

Resistencia à compressão superficial do concreto em elementos estruturais

Compressive strength of concrete in structural elements

Resistencia a la compresión superficial del concreto en elementos estructurales

Recebido: 17/04/2024 | Revisado: 30/04/2024 | Aceitado: 02/05/2024 | Publicado: 04/05/2024

João Henrique Lacerda Melo Lima

ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-9548-1171>
Centro Universitário São Lucas, Brasil
E-mail: joao.lima@saolucas.edu.br

Benício de Moraes Lacerda

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4138-7099>
Centro Universitário São Lucas, Brasil
E-mail: benicio_lacerda@hotmail.com

Marcos Henrique Nascimento Silva Barbosa

ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-7405-4573>
Centro Universitário São Lucas, Brasil
E-mail: marcoshenriquensb@icloud.com

Sabrina Fernandes de Melo

ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-6119-3920>
Centro Universitário São Lucas, Brasil
E-mail: sabrinafernandesdemelo@gmail.com

Emille Gabriele Tenorio da Cruz

ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-8735-2575>
Centro Universitário São Lucas, Brasil
E-mail: contatoemilletenorio@gmail.com

Jefferson Rodrigues

ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-6492-7195>
Centro Universitário São Lucas, Brasil
E-mail: jdias00@hotmail.com

Alex Gomes Pereira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3563-4161>
Centro Universitário São Lucas, Brasil
E-mail: alexgp885@gmail.com

Resumo

No presente estudo foi conduzida uma avaliação dos elementos estruturais, bem como do desempenho do concreto, por meio de ensaios de esclerometria. O principal objetivo desenvolveu-se em avaliar a resistência superficial estimada do concreto endurecido em oito pergolados de concreto armado no Espaço Alternativo de Porto Velho, utilizando equipamentos e métodos não destrutivos, a fim de manter a integridade da estrutura após a análise. A avaliação da qualidade do material foi realizada por meio de ensaios utilizando o método de Schmidt para obter os índices esclerométricos. Os índices esclerométricos resultaram em resistência à compressão variando de 24 MPa a 44 MPa para os pilares e 19 MPa a 32 MPa para as vigas.

Palavras-chave: Concreto; Schmidt; Esclerometria; Resistência superficial.

Abstract

In the present study, an evaluation of the structural elements, as well as the performance of the concrete, was conducted through sclerometry tests. The main objective was to evaluate the estimated surface resistance of hardened concrete in eight reinforced concrete pergolas in the Porto Velho Alternative Space, using non-destructive equipment and methods, in order to maintain the integrity of the structure after analysis. The evaluation of the quality of the material was carried out through tests using the Schmidt method to obtain the sclerometric indices. The sclerometric indices resulted in compressive strength ranging from 24 MPa to 44 MPa for the columns and 19 MPa to 32 MPa for the beams.

Keywords: Concrete; Schmidt; Sclerometer; Surface resistance.

Resumen

En el presente estudio se realizó una evaluación de los elementos estructurales, así como del desempeño del concreto, mediante ensayos de esclerometría. El objetivo principal fue evaluar la resistencia superficial estimada del hormigón endurecido en ocho pérgolas de hormigón armado en el Espacio Alternativo Porto Velho, utilizando equipos y métodos no destructivos, con el fin de mantener la integridad de la estructura después del análisis. La evaluación de la calidad del material se realizó mediante pruebas utilizando el método Schmidt para la obtención de los índices

esclerométricos. Los índices esclerométricos dieron como resultado resistencias a la compresión que oscilaron entre 24 MPa y 44 MPa para las columnas y entre 19 MPa y 32 MPa para las vigas.

Palabras clave: Concreto; Schmitdt; Esclerometría; Resistencia superficial.

1. Introdução

Para Battagin (2009), concreto é uma mistura homogênea de cimento, materiais minerais (agregados miúdos e graúdos), com ou sem a adição de aditivos químicos e adições, que desenvolve suas propriedades pelo endurecimento da pasta de cimento. Sua utilização remonta ao antigo Egito, por volta de 2.000 a.C., onde se destacou como um material pioneiro nas construções arquitetônicas, como as pirâmides e túmulos do Antigo Egito. Na antiguidade, sua composição baseia-se em cal, cinzas vulcânicas e água. Em 1824, na Inglaterra, Joseph Aspdin obteve a patente para a produção do cimento, denominado por ele como Portland, devido à sua semelhança com uma pedra encontrada na ilha de Portland (Neville & Brooks, 2016).

Ao longo dos anos, o concreto evoluiu para se tornar um elemento fundamental na construção civil, devido às suas propriedades químicas aprimoradas, que o transformaram em uma mistura durável e resistente. Isso possibilitou sua aplicação em diversas áreas, como fundações, elementos estruturais, pavimentação e peças pré-fabricadas. Contudo, com as descobertas advindas de estudos e pesquisas na indústria da construção, foi constatado que ao longo de sua vida útil, o concreto está sujeito a problemas como a desagregação dos seus materiais, o qual leva a corrosão das barras de aço incorporadas à estrutura e perda da resistência estrutural, representando um desafio tecnológico significativo. Assim, torna-se importante para a segurança e para a estabilidade estrutural a realização de ensaios que possibilitem a comprovação e validação de seus parâmetros de aceitação (Favarato et al., 2019).

De acordo com Favarato et al. (2019), entre os ensaios utilizados para validação do concreto, destacam-se os ensaios de resistência à compressão, cuja finalidade é assinalar eventuais divergências na qualidade do concreto desde sua dosagem até a sua composição, dado que a resistência característica do concreto à compressão (f_{ck}) é o parâmetro que conduz o dimensionamento de um elemento estrutural. Deste modo, quanto melhor o controle tecnológico do material, maiores são as chances de que o comportamento estrutural do elemento ao longo dos anos esteja em conformidade com as diretrizes de projeto. Em contrapartida, quando é preciso avaliar a resistência média do concreto (f_{cm}) de um elemento além dos 28 dias, por exemplo, recorre-se à extração de testemunhos de concreto da estrutura para realizar o ensaio de compressão axial, prática que nem sempre é adequada, visto que se trata de um método caro por envolver a mobilização de equipamentos, além de poder comprometer a integridade do elemento (Palacios, 2012).

Nesse cenário, o emprego de ensaios não destrutivos (ENDs) oferece vantagens significativas referente ao tempo de execução, redução de gastos e à ausência de danos impostos à estrutura, visto que é dispensada a remoção de amostras para posterior ensaio em laboratório (Favarato et al., 2019). Além disso, Palacios (2012) salienta que pode-se ter um maior volume de ensaios, contribuindo para maior amplitude na investigação e possibilidade de verificar a homogeneidade de concretos já executados. Leschinsky (1991) salienta que os ENDs apresentam vantagens, como dano reduzido a estrutura durante o ensaio, facilidade de execução e rapidez.

Segundo Favarato et al. (2019), o principal objetivo do END é a estimativa da resistência à compressão do concreto para subsequente avaliação de capacidade estrutural. Ressalta-se ainda que os ensaios não destrutivos não conferem de forma direta este parâmetro, mas outras propriedades do concreto, as quais podem ser relacionadas de modo experimental a tal propriedade (Palacios, 2012). O ensaio esclerométrico se caracteriza por ser um END mais tradicional utilizado (Breyse, 2012; Castro, 2009, Ferrari & Padaratz, 2003; Castro, 1987), o qual a norma NBR 7584 (Abnt, 2012) define como o sendo um método não destrutivo que mede a dureza superficial do concreto, gerando informações para a avaliação da qualidade do concreto endurecido. Para Medeiros et al. (2015), a esclerometria é um ensaio capaz de avaliar a dureza superficial de um elemento estrutural, bem como a qualidade do concreto endurecido. A falta de informações de muitos

profissionais sobre as especificidades desse ensaio, resulta em diferentes erros durante o processo de execução e também no tratamento dos resultados obtidos, podendo apresentar uma falsa resistência do concreto e invalidar a avaliação, consequentemente, é importante o emprego de mão de obra qualificada para a realização deste procedimento (Paiva et al., 2021).

Evangelista (2002) explica que o ensaio esclerométrico é uma metodologia é importante não somente para o caso de estruturas executadas há algum tempo, mas também para o caso de estruturas recentes ou ainda em execução, visto que a peça estrutural avaliada não sofre danos e é possível realizar maior quantidade de ensaios. No caso de estruturas recentes, o ensaio esclerométrico podem ser aplicado para monitoramento da evolução da resistência ao longo do tempo ou para aferir a qualidade do concreto, pois o surgimento de anomalias em elementos de concreto não está vinculado somente com a idade da obra, mas também com a mão de obra e materiais usados, já os ensaios em estruturas existentes têm por objetivo avaliar a integridade estrutural e a capacidade de resistir às solicitações (Escobar, 2011). Nesse contexto, o presente trabalho visa analisar a estimativa da resistência à compressão do concreto em elementos estruturais de concreto armado (pergolados) do Espaço Alternativo utilizando esclerômetro de reflexão de Schmidt.

2. Metodologia

2.1 Descrição do equipamento

O equipamento usado foi o esclerômetro impacto tipo Schmidt modelo N, para determinar *in loco* e de forma não destrutiva do valor aproximado da resistência à compressão superficial do Concreto.

2.2 Obra estudada

Os elementos avaliados foram os pilares e vigas de oito pergolados localizados no Espaço Alternativo na cidade de Porto Velho, capital do estado de Rondônia (RO). O Espaço Alternativo é uma área ao ar livre dedicada ao lazer e à prática de atividades físicas, servindo também como ponto de encontro social e espaço para a realização de eventos de grande porte, o que o torna um ponto turístico proeminente da cidade. Tais elementos compreendem um conjunto de pergolados, que funcionam como espaços de descanso, sendo composta por aço, madeira e concreto. As Figuras 1 e 2 mostram as estruturas avaliadas no presente estudo.

Figura 1 - Pergolado 1.



Fonte: Autores (2024).

Figura 2 - Pergolado 2.



Fonte: Autores (2024).

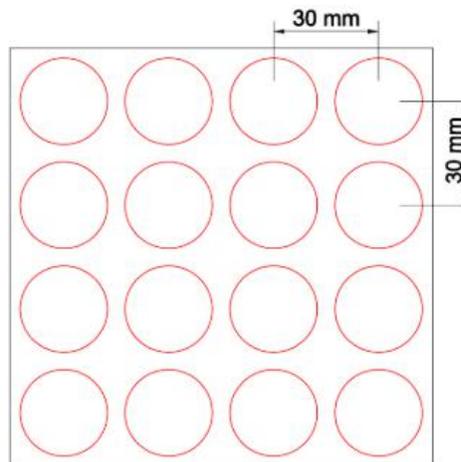
2.3 Ensaio de Esclerometria

2.3.1 Ensaio

Para execução do ensaio, foram inicialmente verificadas se as superfícies dos elementos estruturais (vigas e pilares) estivessem secas ao ar, limpas e planas, em conformidade com as diretrizes da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), conforme estabelecido pela norma NBR 7584 (Abnt, 2012). Os testes nos componentes estruturais começaram depois da remoção do revestimento.

Após a limpeza das superfícies, procedeu-se à demarcação do gabarito de impacto (Figura 3), mantendo uma distância mínima de 50 mm dos cantos e arestas das estruturas. Os pontos foram distribuídos uniformemente, totalizando 16 pontos de impacto com um espaçamento de 30 mm entre os pontos (Figura 4), conforme determinado pela NBR 7584 (Abnt, 2012).

Figura 3 - Gabarito para ensaio.



Fonte: Nascimento et al. (2018).

Figura 4 - Gabarito de impactos.



Fonte: Autores (2024).

Com o gabarito devidamente marcado, os golpes foram aplicados para obter os valores esclerométricos (Figura 5).

Figura 5 - Execução do ensaio.



Fonte: Autores (2024).

3. Resultados e Discussão

Para estimar a resistência superficial do concreto, foram coletadas as leituras dos impactos individuais executados nas estruturas, identificadas como P para pilares e V para vigas, de 8 pergolados representados na Tabelas 1 e 2. Para otimizar o tempo, foi selecionado apenas um pilar e uma viga de cada pergolado, exceto no caso do pergolado 1, onde foram testados três pilares e uma viga.

Tabela 1 - Índices individuais – Pilares.

a	c1	c2	c3	c4	c5	c6	c7	c8	c9	c10	c11	c12	c13	c14	c15	c16
LOCAL DO ENSAIO	LEITURA DO ESCLERÔMETRO (índices individuais)															
P1 - PERGOLADO 1	22	20	18	21	17	20	19	19	24	14	16	18	15	20	19	18
P2 - PERGOLADO 1	19	22	13	15	14	21	20	15	16	19	14	16	16	15	11	13
P3 - PERGOLADO 1	22	17	20	21	15	16	20	17	17	14	16	20	18	18	17	19
P2 - PERGOLADO 2	16	16	15	22	15	20	20	15	0							
P1 - PERGOLADO 3	35	35	32	28	30	32	30	30	34	30	30	28	35	31	31	31
P1 - PERGOLADO 4	31	28	32	34	29	34	34	33	33	32	30	36	35	30	31	29
P1 - PERGOLADO 5	35	37	37	33	35	35	40	37	30	35	35	35	30	32	32	33
P1 - PERGOLADO 6	40	42	33	40	45	46	43	39	45	45	46	43	40	39	41	33
P1 - PERGOLADO 7	22	20	15	20	18	20	20	20	20	20	20	20	22	22	20	20
P1 - PERGOLADO 8	31	31	30	30	28	32	29	27	30	30	29	25	27	31	31	30

Fonte: Autores (2024).

Tabela 2 - Índices individuais – Vigas.

a	c1	c2	c3	c4	c5	c6	c7	c8	c9	c10	c11	c12	c13	c14	c15	c16	
LOCAL DO ENSAIO	LEITURA DO ESCLERÔMETRO (índices individuais)																
V1 - PERGOLADO 1		17	16	17	15	20	15	20	14	18	18	17	17	12	16	11	16
V1 - PERGOLADO 2		15	12	10	16	14	13	10	10	12	14	15	12	20	17	25	15
V1 - PERGOLADO 3		31	40	30	30	32	27	30	30	25	29	29	25	25	30	27	30
V1 - PERGOLADO 4		34	36	35	40	35	35	31	33	25	20	25	23	30	34	34	33
V1 - PERGOLADO 5		35	30	35	30	29	35	33	32	29	29	37	32	28	28	34	31
V1 - PERGOLADO 6		25	35	34	26	40	35	40	34	35	30	39	32	35	33	30	37
V1 - PERGOLADO 7		18	15	10	15	18	20	18	20	18	15	20	18	30	20	20	20
V1 - PERGOLADO 8		30	27	28	27	26	27	26	25	29	30	26	29	25	24	28	29

Fonte: Autores (2024).

Conforme a norma, após a obtenção dos resultados individuais para cada golpe, foi calculada a média aritmética (média I) dos 16 golpes para cada região das vigas e dos pilares. As Tabelas 3 e 4 mostram a média dos índices esclerométricos das vigas e pilares.

Tabela 3 - Média dos índices esclerométricos – Pilares.

LOCAL DO ENSAIO	d=média c1...c16
	Média dos Índice Esclerométrico (MI)
P1 - PERGOLADO 1	18,75
P2 - PERGOLADO 1	16,19
P3 - PERGOLADO 1	17,94
P2 - PERGOLADO 2	15,44
P1 - PERGOLADO 3	31,38
P1 - PERGOLADO 4	31,94
P1 - PERGOLADO 5	34,44
P1 - PERGOLADO 6	41,25
P1 - PERGOLADO 7	19,94
P1 - PERGOLADO 8	29,44

Fonte: Autores (2024).

Tabela 4 - Média dos índices esclerométricos – Vigas.

LOCAL DO ENSAIO	d=média c1...c16
	Média dos Índice Esclerométrico (MI)
V1 - PERGOLADO 1	16,19
V1 - PERGOLADO 2	14,38
V1 - PERGOLADO 3	29,38
V1 - PERGOLADO 4	31,44
V1 - PERGOLADO 5	31,69
V1 - PERGOLADO 6	33,75
V1 - PERGOLADO 7	18,44
V1 - PERGOLADO 8	27,25

Fonte: Autores (2024).

Conforme determinado por norma, foi preciso desprezar todo índice esclerométrico que apresentou um resultado afastado em mais de 10% do valor médio. Nas Tabelas 5 e 6 estão representados de roxo e verde todos os valores que foram desconsiderados, sendo roxo para valores inferiores aos 10% e verde para valores superiores aos 10%.

Tabela 5 - Aferição de limites superior e inferior – Pilares.

LOCAL DO ENSAIO	e=d*0,9	f=d*1,1	LEITURA DO ESCLERÔMETRO (Índices individuais)															
	Limite Inferior 10%	Limite Superior 10%	<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> verde Limite Superior 10% </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> rosa Limite Inferior 10% </div>															
P1 - PERGOLADO 1	16,88	20,63	22	20	18	21	17	20	19	19	24	14	16	18	15	20	19	18
P2 - PERGOLADO 1	14,57	17,81	19	22	13	15	14	21	20	15	16	19	14	16	16	15	11	13
P3 - PERGOLADO 1	16,14	19,73	22	17	20	21	15	16	20	17	17	14	16	20	18	18	17	19
P2 - PERGOLADO 2	13,90	16,99	16	16	15	22	15	20	20	15	0							
P1 - PERGOLADO 3	28,24	34,51	35	35	32	28	30	32	30	30	34	30	30	28	35	31	31	31
P1 - PERGOLADO 4	28,74	35,13	31	28	32	34	29	34	34	33	33	32	30	36	35	30	31	29
P1 - PERGOLADO 5	30,99	37,88	35	37	37	33	35	35	40	37	30	35	35	35	30	32	32	33
P1 - PERGOLADO 6	37,13	45,38	40	42	33	40	45	46	43	39	45	45	46	43	40	39	41	33
P1 - PERGOLADO 7	17,94	21,93	22	20	15	20	18	20	20	20	20	20	20	22	22	20	20	20
P1 - PERGOLADO 8	26,49	32,38	31	31	30	30	28	32	29	27	30	30	29	25	27	31	31	30

Fonte: Autores (2024).

Tabela 6 - Aferição de limites superior e inferior – Vigas.

LOCAL DO ENSAIO	Limite Inferior 10%	Limite Superior 10%	LEITURA DO ESCLERÔMETRO (Índices individuais)															
	<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> verde Limite Superior 10% </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> rosa Limite Inferior 10% </div>																	
V1 - PERGOLADO 1	14,57	17,81	17	16	17	15	20	15	20	14	18	18	17	17	12	16	11	16
V1 - PERGOLADO 2	12,94	15,81	15	12	10	16	14	13	10	10	12	14	15	12	20	17	25	15
V1 - PERGOLADO 3	26,44	32,31	31	40	30	30	32	27	30	30	25	29	29	25	25	30	27	30
V1 - PERGOLADO 4	28,29	34,58	34	36	35	40	35	35	31	33	25	20	25	23	30	34	34	33
V1 - PERGOLADO 5	28,52	34,86	35	30	35	30	29	35	33	32	29	29	37	32	28	28	34	31
V1 - PERGOLADO 6	30,38	37,13	25	35	34	26	40	35	40	34	35	30	39	32	35	33	30	37
V1 - PERGOLADO 7	16,59	20,28	18	15	10	15	18	20	18	20	18	15	20	18	30	20	20	20
V1 - PERGOLADO 8	24,53	29,98	30	27	28	27	26	27	26	25	29	30	26	29	25	24	28	29

Fonte: Autores (2024).

Ainda de acordo com a norma foi calculado uma nova média aritmética (média II), desconsiderando os valores que passam de 10% +/- da média inicial (média I), levando em consideração que só pode ser obtido a média II se houver no mínimo cinco resultados de índice esclerométrico, caso contrário o ensaio desta área deve ser desconsiderado (Tabelas 7 e 8).

Tabela 7 - Índice pós-média – Pilares.

LOCAL DO ENSAIO	g= média > e ... < f
	Índice Pós Média (MII) (com no mínimo cinco valores individuais)
P1 - PERGOLADO 1	18,80
P2 - PERGOLADO 1	15,50
P3 - PERGOLADO 1	17,57
P2 - PERGOLADO 2	15,40
P1 - PERGOLADO 3	31,00
P1 - PERGOLADO 4	31,93
P1 - PERGOLADO 5	34,69
P1 - PERGOLADO 6	41,83
P1 - PERGOLADO 7	19,83
P1 - PERGOLADO 8	29,73

Fonte: Autores (2024).

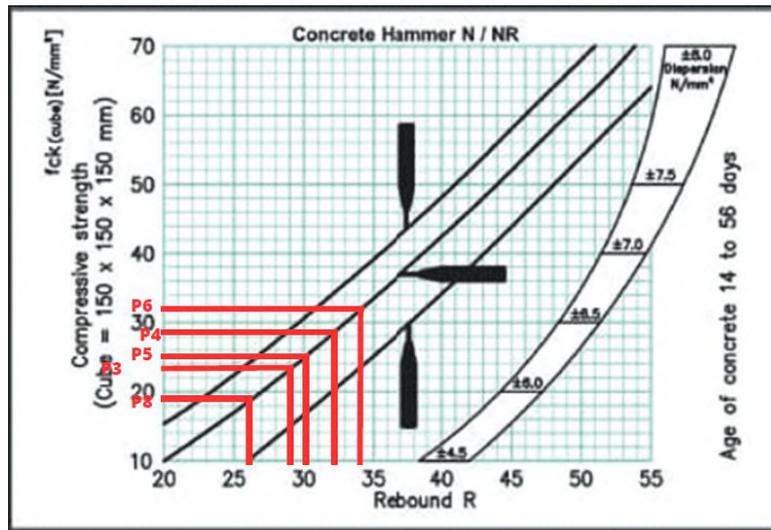
Tabela 8 - Índice pós-média – Vigas.

LOCAL DO ENSAIO	Índice Pós Média (MII) (com no mínimo cinco valores individuais)
V1 - PERGOLADO 1	16,22
V1 - PERGOLADO 2	14,33
V1 - PERGOLADO 3	29,58
V1 - PERGOLADO 4	32,71
V1 - PERGOLADO 5	30,90
V1 - PERGOLADO 6	34,44
V1 - PERGOLADO 7	19,09
V1 - PERGOLADO 8	27,08

Fonte: Autores (2024).

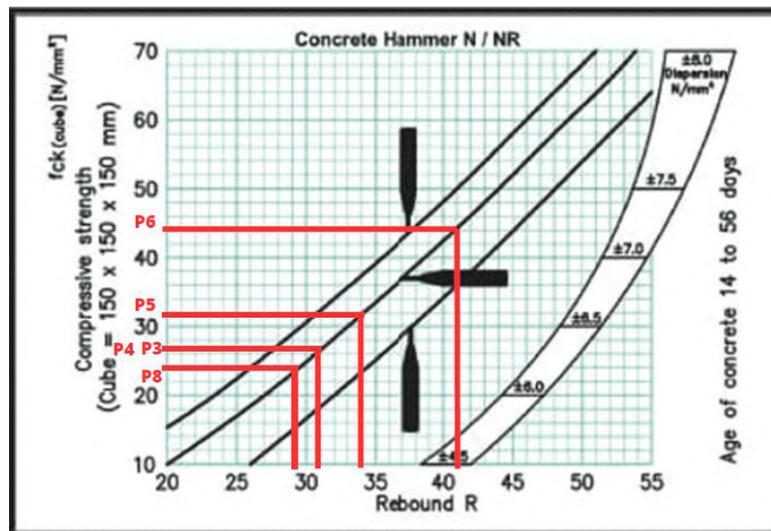
Após os resultados da média II, foi utilizado esses resultados para alcançar o objetivo final do estudo, encontrar a resistência do concreto, sendo assim foi feita a aplicação no gráfico disponibilizado no próprio aparelho esclerométrico, como mostrado nas Figuras 6 e 7.

Figura 6 - Definição da resistência do concreto – Pilares.



Fonte: Autores (2024).

Figura 7 - Definição da resistência do concreto – Vigas.



Fonte: Autores (2024).

3.1 Resultados finais dos pilares

Nos ensaios realizados nos pilares (P), os pergolados 1, 2 e 7 foram descartados devido não atenderem aos critérios mínimos para a aplicação no gráfico disponibilizado pelo próprio aparelho esclerométrico na Figura 6. A Tabela 9 apresenta os resultados do índice esclerométrico dos pilares.

Tabela 9 - Índice Esclerométrico – Pilares.

Local	Média dos Índices	Limite Inferior 10%	Limite Superior 10%	Índice Pós-Média	Resistência (MPa)
Pergolado 01	18,75	16,87	20,63	18,80	
Pergolado 01	16,18	14,57	17,81	15,50	
Pergolado 01	17,94	16,14	19,73	17,57	
Pergolado 02	15,44	13,90	16,99	15,40	
Pergolado 03	31,38	28,24	34,51	31,00	27 MPa
Pergolado 04	31,94	28,74	35,13	31,93	27 MPa
Pergolado 05	34,44	30,99	37,88	34,69	32 MPa
Pergolado 06	41,25	37,13	45,38	41,83	44 MPa
Pergolado 07	19,94	17,94	21,93	19,83	
Pergolado 08	29,44	26,49	32,38	29,73	24 MPa

Fonte: Autores (2024).

3.2 Resultados finais das vigas

Nos ensaios conduzidos nas vigas (V), os pergolados 1, 2 e 7 foram descartados devido não atenderem aos critérios mínimos para a aplicação no gráfico disponibilizado pelo próprio aparelho esclerométrico na Figura 7. Já a viga do pergolado 05 foi descartada, pois na média II obteve um valor superior aos 10% permitido em norma, conforme mostrado na Tabela 10.

Tabela 10 - Índice Esclerométrico – Vigas.

Local	Média dos Índices	Limite Inferior 10%	Limite Superior 10%	Índice Pós-Média	Resistência (MPa)
Pergolado 01	16,18	14,56	17,81	16,22	
Pergolado 02	14,37	12,94	15,81	14,33	
Pergolado 03	29,38	26,44	32,31	29,58	23 MPa
Pergolado 04	31,44	28,29	34,58	32,71	28 MPa
Pergolado 05	31,69	28,52	34,86	30,90	
Pergolado 06	33,75	30,38	37,13	34,44	32 MPa
Pergolado 07	18,44	16,59	20,28	19,09	
Pergolado 08	27,25	24,53	29,98	27,08	19 MPa

Fonte: Autores (2024).

4. Conclusão

Esta pesquisa teve como finalidade estimar a resistência à compressão do concreto de pilares e vigas de oito pergolados localizados no Espaço Alternativo na cidade de Porto Velho/RO que fizeram o emprego de concreto fabricado *in loco*. Com base nos resultados obtidos nesta pesquisa, por meio do ensaio citado no trabalho, foi possível concluir:

- Foi evidente a integridade das estruturas compostas por elementos de concreto armado nos locais onde os ensaios foram realizados. Os pilares exibem preservação e demonstram um desempenho que está em conformidade com a norma Nbr 6118 (Abnt, 2023);
- Os testes conduzidos na viga do pergolado 2 revelaram uma resistência de 23 MPa, enquanto a viga do pergolado 8 indicou uma resistência de 19 MPa. Esses valores não satisfazem o requisito mínimo de resistência de 25 MPa estabelecido pela norma Nbr 6118 (Abnt, 2023);
- O mesmo padrão se repete no pilar do pergolado 8, onde a resistência é de 24 MPa, valor no qual não atende a norma Nbr 6118 (Abnt, 2023); e
- Se levado em consideração o ano em que os projetos estruturais dos pergolados foram confeccionados, a norma vigente na época era Nbr 6118 (Abnt, 2007), tal norma exigia a resistência mínima de 20 MPa, sendo assim é possível afirmar que as vigas e os pilares nos quais foram executados os ensaios satisfazem a resistência para qual foram projetados, com exceção a viga do pergolado 08, que apresenta uma resistência de 19 MPa.

Referências

- ABNT (2014). *NBR 6118: Projeto de Estruturas de Concreto – Procedimento*. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).
- ABNT (2023). *NBR 7584: Concreto endurecido – Avaliação da dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão – Método de ensaio*. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).
- Battagin, A. F. (2018). Uma breve história do cimento Portland.
- Breysse, D. (2012). *Nondestructive evaluation of concrete strength: an historical review and a new perspective by combining NDT methods*. *Construction and Building Materials*, 33, 139-163.
- Castro, P. F. (1987). Ensaio não destrutivo: ensaios e testemunhos e correlação. In: Reunião anual do Ibracon, 1987. São Paulo. Anais. São Paulo: Ibracon,
- CREA-RO. (2013). Art n° 8207348316/2013, Vitor Hugo Piana Serpa. Porto Velho.
- Escobar, C. J., Cruz, D. A. & Fabro, G. (2011). Avaliação de desempenho do ensaio de esclerometria na determinação da resistência do concreto endurecido. Ibracon. Anais do 50º congresso brasileiro do concreto - cbc2008 – 50cbc0636. São Paulo, SP, Brasil.
- Evangelista, A. C. J. (2002). Avaliação da resistência do concreto usando diferentes ensaios não destrutivos. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- Favarato, L. F., Rosário, C. V. S., Alzuguir, J. P. C., Kerkoff, M. A., Aoun, T. Z. & Vieira, G. L. (2019). Avaliação teórico-experimental da resistência à compressão de concretos através de ensaios não destrutivos. *Matéria* (Rio de Janeiro). 24(4), e12526.
- Ferrari, V. J. & Padaratz, I. J. (2003). *Aplicação de ondas ultra-sônicas na detecção das primeiras fissuras em vigas de concreto armado e na avaliação da resistência à compressão*. *Acta Scientiarum Technology*. Maringá. Brasil., 25(2), 185-191.
- Leschinsky, A. (1991). *Non-destructive methods instead os specimens and cores, quality control of concrete structures*, in: International Symposim Held by RILEM, Belgium,.
- Medeiros, M. H. F., De La Torre, E. M., Kosloski, F., Silvestro, L., Leme, L. B. P. & Souza, D. J. (2015). Obtenção da Resistência à Compressão do Concreto de Viadutos Localizados na Região de Curitiba por Métodos de Ensaio não Destrutivos: Esclerometria e Ultrassom. In: 44ª Reunião Anual de Pavimentação e 18º Encontro Nacional de Conservação Rodoviária, 2015, Foz do Iguaçu. 44ª Reunião Anual de Pavimentação e 18º Encontro Nacional de Conservação Rodoviária., v. 1, 1-16.
- Nascimento, B. A., Nascimento, A. R. & Lopes, A. A. (2018). Ensaio de esclerometria para estimativa da resistência à compressão do concreto em obras da cidade de Maringá. *Journal of Exact Sciences - JES*, 19, 20-25.
- Neville, A. M. & Brooks, J. J. (2013). *Tecnologia do concreto*. Porto Alegre.
- Paiva, M. V. de, Freitas, M. V. P., & Soares, C. E. (2021). A review of the influencing factors in the sclerometric assay. *The Journal of Engineering and Exact Sciences*, 7(1), 12100–01.
- Palacios, M. P. G. (2012). *Emprego de ensaios não destrutivos e de extração de testemunhos na avaliação da resistência à compressão do concreto*. Dissertação (Mestrado). Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental.