

Processo produtivo de concreto utilizado na confecção de peças pré-moldadas de uma empresa na cidade de Pato Branco – PR

Janaína Santos Saldanha Marques (UTFPR-PB) jana.engcivil@hotmail.com
Mário Arlindo Paz Irrigaray (UTFPR-PB) irrigaray@gmail.com

Resumo

A pesquisa propôs analisar os valores de resistência à compressão do concreto confeccionado em empresa de peças pré-moldadas em diferentes idades (1, 5 e 28 dias). A resistência à compressão é a principal propriedade do concreto, quando utilizado em conjunto com aço proporciona à estrutura melhores condições de sustentação dos esforços globais. A metodologia para a aquisição e tratamento dos dados foi adquirido realizando-se a moldagem manual de corpos de provas com o concreto cedido pela empresa voluntária. E respeitando as idades, os corpos de provas confeccionados foram ensaiados à compressão simples em prensa mecânica. Com os valores de resistência à compressão construiu-se tabelas e gráficos que demonstraram variabilidade nos resultados individuais e na evolução da resistência com a idade. Como os valores de resistência à compressão, aos 28 dias, não atendem ao valor mínimo imposto pela ABNT NBR 6118 (2014), procurou-se informações a respeito do traço que pudessem explicar esses valores. Ao descobrir que no traço o concreto não possuía a informação a respeito da relação água/cimento e a ausência de correção do traço em função da umidade dos agregados miúdos concluiu-se a ausência de qualidade no processo produtivo do concreto.

Palavras chave: Concreto, Resistência à compressão, Qualidade, Controle, Pré-moldado.

Production process of concrete used in the preparation of precast parts of a company in the city of Pato Branco – PR

Abstract

The research proposed to analyze the compressive strength values of concrete made in the company of precast parts at different ages (1, 5 and 28 days). Compressive strength is the main property of concrete, when used in conjunction with steel provides the structure with better conditions of support of global efforts. The methodology for acquiring and processing the data was acquired by manually molding test bodies with the concrete provided by the voluntary company. And respecting the ages, the bodies of tests made were tested to the simple compression in mechanical press. The values of resistance to compression were constructed tables and graphs that demonstrated variability in the individual results and the evolution of resistance with age. As the compressive strength values at 28 days do not meet the minimum value imposed by ABNT NBR 6118 (2014), information was sought regarding the trait that could explain these values. On finding that in the trace the concrete did not have the information regarding the relationship water / cement and the absence of correction of the trait as a function of the humidity of the small aggregates was concluded the absence of quality in the productive process of the concrete.

Key-words: Concrete, Compressive Strength, Quality, Control, Precast.

1. Introdução

A preocupação com a qualidade dos bens de serviço não é recente, visto que quando os consumidores pretendiam usufruir de um determinado produto, sempre certificavam-se de obter aquele que lhe parecia em melhor estado. Com essa necessidade o setor de controle de qualidade desenvolveu-se para auxiliar a produção em massa, introduzindo técnicas de amostragem e outros procedimentos de base estatística (LONGO, 1996).

A popularidade do concreto é consequência de suas propriedades tanto no estado fresco quanto no estado endurecido. Mehta e Monteiro (1994) esclarecem que as vantagens na utilização de concreto consiste na capacidade resistir à ação da água, facilidade de confecção, versatilidade na execução de elementos estruturais, disponibilidade e custo. Ressaltam a divergência em relação ao aço ou a madeira, pois o concreto tem comportamento compatível em estruturas que precisam conter, guardar ou transportar água. Além de destacar que a consistência plástica permite a este material se moldar de acordo com a forma. E dentre outras vantagens, destacase a acessibilidade de encontrar os materiais para produção do concreto (cimento portland, agregados e água) em todo o mundo, tornando-o menos oneroso (MEHTA; MONTEIRO, 1994).

No artigo publicado por Brunauer e Copeland (1964) através da Scientific American, eles descreveram o concreto como:

O material mais largamente usado em construção é o concreto normalmente feito com mistura de cimento portland com areia, pedra e água. No ano passado, nos Estados Unidos, 63 milhões de toneladas de cimento portland foram convertidas em 500 milhões de toneladas de concreto, cinco vezes o consumo de aço, em massa. Em muitos países, o consumo de concreto é 10 vezes maior que o de aço. O consumo mundial total de concreto, no ano passado foi estimado em três bilhões de toneladas, ou seja, uma tonelada por ser humano vivo. O homem não consome nenhum outro material em tal quantidade (BRUNAUER; COPELAND, 1964).

É interessante observar as palavras ditas por Brunauer e Copeland em 1964 e perceber que no Brasil o concreto ainda é o material mais utilizado e conforme Kihara e Visedo (2014), e ainda afirmam que o país vive um ciclo de crescimento com 87 indústrias cimenteiras que produziram 70 milhões de toneladas de cimento só em 2013, tornando o Brasil o sexto maior produtor e quarto maior consumidor desta matéria prima no mundo. Este material ainda se encaixa no conceito de sustentabilidade pela possibilidade de economia de matéria prima, menor consumo energético e possibilidade reciclagem dos resíduos gerados em sua confecção (KIHARA e VISEDO, 2014).

Entretanto, El Debs (2000) salienta, que a construção civil no Brasil é uma indústria atrasada comparada a outros setores industriais, pois apresenta produtividade baixa, alto índice de desperdício dos materiais, morosidade e baixo controle qualidade. O uso de pré-moldados ou pré fabricados surgiu como uma forma de otimizar o setor da construção civil, reduzindo o custo com mão de obra e materiais, proporcionando um canteiro de obra mais limpo e organizado, aumentando a velocidade de execução, entre outros. A industrialização na construção é caracterizada pela qualidade do produto final agregada à rapidez na execução. É por essa característica que o nome construção industrializada é associado à pré-fabricação, que

podem ser executados no canteiro de obras ou em indústrias de alta tecnologia, produzindo componentes estruturais ou módulos (CALÇADA, 2014).

O aperfeiçoamento e desenvolvimento do concreto tornou-se possível em decorrência do nível de conhecimento adquirido ao longo da história da humanidade, dessa forma, o concreto é considerado um dos materiais que mais se adapta ao conceito de sustentabilidade tendo como referência o seu efeito em escala de uso, otimização de matéria prima, energia, emissão de gases poluentes e outros (IBRACON, 2011).

Em estudos, a Associação Brasileira de Cimento Portland (2009) afirma que a necessidade de aumentar a competitividade e produtividade em obras estimula a indústria da construção civil, objetivando a transformação da obra em local de montagem de sistemas, evitando os improvisos e desperdício de materiais e tempo. Ao utilizar componentes pré-fabricados produzidos em usinas e transportados para a obra viabiliza a sustentabilidade como solução racional.

A indústria de concreto pré-moldado está em ascensão e de acordo com Milani, Boesing, Philippsen e Miotti (2012), é necessário utilizar estratégias inovadoras para chamar a atenção do mercado para o seu produto, através de diferencial, competitividade, acessibilidade, aumentando o lucro sem prejudicar o resultado final.

Palacios (2012) ressalta que avaliar a resistência das estruturas tem sido objeto de muitas pesquisas, devido aos frequentes casos de obras que não apresentam conformidade com o especificado no projeto.

Para o cumprimento dos objetivos deste trabalho foram realizadas visitas periódicas em empresa voluntária que forneceu amostras do concreto para serem submetidos ao ensaio de resistência à compressão simples em prensa mecânica nas idades de 1, 5 e 28 dias. Dessa forma, pretende-se verificar o grau de variabilidade da amostra, traçar o gráfico da evolução na resistência à compressão do concreto e constatar os fatores de influência na resistência à compressão do concreto.

2. Metodologia

O trabalho foi executado em três etapas: determinação da resistência à compressão, tratamento dos dados através de construção de carta de valores individuais e gráficos, determinação da umidade nos agregados miúdos utilizados na confecção do concreto e informações a respeito do traço do concreto, este último foi esclarecido através de conversa com o responsável pela confecção do concreto.

2.1 Determinação da Resistência à Compressão

Seguindo as instruções das normas ABNT NBR 5738 (2015) que trata sobre Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova e ABNT NBR 5739 (2007) que trata sobre Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. Separou-se 9 corpos de prova cilíndricos com 100 mm de diâmetro, limpos e envolvidos em desmoldante na parede interna para então serem moldadas as amostra de concreto fornecida pela empresa voluntária. A moldagem dos 9 corpos de prova foi realizada através do adensamento manual, em duas camadas, com 12 golpes por camadas, realizando-se o rasamento na parte superior do corpo de prova. Após 1 dia de idade, os corpos de prova foram desmoldados e retificados. O ensaio de resistência a compressão simples foi realizado em 3 corpos de prova nas idades de 1, 5 e 28 dias.

2.2 Carta de Valores Individuais

É um tipo de controle de produção popular pela simplicidade de execução. Usando os elementos

auxiliares (Valor da resistência característica de projeto e Valor da resistência média de dosagem do laboratório) é possível montar a carta e observar: a probabilidade de seis resultados consecutivos estarem localizados acima ou abaixo do valor médio; a possibilidade de dois exemplares em um conjunto de seis resultados estarem abaixo da resistência característica; e no caso de dois resultados consecutivos estarem abaixo da resistência característica, existir a probabilidade do concreto produzido ser deficiente demonstrando uma mudança no processo de produção (HELENE; TERZIAN, 1992).

2.3 Determinação do teor de umidade pelo método da estufa

O método de determinação da umidade presente nos agregados miúdo foi calculado utilizando-se os critérios da NBR 6467 (2006), sendo assim, realizou-se a coleta de mais ou menos 100 g de agregado miúdo. E após a coleta depositou-se o material em cápsula e realizou-se a pesagem do material coletado. Em seguida depositou-se a cápsula aberta na estufa. E novamente pesou-se o material nos dias seguinte até obter-se a constância de peso.

3. Resultados e discussão

Para a apresentação dos dados dividiu-se em amostras de acordo com a norma ABNT NBR 12655 (2006), que especifica que devem ser coletadas de forma aleatória durante a concretagem, formando 1 exemplar composto de 2 corpos de prova da mesma betonada, e considera-se o maior valor de resistência entre os 2 corpos de prova. Nas tabelas a seguir são apresentados os valores de resistência à compressão apresentados pelos exemplares, os quais foram obtidos para as idades de 1 dia, 5 dias e 28 dias.

3.1 Valores de resistência à compressão na idade de 1 dia

Na idade de 1 dia encontrou-se os valores de resistência à compressão, em MPa, constante na Tabela 1.

hsdhjdjh			
Data	Amostra 1 (MPa)	Amostra 2 (MPa)	Maior resistência (MPa)
23/09/2015	8,99	9,74	9,74
07/10/2015	9,99	9,74	9,99
08/10/2015	4,99	4,99	4,99
21/10/2015	10,24	10,11	10,24
28/10/2015	5,49	5,74	5,74
04/11/2015	8,49	8,57	8,57

Fonte: Autoria própria (2016)

Tabela 1 – Resistência à compressão de amostras ensaiadas com 1 dia

O valor calculado da média das resistência é de 9,155 MPa. E a diferença entre o maior e o menor valor é de 5,25 MPa.

3.2 Valores de resistência à compressão na idade de 5 dias

Data	Amostra 1 (MPa)	Amostra 2 (MPa)	Maior resistência (MPa)
23/09/2015	13,49	13,49	13,49
07/10/2015	12,24	12,36	12,36
08/10/2015	12,49	12,49	12,49
21/10/2015	22,48	22,73	22,73
28/10/2015	13,98	12,36	13,98
04/11/2015	19,98	20,60	20,60

Fonte: Autoria própria (2016)

Tabela 2 – Resistência à compressão de amostras ensaiadas com 5 dias

O valor calculado da média das resistência é de 13,735 MPa. E a diferença entre o maior e o menor valor é de 10,24 MPa.

3.3 Valores de resistência à compressão na idade de 28 dias

Data	Amostra 1 (MPa)	Amostra 2 (MPa)	Maior resistência (MPa)
23/09/2015	25,35	23,72	25,35
07/10/2015	22,48	20,60	22,48
08/10/2015	25,35	26,22	26,22
21/10/2015	26,47	32,47	32,47
28/10/2015	17,48	16,23	17,48
04/11/2015	24,47	27,60	27,60

Fonte: Autoria própria (2016)

Tabela 3 – Resistência à compressão de amostras ensaiadas com 28 dias

O valor calculado da média das resistência é de 25,785 MPa. E a diferença entre o maior e o menor valor é de 14,99 MPa. Quando se trata de analisar a resistência à compressão, aos 28 dias, é preciso ter cuidado, pois a matéria prima final tem função estrutural.

3.4 Carta de Valores Individuais de Resistência

Na Figura 1 é possível observar de forma mais clara a dispersão dos valores de resistência para as 3 idades (1, 5 e 28 dias) e comparar com a média que é expressa por uma linha contínua entre os valores dispersos.

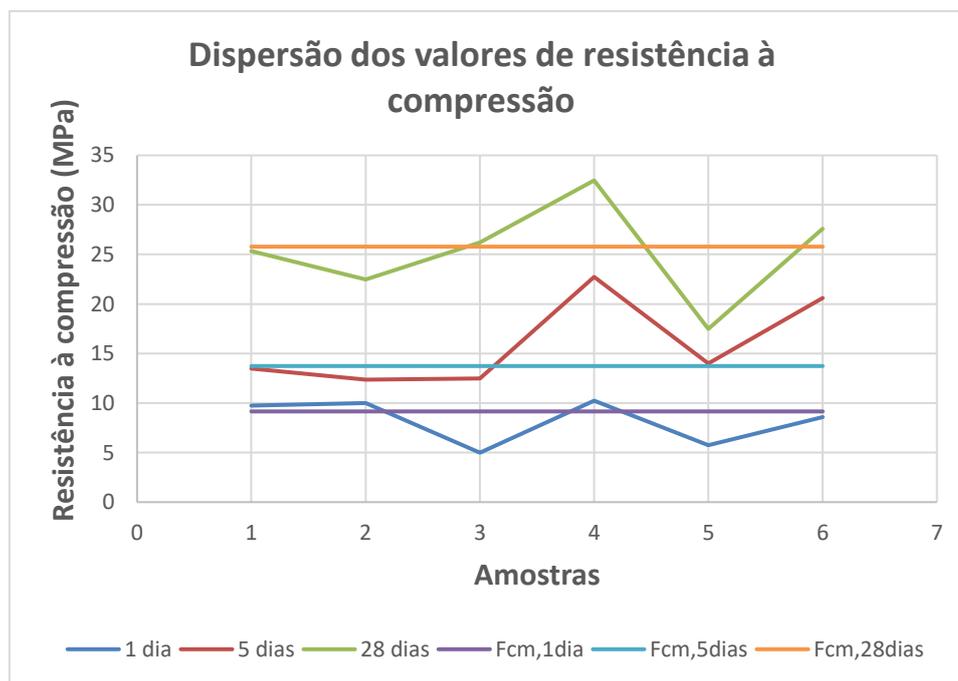


Figura 1 – Dispersão dos valores de resistência à compressão do concreto

Fonte: Autoria própria (2016)

)Analisando a Figura 1 é possível constatar que a maioria dos valores de resistência estão abaixo do valor da média por idade. Observando isoladamente a amostra de 28 dias verifica-se que 50% das amostras estão abaixo da média que é 25,78 MPa. Esses valores tornam-se preocupante visto que a ABNT NBR 6118 (2014) especifica que peças com funções estruturais em classe de agressividade II, devem atender ao mínimo de 25 MPa.

3.5 Evolução do ganho de resistência em função da idade

Outra forma de visualização dos resultados é através comportamento da resistência do concreto ao longo do período de análise. Porém, é necessário entender o efeito que a relação água/cimento tem no ganho de resistência do concreto, dessa forma, remete-se a Lei de Abrams (1918) que enuncia que a resistência do concreto é inversamente proporcional à relação água/cimento. Na Figura 2 é demonstrado a evolução da resistência para as idades de 1, 5 e 28 dias.

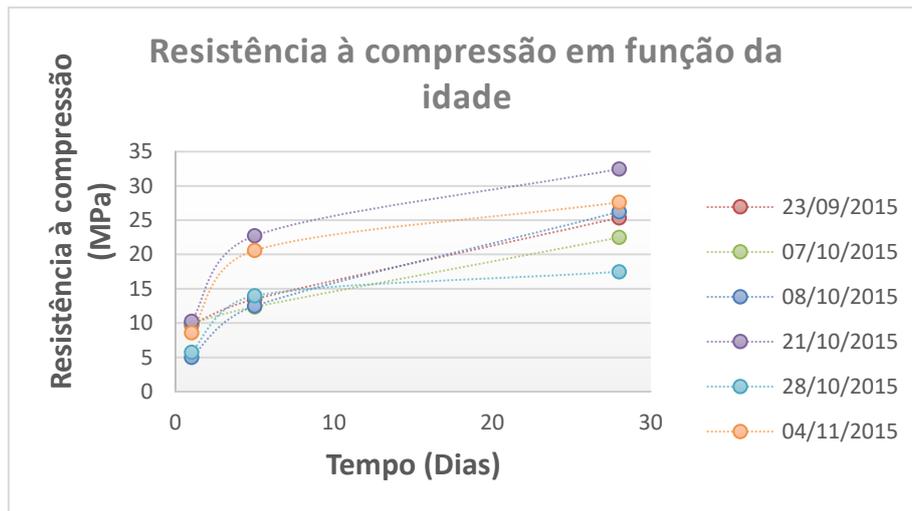


Figura 2 – Evolução da resistência à compressão do concreto em função da idade
Fonte: Autoria própria (2016)

Na Figura 2, as curvas de evolução da resistência à compressão do concreto confeccionado em diferentes idades não seguem o mesmo padrão. Dessa forma, propõe-se investigar algumas possíveis causas para a disparidade de valores encontrados. Ao citar a Lei de Abrams (1918) anteriormente faz-se alusão possibilidade de que um fatores para a diferença entre as resistência seja a relação água/cimento.

3.4 Teor de umidade dos agregados miúdos

O inchamento dos agregados miúdos trata-se da variação do volume aparente que é causado quando os grãos do agregado absorve a água livre, desta forma a massa unitária é alterada (ABNT NBR 6467, 2006). Com a suspeita de que a relação água/cimento dos concretos confeccionados poderiam estar alterados. Propôs-se analisar os agregados miúdos para verificar se poderia ser considerado como um fator de contribuição para a variação da relação água/cimento e conseqüentemente variação nos valores de resistência. As Tabelas 4 e 5 demonstram os valores de percentual de umidade encontrado nos aregados miúdos.

Data	Massa 1 (g)	Massa 2 (g)	Teor de umidade (%)
25/10/2016	111,00	108,30	2,49
01/11/2016	103,08	100,16	2,92
04/11/2016	112,75	110,76	1,80
08/11/2016	106,88	99,94	6,94
11/11/2016	83,479	80,98	3,08
18/11/2016	110,00	107,80	2,03
22/11/2016	112,39	111,02	1,23

Fonte: Autoria própria (2016)

Tabela 4 – Teor de umidade dos agregados – Areia natural

Data	Massa 1 (g)	Massa 2 (g)	Teor de umidade (%)
25/10/2016	110,00	107,70	2,14
01/11/2016	138,52	135,96	1,88
04/11/2016	110,62	108,70	1,77
08/11/2016	123,14	119,85	2,74
11/11/2016	80,61	79,36	1,57
18/11/2016	163,97	159,26	2,96
22/11/2016	128,51	124,48	3,24

Fonte: Autoria própria (2016)

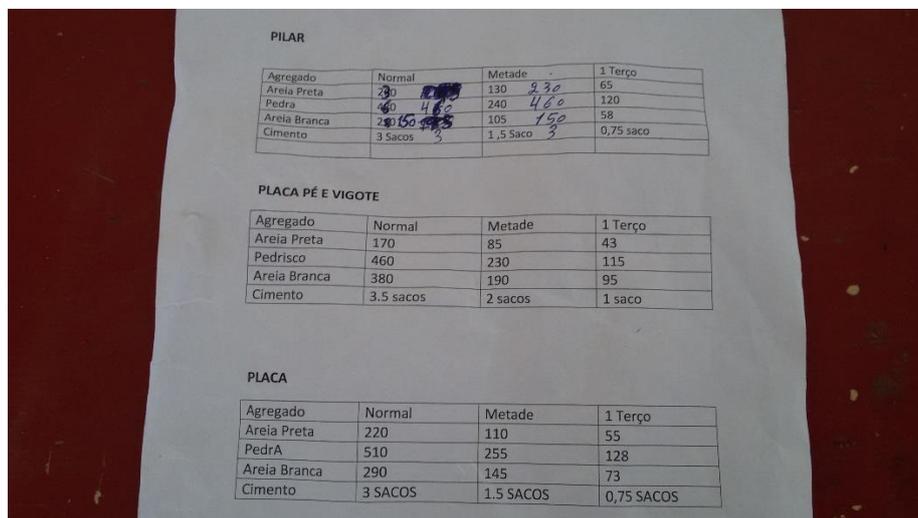
Tabela 5 – Teor de umidade dos agregados – Areia de britagem

Com a determinação do teor de umidade dos agregados miúdos concluiu-se que há porcentagem suficiente para a alteração da relação água/cimento. É interessante destacar que é normal os agregados miúdos apresentarem umidade. Pois, como mencionado anteriormente o inchamento é um fenômeno natural que ocorre nos agregados devido a sua granulometria. Portanto, como é inevitável garantir a ausência de água nos agregados, a medida indicada é realizar a correção da relação água/cimento do traço de concreto em função do teor de umidade.

3.5 Traço do concreto

A importância do estudo traço, que pode ser entendido como proporcionamento dos materiais usados para confecção de concreto, segundo Mehta e Monteiro (1994) objetivam garantir o menor custo, valores de resistência compatível com a função e durabilidade da obra. Com isso, entende-se que a utilização de um traço incompleto comprometem os objetivos iniciais, focando o tema desse estudo, afeta o valor de resistência do concreto.

Em entrevista com o profissional responsável pela fabricação do concreto obteve-se informação referente ao traço utilizado, o qual foi fotografado e verifica-se na Figura 3.



PILAR

Agregado	Normal	Metade	1 Terço
Areia Preta	230	130	65
Pedra	460	240	120
Areia Branca	200	105	58
Cimento	3 Sacos	1,5 Saco	0,75 saco

PLACA PÉ E VIGOTE

Agregado	Normal	Metade	1 Terço
Areia Preta	170	85	43
Pedrisco	460	230	115
Areia Branca	380	190	95
Cimento	3,5 sacos	2 sacos	1 saco

PLACA

Agregado	Normal	Metade	1 Terço
Areia Preta	220	110	55
Pedra	510	255	128
Areia Branca	290	145	73
Cimento	3 SACOS	1,5 SACOS	0,75 SACOS

Figura 3 – Traço do concreto utilizado na empresa voluntária

Fonte: Autoria própria (2016)

O que pode-se destacar da Figura 3 é o traço não possui informação sobre a quantidade de água presente na mistura de concreto. O que dá margem a vasta possibilidades de relações água/cimento. Sabendo-se que a resistência do concreto depende relação água/cimento como é destacado pela Lei de Abrams (1918) conclui-se que o traço é outro fator que contribui para a dispersão dos resultados de resistência.

4. Conclusões

Através deste estudo pôde-se verificar que alguns procedimentos do processo de produção do concreto que causam interferência na resistência à compressão do concreto (principal propriedade deste material). Através dos ensaios realizados constatou-se que as amostras de concreto ensaiadas à compressão simples obtiveram dispersão significativa entre seus valores de resistência para todas as idades (1 dia, 5 dias e 28 dias). Com isso, atestou-se que o processo produtivo do concreto apresenta baixa qualidade, que foram expressos através dos gráficos e cartas de valores individuais. Além disso, observou-se que o concreto produzido pela empresa não atende aos requisitos mínimos estabelecidos pela ABNT NBR 6118 (2014), a qual exige que para peças com função estrutural, a resistência característica à compressão, aos 28 dias, seja de no mínimo 20 MPa, para classe de agressividade ambiental I. Porém, vale ressaltar que a empresa em questão trabalha com peças pré-moldadas, ou seja, não é possível prever o local ao qual estará sujeita as peças que sejam confeccionadas. Nesse caso, é interessante que o dimensionamento leve em consideração a classe de agressividade ambiental II, que prevê resistência característica à compressão, aos 28 dias, de no mínimo de 25 MPa.

Após verificação da variabilidade entre os valores de resistência, realizou-se ensaio de determinação da umidade dos agregados miúdos e investigação a respeito do traço do concreto. O resultados encontrados é que no traço não constava informação sobre a quantidade de água. Dado que explica as variações na resistência visto que é o principal meio de controle quantitativo e qualitativo, que antecede a produção do concreto. Dessa forma perde-se a confiabilidade do processo produtivo. Ademais, somando-se a negligência em relação ao traço constatou-se a ausência da correção da quantidade de água de amassamento em função da umidade dos agregados miúdos.

Concluimos então, que tais procedimentos executados pela empresa impossibilita a garantia da qualidade dos produtos fornecidos pela mesma. Pois, mesmo que a estrutura seja capaz de suportar aos estados limites de serviço, as edificações estão sujeitas às intempéries que podem agir em forma de carbonatação ou outros agentes físicos e químicos responsáveis pela deterioração do concreto bem como redução da vida útil de projeto.

Para finalizar, recomendou-se que a empresa voluntária contratasse um laboratorista para desenvolver um traço adequado aos requisitos de Norma. E relacionou-se uma série de medidas com o objetivo minimizar a variabilidade do concreto. Sendo estas: utilização de um traço com especificação das informações a respeito quantidade, tipo e classe de cimento, especificação do tipo e quantidade de agregados (miúdo e graúdo) e, da quantidade de água; determinação periódica do teor de umidade dos agregados miúdos e correção do traço em função do inchamento dos agregados miúdos; e controle diário da resistência à compressão do concreto confeccionado.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 12655: Concreto de cimento Portland - Preparo, controle e recebimento – Procedimento.* Rio de Janeiro, 2006.

_____. *NBR 14931: Execução de estruturas de concreto - Procedimento.* Rio de Janeiro, 2004.

_____. *NBR 5739: Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos.* Rio de Janeiro, 2007.

_____. *NBR 5738: Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova.* Rio de Janeiro, 2015.

_____. *NBR 6467: Agregados – Determinação do inchamento de agregado miúdo – Método de ensaio.* Rio de Janeiro, 2006.

_____. *NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto - Procedimento.* Rio de Janeiro, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. *Guia básico de utilização do cimento Portland*. São Paulo, 2002.

INSTITUTO BRASILEIRO DE CONCRETO. *Concreto: Ciência e Tecnologia*. Volume 1. São Paulo: Editor Geraldo C. Isaia, 2011.

BRUNAUER, S.; COPELAND, L. E. *The Chemistry of Concrete*. Scientific American. 1964.

CALÇADA, P. DE A. B. *Estudo dos processos produtivos na construção civil objetivando ganhos de produtividade e qualidade*. Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: <<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10011841.pdf>> Acessado em: 08 de novembro de 2016.

EL DEBS, M. K. *Concreto pré-moldado: Fundamentos e aplicações*. São Carlos: EESC-USP, 2000.

HELENE, P. R. L.; TERZIAN, P. *Manual de dosagem e controle do concreto*. São Paulo: PINI, 1992

KIHARA, Y; VISEDO, G. *A indústria do cimento e o desenvolvimento do Brasil*. ABCP, 2014. Disponível em: <<http://www.abcp.org.br/cms/imprensa/a-industria-documento-e-o-desenvolvimento-do-brasil/>>. Acesso em: 14 de janeiro de 2016.

LONGO, R. M. J. *Gestão da qualidade: Evolução histórica, conceitos básicos e aplicação na educação*. Brasília: ANPEC, 1996. Disponível em : <http://desafios2.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/TDs/td_0397.pdf> Acesso em: 14 de setembro de 2015.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. *Concreto – Estrutura, propriedades e materiais*. 1ª ed. São Paulo: PINI, 1994.

MILANI, C. J.; BOESING, R.; PHILIPPSEN, R. A.; MIOTTI, L. A. *Processo produtivo de elementos pré-moldados de concreto armado: detecção de manifestações patológicas*. São Paulo: RISCO, 2012. Disponível em: <http://www.iau.usp.br/revista_risco/Risco15-pdf/02_art07_risco15.pdf>. Acessado em: 06 de setembro de 2016.

MONTGOMERY, D. C.; RUNGER, G. C; HUBELE, N. F. *Estatística aplicada à engenharia*. São Paulo: LTC, 2004.

PALACIOS, M. D. P. G. *Emprego de ensaios não destrutivos e de extração de testemunhos na avaliação da resistência à compressão do concreto*. Dissertação (Mestrado em estruturas e construção civil) – Universidade de Brasília. Brasília, 2012.