

## AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DA ALTURA DE LANÇAMENTO DO CONCRETO NA SUA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

CARELLI, Jackson Antonio

TCATCH, Renata Kister

### Resumo

A segregação é uma patologia que forma vazios e que afeta a durabilidade e a resistência das estruturas de concreto. As principais causas do problema são as falhas no processo de concretagem da estrutura. Neste estudo são avaliados os resultados de variação da resistência à compressão quando o concreto é lançado a alturas elevadas. Para a concretagem, foram definidas cinco alturas de lançamento (1,5 m, 2,0 m, 2,5 m, 3,0 m e 3,5 m) e para cada altura de lançamento foram concretados três corpos de prova. Estes possuíam 30 cm de largura, 15 cm de espessura e 50 cm de altura. Adotou-se um único traço para o preparo do concreto. Para a realização do ensaio de resistência à compressão foram extraídos testemunhos da base dos corpos de prova. Os resultados encontrados validaram a tese de que a resistência à compressão do concreto é inversamente proporcional à altura em que este for lançado, ou seja, quanto maior a altura de lançamento do concreto menor será a sua resistência. Analisando somente os dois pontos de extremidade, 1,50 m e 3,50 m, observou-se uma queda de aproximadamente 20% na resistência à compressão do concreto, o que se traduz como um dado consideravelmente nocivo para o desempenho e para a durabilidade das estruturas.

Palavras-chave: Segregação. Concreto. Testemunhos.

### 1 INTRODUÇÃO

Os vazios ou nichos de concretagem, popularmente conhecidos como bicheiras, são porosidades na massa do concreto que geram um ponto fraco

na estrutura e que permitem a entrada de agentes agressivos. A durabilidade e a resistência de estruturas que apresentem essa patologia é comprometida, visto que estas podem sofrer deformações ou até mesmo entrar em colapso.

As principais origens do problema estão relacionadas às falhas na concretagem da estrutura, geralmente no lançamento, que em alturas excessivas ocasiona a segregação, ou no adensamento do material.

Os pilares são os elementos estruturais mais propensos a sofrer com a segregação do concreto, fato este que ocorre em razão do lançamento do material a alturas elevadas. O agregado graúdo chega à base do elemento antes da argamassa, o que acarreta na formação de vazios na parte inferior da peça.

O presente trabalho tem como foco o estudo da influência da altura de lançamento na resistência à compressão do concreto, no qual procura-se estabelecer grandezas que caracterizem o comportamento do concreto quando lançado a alturas superiores as recomendadas.

Com o intuito de obter resultados que retratem uma maior precisão, a concretagem dos corpos de prova para todas as alturas de lançamento pré-definidas foi realizada de forma simultânea.

## 2 DESENVOLVIMENTO

### 2.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Na engenharia civil a saúde das estruturas é definida como a capacidade que estas possuem para desempenharem as funções para as quais foram idealizadas. As enfermidades ou patologias a que estão sujeitas devem ser compreendidas como anomalias, falhas ou defeitos que podem comprometer esse desempenho (CÁNOVAS, 1988).

De acordo com Souza e Ripper (1998, p. 23) "O surgimento de um problema patológico em dada estrutura indica, em última instância e de maneira geral, a existência de uma ou mais falhas durante a execução de uma das etapas de construção".

Classificam-se como causas intrínsecas aos processos de deterioração das estruturas de concreto as que são inerentes às próprias estruturas, ou seja, todas aquelas que tem sua origem nos materiais e peças estruturais durante as fases de execução ou utilização das obras, sejam elas por falhas humanas, por questões próprias ao material ou por ações externas, como acidentes (SOUZA; RIPPER, 1998).

“Ao método de concretagem estão relacionadas, entre outras, as falhas no transporte, no lançamento e no adensamento do concreto, que podem provocar por exemplo, a segregação entre o agregado graúdo e a argamassa”. (SOUZA; RIPPER, 1998, p. 28).

Conforme Aoki (2007) “A segregação consiste na separação dos materiais componentes, com o conseqüente aparecimento de ninhos ou bicheiras, que o adensamento não conseguirá eliminar”.

Metha e Monteiro (2008, p. 370) ressaltam ainda que “A separação dos componentes de uma mistura de concreto fresco age de tal forma que sua distribuição deixa de ser uniforme”.

De acordo com Effting (2014) “A segregação pode causar enfraquecimento da aderência da pasta-agregado, aumento da permeabilidade e diminuição da resistência mecânica”.

Na etapa de lançamento do concreto, principalmente no que se refere a peças verticais, como pilares ou paredes, o maior cuidado é evitar a segregação. Os materiais que o constituem possuem massas específicas diferentes e em conseqüência disso tendem a se separar com a queda livre (AOKI, 2007).

Caso o transporte do concreto não seja feito em longas distâncias e o lançamento seja o mais próximo de sua posição final, o risco de segregação é pequeno. Entretanto, em movimentações significativas de espaço e lançamento a alturas consideráveis observa-se a situação contrária (NEVILLE, 2015).

A NBR 14931 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004, p. 20) salienta que no lançamento “Os cuidados devem ser majorados quando

a altura de queda livre do concreto ultrapassar 2,00 m, no caso de peças estreitas e altas [...]”

Entre as precauções que podem ser adotadas recomenda-se o emprego de concreto com teor de argamassa e consistência adequados, o lançamento inicial de argamassa com composição igual à da argamassa do concreto estrutural ou a utilização de dispositivos que reduzem a segregação, dentre os quais destacam-se os funis, as calhas ou a abertura de janelas nas formas (NBR 14931; ABNT, 2004).

Segundo Metha e Monteiro (2008, p. 371) “Não há ensaios para medir a segregação. A observação visual e a inspeção dos testemunhos extraídos de concreto endurecido, normalmente são adequadas para determinar se a segregação ocorreu”.

Metha e Monteiro (2008, p. 370) evidenciam ainda que existem dois tipos de segregação. O primeiro caracterizado pela separação entre o agregado graúdo e a argamassa e o segundo típico de concretos que apresentam consistência excessivamente fluida. A este denomina-se exsudação.

“É um fenômeno cuja manifestação externa é o surgimento de água na superfície após o concreto ter sido lançado e adensado, porém antes de sua pega (isto é, quando a sedimentação não pode mais ocorrer)”. (METHA; MONTEIRO, 2008, p. 370).

“A água é o componente mais leve em uma mistura de concreto. Assim, a exsudação é uma forma de segregação, porque os sólidos em suspensão tendem a se sedimentar sob a força da gravidade”. (METHA; MONTEIRO, 2008, p. 370).

“A exsudação resulta da incapacidade dos materiais componentes em reterem toda a água de amassamento em um estado disperso, enquanto os sólidos mais pesados se assentam”. (METHA; MONTEIRO, 2008, p. 370).

De acordo com Metha e Monteiro (2008, p. 370) “A camada de nata contém uma relação água/cimento elevada, sendo, portanto, porosa, mole e fraca”.

Quando a nata de cimento se manifesta em uma laje de piso ou de pavimento, ao invés de se obter uma superfície com elevada resistência e

durabilidade, o concreto apresentará uma superfície fraca, sujeita a pulverulência, por exemplo. Quando a nata de cimento se manifestar no topo de uma junta, poderá resultar em uma ligação frágil com a próxima camada (METHA; MONTEIRO, 2008).

## 2.2 METODOLOGIA

Os complementos de forma, necessários para a determinação das alturas de lançamento, foram confeccionados no município de Herval d'Oeste. Os moldes, que serviram como formas para os corpos de prova, foram reaproveitados do experimento realizado pelo acadêmico Paulo Roberto Trombetta no segundo semestre de 2015.

Os ensaios de caracterização dos agregados, a concretagem dos quinze CP's prismáticos e a moldagem dos três CP's cilíndricos, a extração dos testemunhos e o ensaio de resistência à compressão foram executados nos Laboratórios de Materiais e de Ensaio Mecânicos da Universidade do Oeste de Santa Catarina – Unoesc, no Campus de Joaçaba - SC.

## 2.3 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os resultados obtidos com os ensaios de caracterização do agregado graúdo são apresentados por meio da Tabela 1.

O agregado graúdo pode ser classificado na zona granulométrica 9,5/25, sendo considerado, portanto, uma brita I. Apesar de estar parcialmente fora da faixa granulométrica determinada pela NBR 7211 (ABNT, 2009), o agregado pode ser utilizado em concretos, desde que sua aplicabilidade seja comprovada.

Os resultados obtidos com os ensaios de caracterização do agregado miúdo são apresentados por meio da Tabela 2.

O agregado miúdo pode ser classificado como uma areia média, visto que apresenta módulo de finura igual a 2,2. Apesar de estar parcialmente fora da faixa (zona ótima) determinada pela NBR 7211 (ABNT, 2009), o agregado

pode ser utilizado em concretos, desde que sua aplicabilidade seja comprovada.

Como as dimensões dos testemunhos divergem das dimensões usuais dos corpos de prova cilíndricos (10 cm de diâmetro e 20 cm de altura), foi necessário fazer a correção dos resultados, conforme determinado pela NBR 7680 (ABNT, 2015).

Vale ressaltar que no caso dos três corpos de prova cilíndricos este fator não foi utilizado. O Gráfico 1 apresenta somente os resultados de resistência à compressão já corrigidos.

Foi constatado que os resultados dos testemunhos exibiram um comportamento similar entre as suas próprias amostras, ou seja, os testemunhos das duas primeiras etapas da concretagem apresentaram resistência à compressão semelhante, com pouca ou quase nenhuma variação, já os testemunhos da terceira etapa da concretagem apresentaram um aumento da resistência à compressão.

A explicação mais plausível para este acréscimo na resistência é a evaporação da água de amassamento do concreto, visto que os corpos de prova foram concretados em tempos diferentes e a concretagem durou aproximadamente 2 horas e 30 minutos. Além disso, como o concreto foi manuseado muitas vezes, é possível que tenha ocorrido a segregação do material dentro da caixa de madeira. Contudo, tratam-se de duas hipóteses e não de duas afirmativas.

Referente aos resultados dos corpos de prova cilíndricos, moldados sem a influência da altura de lançamento, foi observada uma significativa queda na resistência à compressão quando comparados com os resultados obtidos com o ensaio dos testemunhos.

Esta discordância ocorreu devido à cura dos corpos de prova. Foram adotados os mesmos processos de cura (aspersão e cura ambiente) tanto para os quinze corpos de prova prismáticos quanto para os três corpos de prova cilíndricos. No entanto, os primeiros foram desformados somente 16 dias após a concretagem e os últimos foram desmoldados 24 horas após a moldagem.

Isso significa dizer que as formas desempenharam a sua função de proteção, mantendo o calor de hidratação e permitindo que o concreto ganhasse uma maior resistência neste período de tempo. Já o concreto dos três CP's foi exposto ao ambiente precocemente, o que fragilizou a sua resistência à compressão.

A avaliação dos resultados encontrados com o ensaio de resistência à compressão dos testemunhos foi feita por meio de dois gráficos comparativos. Em ambos é possível observar o comportamento do concreto em cada uma das cinco alturas de lançamento a que foi submetido.

O primeiro gráfico apresenta a resistência média dos pontos de lançamento de concreto (Gráfico 2), ou seja, os resultados expostos referem-se a média das três amostras concretadas para cada altura de lançamento. Este gráfico tem a função de abranger todas as situações encontradas.

Como relatado anteriormente, os testemunhos apresentaram variação na resistência à compressão entre as amostras de mesma altura de lançamento, isto é, os testemunhos da terceira etapa da concretagem apresentaram um aumento na resistência à compressão se comparados aos demais. Portanto, a média é uma forma de filtrar esta desarmonia e uniformizar os resultados.

O gráfico acima ilustra o declínio da resistência à compressão do concreto. Com o aumento da altura de lançamento houve a redução da resistência. Comparando os resultados de cada ponto de lançamento entre si, percebe-se que o decréscimo da resistência à compressão chegou a:

- 7,4% de 1,50 m para 2,00 m;
- 10,0% de 1,50 m para 2,50 m;
- 13,76% de 1,50 m para 3,00 m;
- 15,87% de 1,50 m para 3,50 m;
- 2,86% de 2,00 m para 2,50 m;
- 6,86% de 2,00 m para 3,00 m;
- 9,14% de 2,00 m para 3,50 m;
- 4,11% de 2,50 m para 3,00 m;
- 6,47% de 2,50 m para 3,50 m;

- 2,45% de 3,00 m para 3,50 m.

O segundo gráfico apresenta a resistência máxima dos pontos de lançamento de concreto (Gráfico 3), ou seja, os resultados expostos referem-se as amostras que apresentaram o maior valor de resistência à compressão para cada altura de lançamento.

A análise deste gráfico foi realizada devido ao fato de que, em um experimento que envolva mais de uma amostra de concreto é necessário que sejam selecionados somente os valores máximos de resistência à compressão, descartando-se os demais.

Neste caso, assim como foi observado no primeiro gráfico, houve o declínio da resistência à compressão do concreto. O aumento da altura de lançamento levou a diminuição da resistência. Comparando os resultados de cada ponto de lançamento entre si, percebe-se que o decréscimo da resistência à compressão chegou a:

- 4,04% de 1,50 m para 2,00 m;
- 6,56% de 1,50 m para 2,50 m;
- 15,15% de 1,50 m para 3,00 m;
- 19,2% de 1,50 m para 3,50 m;
- 2,63% de 2,00 m para 2,50 m;
- 11,58% de 2,00 m para 3,00 m;
- 15,79% de 2,00 m para 3,50 m;
- 9,19% de 2,50 m para 3,00 m;
- 13,51% de 2,50 m para 3,50 m;
- 4,76% de 3,00 m para 3,50 m.

Os resultados encontrados corroboram a tese de que a altura de lançamento influencia de forma prejudicial na resistência à compressão do concreto. Com a elevação da altura de lançamento, verificou-se perda na resistência à compressão do material. Em vista disso, constata-se que a altura de lançamento e a resistência à compressão do concreto são inversamente proporcionais.

Outro aspecto observado refere-se ao percentual de decréscimo na resistência à compressão. As comparações feitas anteriormente chegaram a

números expressivos, comprovando que não se trata somente de uma redução na resistência e sim de uma redução significativa, que em alguns casos, pode chegar a aproximadamente 20%.

Vale ressaltar que com as alturas de lançamento superiores a recomendada por norma (2,50 m, 3,00 m e 3,50 m) foi verificado percentuais visivelmente mais elevados de redução na resistência à compressão, principalmente para as duas últimas alturas de lançamento.

Já no caso das alturas de lançamento inferiores ou iguais a recomendada por norma (1,50 m e 2,00 m) os percentuais de decréscimo apresentaram valores com menor relevância. Este comportamento foi observado no gráfico que relaciona somente os valores máximos de resistência.

Além disso, foi feito um exame visual em todos os testemunhos e observou-se que não houve a formação de vazios no concreto devido à falta de adensamento ou ao adensamento incorreto. Foram visualizados somente pequenos poros em algumas partes da superfície dos testemunhos, conforme visto na Fotografia 1. No entanto, como estes possuem pequena dimensão, são irrelevantes e podem ser desprezados.

### 3 CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos com o ensaio de resistência à compressão dos testemunhos extraídos dos corpos de prova prismáticos (pilares), foi possível a identificação de duas situações. A primeira refere-se às alturas de lançamento superiores a recomendada por norma e a segunda refere-se às alturas de lançamento inferiores ou iguais a recomendada por norma.

No primeiro caso, alturas de lançamento de 2,50 m, 3,00 m e 3,50 m, foi observado que o concreto apresentou resultados de resistência à compressão com elevada redução, especialmente para as duas últimas alturas de lançamento estudadas. No segundo caso, alturas de lançamento de 1,50 m

e 2,00 m, foi observado que o concreto apresentou resultados de resistência à compressão com percentuais de decréscimo menos relevantes.

Foi constatado ainda que não houve a formação de vazios no concreto devido ao adensamento incorreto ou a ausência deste. Isso se deve, entre outras coisas, ao fato de que o material foi adensado mecanicamente, com a utilização de vibrador de imersão, e em duas camadas, em razão do volume de cada corpo de prova.

Além disso, foram moldados três corpos de prova com o intuito de avaliar a resistência à compressão deste mesmo concreto sem a influência da altura de lançamento. Entretanto, como os CP's foram desmoldados e expostos ao ambiente, para a cura com umidade natural, já nos primeiros dias de idade, a resistência à compressão ficou comprometida e apresentou elevada queda, se comparada a resistência à compressão dos testemunhos.

A análise dos resultados obtidos a partir do ensaio dos testemunhos validou o principal objetivo deste trabalho. Os resultados médios e os resultados máximos indicaram que a altura de lançamento atua de forma danosa na resistência à compressão do concreto. O aumento da altura de lançamento ocasionou a perda de resistência.

Um dos exemplos mais tangíveis foi observado comparando as alturas de lançamento de 1,50 m e 3,50 m, onde a redução na resistência à compressão chegou a um percentual de aproximadamente 20%. Este declínio adverte para pontos de fraqueza no concreto, que conseqüentemente afetam o seu desempenho e a sua durabilidade.

## REFERÊNCIAS

AOKI, Jorge. Proteja o seu concreto. Massa Cinzenta, Curitiba, 2007. Disponível em: <<http://www.cimentoitambe.com.br/proteja-seu-concreto-3/>>. Acesso em: 19 mar. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7211 – Agregados para concreto – Especificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

\_\_\_\_\_. NBR 7680 – Concreto – Extração, preparo, ensaio e análise de testemunhos de estruturas de concreto. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

\_\_\_\_\_. NBR 14931 – Execução de estruturas de concreto - Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

CÁNOVAS, Manuel Fernández. Patologia e terapia do concreto armado. São Paulo: Pini, 1988. 522 p.

EFFTING, Carmeane. Propriedades do concreto fresco e endurecido. Joinville: Udesc, 2014. 59 transparências, color. Disponível em: <[http://www.joinville.udesc.br/portal/professores/carmeane/materiais/AULA\\_2\\_e\\_3\\_\\_2014.pdf](http://www.joinville.udesc.br/portal/professores/carmeane/materiais/AULA_2_e_3__2014.pdf)>. Acesso em: 20 mar. 2016.

METHA, P. Kumar; MONTEIRO, Paulo J. M. Concreto, microestrutura, propriedades e materiais. São Paulo: IBRACON, 2008. 674 p.

NEVILLE, Adam. M. Propriedades do concreto. 5 ed. São Paulo: Bookman, 2015. 912 p.

SOUZA, Vicente Custódio Moreira; RIPPER, Thomaz. Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto. São Paulo: Pini, 1998. 255 p.

Sobre o(s) autor(es)

Jackson Antonio Carelli - Mestre em Engenharia de Estruturas

Professor na Universidade do Oeste de Santa Catarina

E-mail: [jackson.carelli@unoesc.edu.br](mailto:jackson.carelli@unoesc.edu.br)

Renata Kister Tcatch - Graduada em Engenharia Civil

E-mail: [renata.tcatch@gmail.com](mailto:renata.tcatch@gmail.com)

Tabela 1: Resultados dos ensaios de caracterização do agregado graúdo

Ensaio	Resultados
Granulometria: módulo de finura	7,11
Granulometria: dimensão máxima característica	25
Teor de material pulverulento (%)	0,432
Massa específica (g/cm <sup>3</sup> )	2,745

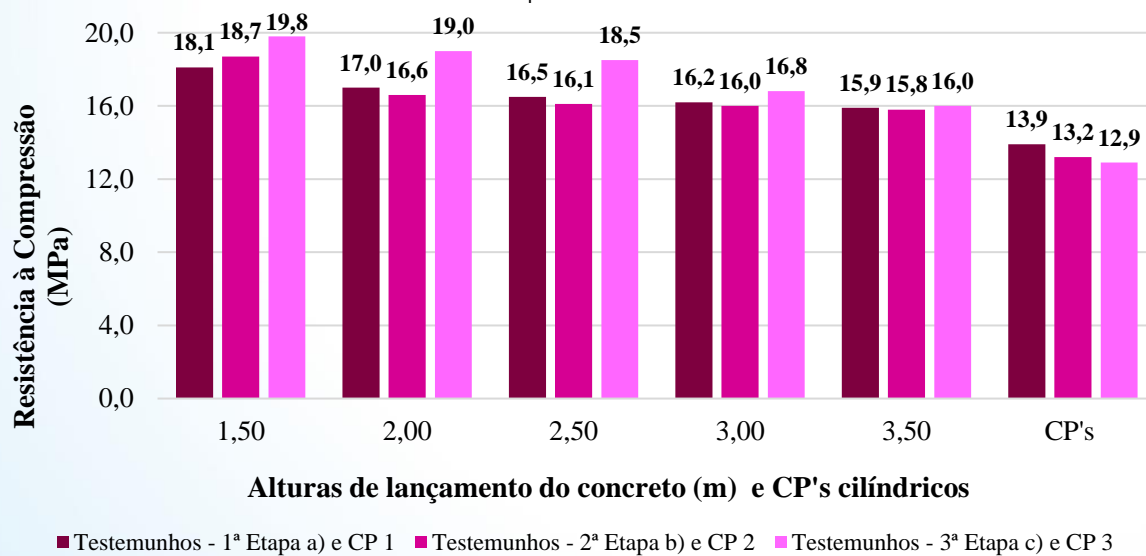
Fonte: Os autores

Tabela 2: Resultados dos ensaios de caracterização do agregado miúdo

Ensaio	Resultados
Granulometria: módulo de finura	2,2
Granulometria: dimensão máxima característica	2,36
Teor de material pulverulento (%)	3,927
Massa específica (g/cm <sup>3</sup> )	2,621

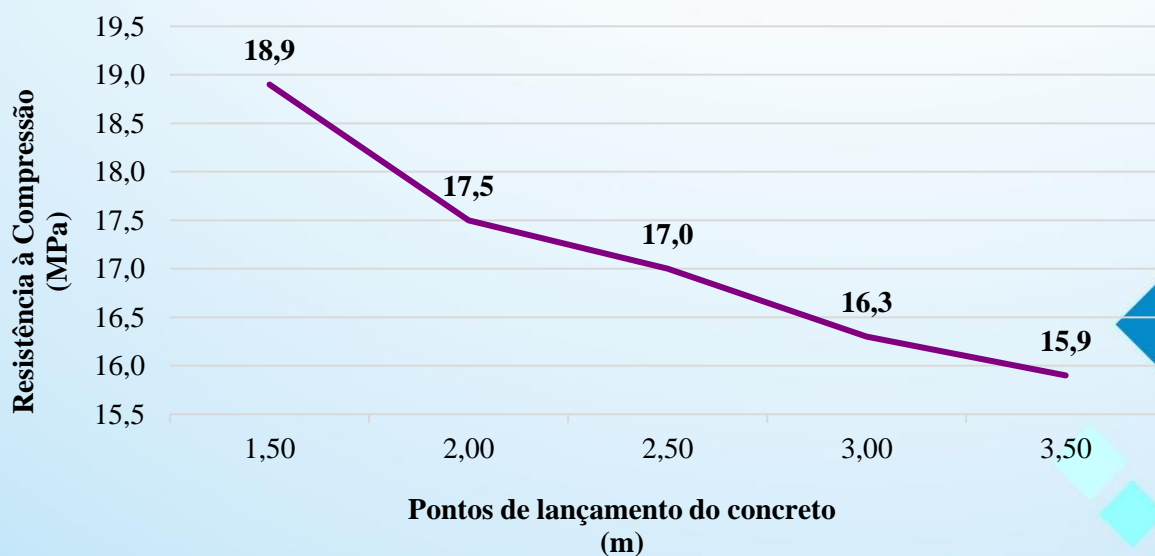
Fonte: Os autores

Gráfico 1: Resultados de resistência à compressão dos testemunhos e CP's



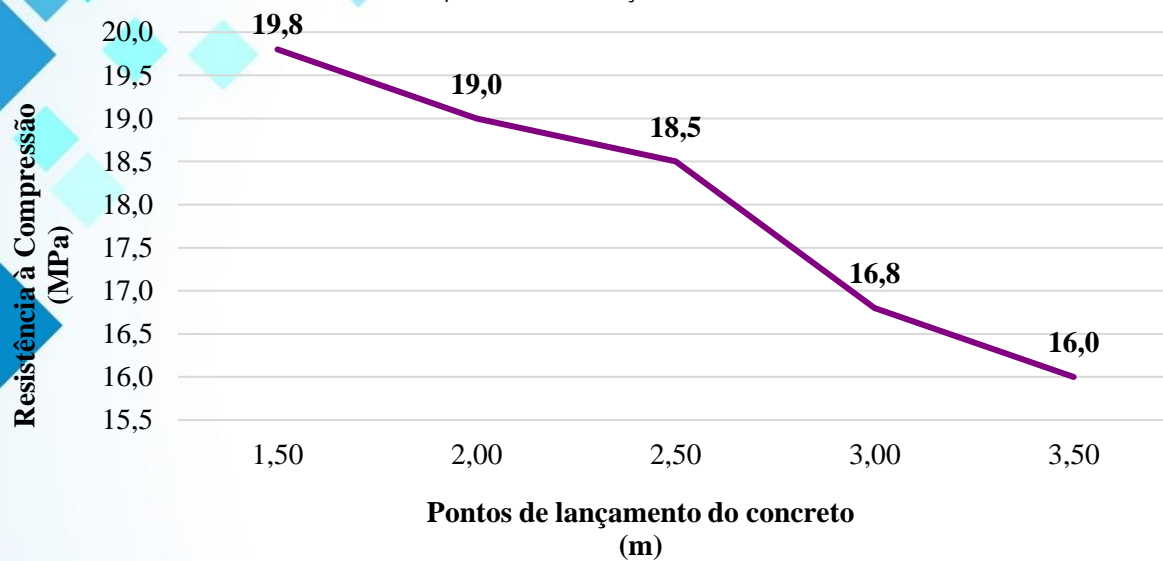
Fonte: Os autores

Gráfico 2: Resistência média dos pontos de lançamento de concreto



Fonte: Os autores

Gráfico 3: Resistência máxima dos pontos de lançamento de concreto



Fonte: Os autores

Fotografia 1: Análise visual de testemunho



Fonte: Os autores