretamente nos elementos, conforme Tabela 1 apresentada no ANEXO A.

O aparelho WDT identifica o posicionamento e estima o cobrimento das armaduras reveladas na área inspecionada. As leituras realizadas nos elementos P1 e P2 mostraram as dificuldades do WDT em identificar barras próximas às extremidades das peças examinadas, o instrumento conseguiu detectar

apenas a armadura central dos pilares. As informações quanto aos estribos, contudo, se mostraram bastante eficientes, tanto nas posições detectadas, quanto nos espaçamentos obtidos. Os valores obtidos de cobrimento não apresentaram consistência com a realidade (Tabela 1).

A análise dos dados coletados mostrou que o aparelho WDT apresentou um erro de apenas 0,27% para a leitura do espaçamento entre estribos e de aproximadamente 47% para as medidas de cobrimento das armaduras. As medidas de posicionamento e cobrimento das armaduras realizadas com o aparelho P5+, mostraram-se mais próximas dos valores reais, não apresentando a limitação na detecção de barras extremas. Porém, observaram-se inconsistências nos valores obtidos para os diâmetros das peças detectadas, mostrando variações nos dados, conforme a velocidade de

passagem da sonda. Passagens mais lentas produzem leituras mais precisas.

As variações de leitura do aparelho P5+ foram: de 2,7% para as estimativas de cobrimento e de 0,13% para a determinação do posicionamento das barras. A obtenção do diâmetro das armaduras gerou um erro de 14,8%. A Figura 4 apresenta a análise comparativa entre médias (teste de Tukey) das leituras aferidas de cobrimento, diâmetro e espaçamento das armaduras.

Logo pode ser observado que, de forma

geral, P5+ indica resultados semelhantes aos contidos em projeto para todas as análises feitas, seja de cobrimento, espaçamento ou diâmetro das armaduras. Por outro lado o equipamento WDT não apresenta o mesmo desempenho, ou seja, não apresenta equivalência estatística com os valores de projeto para o pilar um, indicando elevada variabilidade. Porém, para as demais leituras este equipamento mostrou-se satisfatório.

TABELA 1: Comparação entre leituras com os dados de projeto para Pilar P1.

Elemento de leitura	Pilar Pré-Moldado P1		
	Dados do elemento	WDT	P5+
Diâmetro da Armadura do			
Estribo ϕ (mm)	5,0	-	$\phi < 7,0$
Cobrimento (mm)	29,9	13,8	28,9
Espaçamento (mm)	150	150,4	149,8
Elemento de leitura	Pilar Pré-Moldado P2		
	Dados de projeto	WDT	P5+
Nº de barras lidas em uma face	3	1	3
ϕ Arm. Vertical ESQUERDA (mm)	10	-	10,52
ϕ Arm. Vertical CENTRAL (mm)	10	-	11,86
ϕ Arm. Vertical DIREITA (mm)	10	-	12,06
Cobrimento (mm)	30,0	18,0	30,5

FONTE: Autor.

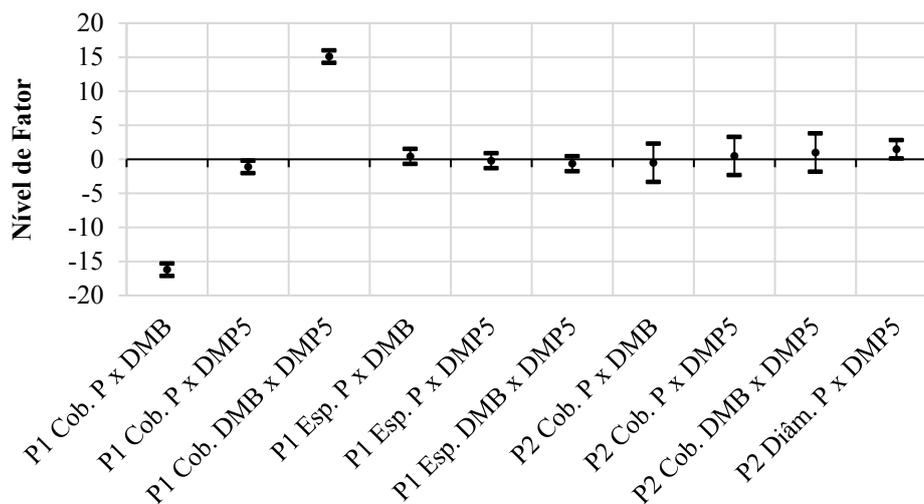


FIGURA 44: Análise comparativa entre médias das leituras aferidas de cobrimento, diâmetro e espaçamento das armaduras para elementos pré-moldados (teste de Tukey).

FONTE: Autor.

3.2 RESULTADOS OBTIDOS NA MEDIÇÃO DE UM PILAR DE UM EDIFÍCIO

As leituras realizadas no pilar P136, elemento da estrutura do edifício 7th Avenue, em execução pela construtora Thá Engenharia, são apresentadas na Tabela 2, que compara os dados obtidos com as informações de projeto.

Os resultados dessas leituras apresentaram um aumento nas margens de variações, quando comparadas com os dados obtidos nos elementos pré-moldados. Isso mostra que, apesar do rigoroso controle de qualidade demonstrado na obra, o processo executivo de estruturas moldadas “in loco” provoca uma diminuição na precisão do posicionamento e do cobrimento das armaduras, aumentando as divergências entre as medidas realizadas com os aparelhos de detecção e o projeto da estrutura.

Em relação ao projeto da estrutura, o equipamento WDT apresentou uma variação de 4% na determinação do posicionamento das armaduras, superior ao erro de 0,27% obtido na leitura dos pilares pré-moldados. Quanto aos valores de cobrimento, foram observadas variações de 16,7% em relação aos especificados em projeto.

O P5+ apresentou, em relação aos dados

de projeto, uma diferença de 0,66% no posicionamento das barras longitudinais e 0,53% para as armaduras transversais, superior aos 0,13% obtidos nas estruturas pré-moldadas. Na determinação das armaduras foi encontrada uma diferença de 10,9%, frente aos 2,7% obtidos na estrutura pré-moldada. Na estimativa do cobrimento foi encontrada uma variação de 29,5% e na leitura dos diâmetros das barras foi obtida uma diferença média de 5,8% em relação ao projeto.

A variação de medidas, superior a encontrada nos pilares pré-moldados, está relacionada a dois fatores: o erro de medida do aparelho e por possíveis diferenças entre a execução e o especificado em projeto. Com a Figura 5 apresenta a análise comparativa entre médias (teste de Tukey) das leituras aferidas de cobrimento, diâmetro e espaçamento das armaduras. Pode ser visto que de modo geral os equipamentos mostraram variabilidades significativas quando comparados com os valores de projeto. Contudo, tais variações não devem ser apenas acarretadas aos equipamentos testados, afinal, em elementos moldados no local, há sempre a vulnerabilidade às deficiências construtivas, como movimentação de formas e armaduras, falta de espaçadores, etc.

TABELA 2: Comparação entre leituras com os dados de projeto para Pilar P136.

Elemento de leitura	Pilar Edifício (Leitura de elementos horizontais)		
	Dados de projeto	WDT	P5+
Arm. do Estribo ϕ (mm)	5,0	-	\approx 7,0
Cobrimento (mm)	30	25	46,25
Espaçamento (mm)	150	144	147
Nº barras lidas em uma face	6	6	6
ϕ Arm. Vertical 1 (mm)	12,5	-	11,60
ϕ Arm. Vertical 2 (mm)	12,5	-	16,7
ϕ Arm. Vertical 3 (mm)	12,5	-	12,75
ϕ Arm. Vertical 4 (mm)	12,5	-	12,6
ϕ Arm. Vertical adotado (mm)	12,5	-	12,5
Cobrimento (mm)	35	31,5	39,7

FONTE: Autor.

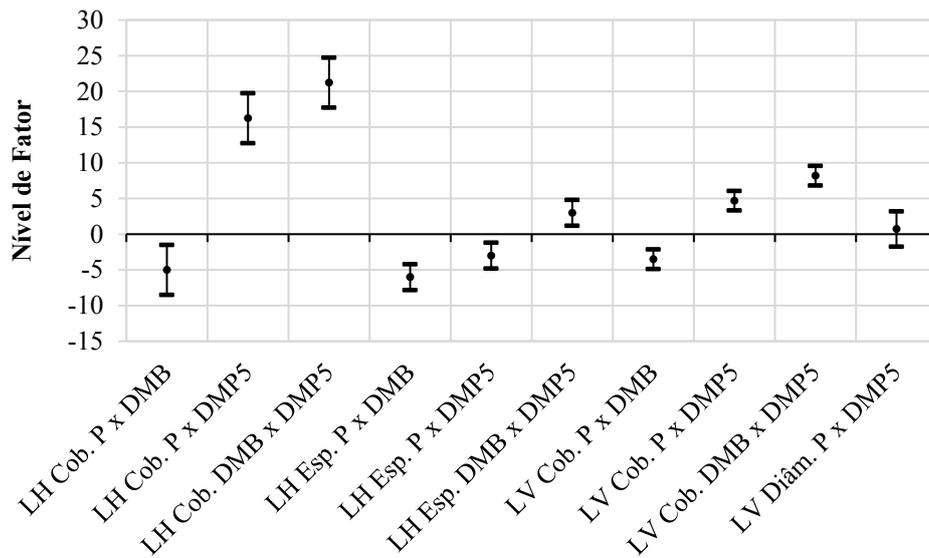


FIGURA 5: Análise comparativa entre médias das leituras aferidas de cobertura, diâmetro e espaçamento das armaduras para elemento moldado no local (teste de Tukey).

FONTE: Autor.

3.3 RESULTADOS OBTIDOS NA MEDIÇÃO DO PILAR DE UM VIADUTO

As leituras das barras longitudinais do pilar do viaduto foram feitas em uma linha de referência, a uma altura de 160 cm do solo, e as armaduras transversais foram lidas no alinhamento dos eixos 1, 2 e 3 (Tabela 3). Na área inspecionada, foram localizadas um total de 21 barras de armadura longitudinal vertical e 4 (quatro) na direção transversal. Os valores obtidos são mostrados nas Tabela 4 e Tabela 5.

Durante as inspeções, o Profometer 5+, da PROCEQ, apresentou duas mensagens de erro de

leitura, “resultados inválidos” e “cobrimento muito espesso”, demonstrando as condições desfavoráveis de alguns pontos. A superfície ondulada e irregular do pilar vistoriado prejudicou as leituras realizadas, dificultando o trajeto das sondas dos equipamentos, impossibilitando a medida em determinados pontos. Trechos com uma provável densidade maior de armaduras também prejudicaram as leituras dos aparelhos. Considerando os valores de calibração obtidos nas medições anteriores, apresenta-se nas Tabela 6 e as estimativas de diâmetros das armaduras detectadas, suas espessuras de cobertura (C) e os seus espaçamentos (E).

TABELA 3: Valores encontrados nas leituras verticais do pilar de viaduto, onde ϕ (diâmetro), C (cobrimento) e E (espaçamento entre a barra lida com a anterior).

Elementos Verticais	Pilar Viaduto					
	WDT			P5+		
	ϕ (mm)	C (mm)	E (mm)	ϕ (mm)	C (mm)	E (mm)
Barra 1	Não Lida	25	0	19,1	37	0
Barra 2	Não Lida	19	259	25	40	263
Barra 3	Não Lida	14	118	24,4	35	123
Barra 4	Não Lida	8	115	19,5	37	127
Barra 5	Não Lida	31	112	27,6	47	105
Barra 6	Não Lida	32	129	27,1	48	123
Barra 7	Não Lida	31	178	28,2	46	177
Barra 8	Não Lida	31	129	25,5	45	135
Barra 9	Não Lida	30	137	25,3	46	131
Barra 10	Não Lida	28	155	23,7	43	159
Barra 11	Não Lida	30	121	24	43	131
Barra 12	Não Lida	27	198	27	41	208
Barra 13	Não Lida	25	116	23,3	41	123
Barra 14	Não Lida	31	225	24,8	42	210
Barra 15	Não Lida	33	81	24,8	42	79
Barra 16	Não Lida	35	119	23,9	45	112
Barra 17	Não Lida	55	118	Não Lida	Não Lida	Não Lida
Barra 18	Não Lida	34	176	26,1	46	169
Barra 19	Não Lida	34	113	28,7	47	110
Barra 20	Não Lida	42	115	33,4	54	111
Barra 21	Não Lida	53	110	Não Lida	Não Lida	Não Lida

FONTE: Autor.

TABELA 4: Valores encontrados nas leituras horizontais do pilar de viaduto, onde ϕ (diâmetro), C (cobrimento) e E (espaçamento entre a barra lida com a anterior).

Elementos Horizontais	Pilar Viaduto						
	WDT			P5+			
	ϕ (mm)	C (mm)	E (mm)	ϕ (mm)	C (mm)	E (mm)	
Leitura 1	Barra 1	Não Lida	25	0	12,4	48	0
	Barra 2	Não Lida	47	179	9,1	54	171
	Barra 3	Não Lida	29	168	Não Lida	Não Lida	Não Lida
	Barra 4	Não Lida	20	155	Não Lida	Não Lida	Não Lida
Leitura 2	Barra 1	Não Lida	Não Lida	Não Lida	11,4	28	0
	Barra 2	Não Lida	Não Lida	Não Lida	Não Lida	Não Lida	Não Lida
	Barra 3	Não Lida	35	0	Não Lida	Não Lida	Não Lida
	Barra 4	Não Lida	28	144	Não Lida	Não Lida	Não Lida
Leitura 3	Barra 1	Não Lida	27	0	26,5	36	0
	Barra 2	Não Lida	27	162	31,2	55	159
	Barra 3	Não Lida	30	144	34,1	57	148
	Barra 4	Não Lida	30	153	>41	39	152

FONTE: Autor.

TABELA 5: Valores adotados para as armaduras longitudinais do pilar.

Elementos Verticais	Pilar Viaduto		
	Valores Adotados		
	ϕ (mm)	C (mm)	E (mm)
Barra 1	22,2	40	0
Barra 2	22,2	40	250
Barra 3	22,2	40	120
Barra 4	22,2	40	120
Barra 5	25	40	120
Barra 6	25	40	120
Barra 7	25	40	150
Barra 8	25	40	120
Barra 9	25	40	120
Barra 10	25	40	150
Barra 11	25	40	120
Barra 12	25	40	150
Barra 13	22,2	40	120
Barra 14	22,2	40	200
Barra 15	22,2	40	100
Barra 16	22,2	40	120
Barra 17	Não Lida	40	120
Barra 18	25	40	150
Barra 19	25	40	120
Barra 20	32	40	120
Barra 21	Não Lida	40	120

FONTE: Autor.

Tabela 6: Valores adotados para as armaduras transversais do pilar.

Elementos Horizontais	Pilar Viaduto			
	Valores Adotados			
		ϕ (mm)	C (mm)	E (mm)
Leitura 1	Barra 1	10	40	0
	Barra 2	10	40	150
	Barra 3	Não Lida	40	150
	Barra 4	Não Lida	40	150
Leitura 2	Barra 1	10	Não Lida	Não Lida
	Barra 2	Não Lida	Não Lida	Não Lida
	Barra 3	Não Lida	40	0
	Barra 4	Não Lida	40	150
Leitura 3	Barra 1	22,2	40	0
	Barra 2	25	40	150
	Barra 3	32	40	150
	Barra 4	32	40	150

FONTE: Autor.

4. RECOMENDAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos, aliados à leveza e facilidade de uso dos equipamentos, permitiram concluir que é recomendável a utilização de pacômetros em inspeções preliminares de pilares de estruturas de concreto armado.

A detecção do posicionamento e espaçamento das armaduras mostrou-se eficiente nas leituras realizadas pelos dois equipamentos estudados, os dois aparelhos tiveram resultados próximos. O WDT, inicialmente, apresentou dificuldades na determinação de barras localizadas nos extremos dos pilares. A solução adotada foi a utilização de uma placa de madeira, colocada no alinhamento da superfície de leitura, que permitiu a continuidade do movimento da sonda do aparelho até o limite do pilar.

A estimativa do cobrimento apresentou leituras muito variáveis, com maior precisão nas medidas realizadas no aparelho P5+, com erro máximo de 29,5%. O WDT apresentou um desvio de 47,0%. Recomenda-se, para melhorar essa avaliação, a execução de uma quantidade de medições maiores, que permita um tratamento estatístico dos dados, obtendo valores mais próximos da realidade.

As medidas relacionadas com o diâmetro das barras também apresentaram variações, relacionadas, principalmente, com a proximidade das armaduras detectadas. Apenas o aparelho P5+ permite essa leitura, obtendo um erro máximo de 33,9%. A execução de leituras em alturas variadas, afastadas do topo e da base dos pilares, regiões com maior densidade de armaduras, também em quantidades adequadas, com um tratamento estatístico que permita resultados mais próximos dos diâmetros existentes.

A BS 1881: Part 204, apesar de permitir correções de leituras baseadas na experiência dos responsáveis pela inspeção, não define um procedimento para isso. Inspeções em condições desfavoráveis, relacionadas com densidades elevadas de armaduras, ondulações e rugosidades na superfície estudada, necessitam de calibrações eficientes, elaboradas em elementos estruturais

similares.

A utilização de ensaios não destrutivos, como a leitura de armaduras realizadas com pacômetros, pode se tornar mais eficiente quando associada com técnicas invasivas de inspeção. Dessa forma, a calibração das medidas poderá ser feita considerando as características da estrutura em estudo, permitindo estimativas mais precisas.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118– **Projeto de Estruturas de Concreto – Procedimento**. Rio de Janeiro, 2003.

BS 1881: Part 204. **Recommendations on the use of electromagnetic covermeters**. 1988.

AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. ACI 228.2R–98, **Nondestructive Test Methods for Evaluation of Concrete in Structure**, 1998.

PROCEQ SA. **Instruções operacionais do equipamento Profometer 5+ Modelo Scanlog – Sistema de detecção de barras de reforço**. Suíça: 2012.

ROBERT BOSCH GMBH. **Instruções operacionais do equipamento WallscannerD-Tectt 150**. Alemanha: 2009.

SANTOS, J. M. M. N. **Avaliação da integridade estrutural de pontes de betão: o caso da Ponte Nossa Senhora da Guia**. Dissertação de Mestrado, FEUP, Porto: 2008.