

Verificação do Controle da Resistência do Concreto Utilizado na Cidade de Rio Verde – GO Produzido pelas Concreteiras Locais

Cíntia Carvalho Cruvinel¹, Gabriel Telles Mota², Rosane Olivo Menegon³

Resumo

O controle de qualidade tem papel fundamental na construção nos dias atuais, isso se deve ao fato de que a construção civil teve um crescimento acelerado, objetivando a rapidez do método de construção. Sabe-se que a resistência do concreto é um dos parâmetros fundamentais para seu controle de qualidade e está ligada diretamente com a qualidade da obra. O presente artigo teve como objetivo comparar a qualidade do concreto usinado na saída da indústria e no canteiro de obras, através de corpos de prova moldados em ambos os locais e foram realizados ensaios que comprovaram a resistência do concreto, visando, assim, checar a eficácia do concreto nestas empresas. Foram coletadas 5 amostras em 2 obras de 4 empresas diferentes. Das amostras, 50% obtiveram resistência aceitável e 50% não atenderam as especificações necessárias para entrega do concreto. As amostras 1B, 2B, 3B e 4B, apresentaram um resultado inferior ao permitido, o que exemplifica a não realização do controle de qualidade do concreto nas obras. Esperava-se que as indústrias de concreto usinado seguissem um controle de qualidade rígido, pois o concreto afeta diretamente não só na estrutura da construção, mas ela como um todo, podendo levá-la ao colapso. Conclui-se que é de suma importância que o responsável pela obra realize o controle de qualidade do concreto recebido nas obras e que as empresas também realizem esse controle de qualidade, para evitar futuros problemas para todas as partes envolvidas.

Palavras-chave: Controle de Qualidade. Concreto. Resistência à Compressão.

1. Introdução

A busca constante da humanidade por melhorias está em todos os segmentos, principalmente na construção civil. Quer-se morar melhor a cada dia, e o resultado disso são as novas tecnologias na área da construção e novos programas que garantem a qualidade destas inovações. Tendo em vista que o concreto é o material estrutural mais empregado no Brasil e no mundo, suas propriedades e controle de qualidade devem ser eficientes.

Com o concreto usinado veio a possibilidade de racionalização do processo construtivo, maior produtividade no canteiro de obras, melhores condições para garantia da qualidade através de programas implantados nas centrais, além da redução dos custos por metro cúbico de concreto lançado, redução do desperdício, entre outros benefícios (ABESC, 2007).

¹cintiaccruvinel@hotmail.com, Graduada em Engenharia Civil, Universidade de Rio Verde, Faculdade de Engenharia Civil.

²gtellesm@outlook.com, Graduando em Engenharia Civil, Universidade de Rio Verde, Faculdade de Engenharia Civil.

³rosane.olivo@gmail.com, Engenheira Civil. Mestra em Engenharia de Edificações e Ambiental, Universidade de Rio Verde, Faculdade de Engenharia Civil.

Segundo Kosmatka e Wilson (2011), concreto é a mistura de dois componentes: pasta e agregados. Os agregados são compostos por um agregado graúdo mais um agregado miúdo, geralmente cascalho mais areia, e a pasta, composta por cimento e água para fazer a ligação com os agregados.

Conforme a Figura 1, a resistência à compressão do concreto é um dos fatores mais críticos quando se fala em controle de qualidade do concreto.



Figura 1 – Processo de resistência à compressão
Fonte: Pacheco e Helene (2013).

Através de operações de ensaio e controle se tem o valor de referência para a segurança e dimensionamento da estrutura, ou seja, o valor da resistência potencial de controle do concreto, que precisa ser um valor único e perfeitamente definido (PACHECO, HELENE, 2013).

O controle de qualidade tem papel fundamental para garantir a não alteração das propriedades do concreto, desde sua fabricação até sua utilização na obra. Controle de qualidade é um processo que mantém a estabilidade das operações, evitando imprevistos indesejados. Faz-se a avaliação do desempenho real, compara-se este com os objetivos e se atua sobre a diferença (JURAN, 1999).

“Grau de excelência” foi como Scanlon (1979) definiu a qualidade do concreto que geralmente é estabelecido nas especificações do projeto. Tipler (1982) e Gunning (1987), afirmaram que a qualidade do concreto não está na perfeição, mas na adequação para o propósito. Então, o melhor concreto é aquele que cumpre seu papel com o menor custo. Já Herman (1981) e C&CA (1967) descrevem que o concreto de qualidade é aquele que

atende aos requisitos de trabalho em termos de resistência, durabilidade e aparência. Usualmente, a força é a principal característica na definição de qualidade, por ser fácil de medir e definir.

Bauer (2017) vê o controle de qualidade do concreto como um processo que visa a garantia da conformidade e ações corretivas dos concretos produzidos, de acordo com as especificações técnicas do projeto estrutural ou de outros documentos técnicos.

Em função das muitas evoluções tecnológicas na construção civil e focando na qualidade, programas como o PBQP-H (Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade do Habitat) foram criados. O PBQP-H tem como objetivo qualificar construtoras, mão de obra, fornecedores de materiais e serviços, entre outros, melhorando a qualidade do habitat e a modernização produtiva.

A qualidade do concreto está totalmente ligada com a segurança da população. Portanto, um concreto de boa qualidade é imprescindível para que a construção funcione da forma desejada durante toda sua vida útil calculada pelo engenheiro projetista, no qual este especifica em projeto os valores de resistência mínima à compressão e detalhes construtivos necessários à edificação. Um concreto que não está dentro das exigências pode ter várias manifestações patológicas e até, em casos extremos, levar a estrutura ao colapso.

1.1 Objetivos

- Objetivo Geral

Analisar o concreto usinado produzido pelas concreteiras da cidade de Rio Verde – GO entregue nos canteiros de obra.

- Objetivos Específicos

- a) Analisar a resistência à compressão do concreto usinado de quatro empresas locais aos 28 dias de cura úmida;
- b) Identificar fatores que podem colocar a qualidade do concreto em risco durante sua fabricação;
- c) Apontar as consequências caso o concreto entregue pela concreteira não esteja dentro do controle de qualidade.

2. Material e métodos

Primeiro, foram escolhidas quatro empresas que fabricam e fornecem concreto usinado na cidade de Rio Verde – GO, depois a escolha de duas obras disponibilizadas por cada empresa. E então, realizou-se a coleta dos corpos de prova de concreto usinado em

cada canteiro de obra, totalizando a moldagem e adensamento de 40 corpos de provas de dimensões 15x30cm, separados por lotes de cinco amostras por obra seguindo os requisitos da NBR NM 33 (ABNT 1998) e NBR 5738/2015. Posteriormente, essas amostras passaram por análises em laboratório e foram submetidas a ensaios para verificação da resistência e da qualidade do concreto fornecido por essas empresas.



Figura 2 – Moldagem dos Corpos de Prova
Fonte: Acervo Pessoal (2019).

Após a moldagem, os corpos de prova foram colocados sobre uma superfície horizontal, livre de perturbações e livre de intempéries e cobertos com um material não reagente para que se evitasse a perda de água do concreto. Como os corpos de prova eram para a comprovação da qualidade do concreto, após 24 horas da moldagem, foram transportados para a câmara úmida e por lá permaneceram vinte e oito dias até serem retirados para a realização do rompimento.



Figura 3 – Cura Úmida dos Corpos de Prova
Fonte: Acervo Pessoal (2019).

Antes do ensaio de resistência à compressão, o remate com enxofre foi feito para preparar as bases a fim de que se tornassem superfícies planas e perpendiculares ao eixo longitudinal do corpo de prova. O remate foi feito depois de 6 a 15 horas após a retirada da cura úmida e consiste em passar uma escova de aço sobre o topo do corpo de prova e rematá-lo com uma fina camada de enxofre, com espessura aproximada de três milímetros.

As etapas de adensamento e remate são fundamentais, pois se forem executadas de forma insatisfatória podem reduzir o valor da resistência à compressão do concreto de um corpo de prova em até 50% (HELENE, 1987).



Figura 4 – Capeamento dos Corpos de Prova
Fonte: Acervo Pessoal (2019).

Os ensaios de resistência à compressão seguiram a NBR 5739/2018. A máquina usada no ensaio atende a ABNT NBR NM ISO 7500-1 e é classe 1.

As operações de ensaio foram estabelecidas para se obter a máxima resistência potencial do concreto, possibilitando assim sua comparação final com o valor especificado por cada empresa antes da entrega aos seus respectivos clientes. Com os valores obtidos através dos ensaios, pode-se aplicar a análise estatística de dados, na qual foram verificadas a média e a variância das amostras através de comparações. Conforme a Figura 2, a máquina utilizada no ensaio para a verificação da resistência à compressão foi disponibilizada pelo laboratório de materiais da Universidade de Rio Verde, cujo modelo é o AC6.08 da linha *EMIC* da marca *Instron* e foi projetada para suportar ensaios de até 2000 kN. Já o *software* utilizado na obtenção dos dados é o *Bluehill Universal* que faz toda a parte de gerenciamento de dados e registra os resultados, podendo exportá-los através do sistema de Bluetooth.



Figura 5 - Estrutura de Compressão
Fonte: *Instron* (2019).

No quadro 1 estão descritos os f_{ck} 's indicados pelo vendedor de cada empresa, visto que cada um foi solicitado pelo responsável por cada obra e indicados em projeto, separados por oito lotes de amostras.

Quadro 1 - fck entregue em cada obra visitada

Lote	fck esperado (MPa)	fck entregue (MPa)
1 ^a	20	18,82
1B	25	26,91
2 ^a	25	22,8
2B	30	35,69
3 ^a	25	20,77
3B	25	25,66
4 ^a	15	8,34
4B	30	30,06

Fonte: Acervo pessoal (2019).

Para identificar a variação da resistência média entre os lotes coletados, foi utilizada a variância amostral como medida de dispersão, seja ela positiva ou negativa em relação à resistência esperada, com o auxílio do *software Excel* para a elaboração dos gráficos.

De acordo com Bastos e Duquia (2007), o desvio padrão é uma medida de dispersão estimada para casos excepcionais como o do presente trabalho a partir do número de exemplares multiplicado por um fator de acordo com a condição de preparo, conforme Equação 1:

$$f_{ck,est} = \Psi_6 \times f_1 \quad \text{Equação 1}$$

Sendo assim, para determinar os valores de Ψ_6 é necessário consultar o quadro abaixo, extraído da ABNT NBR 12655:2015:

Quadro 2 – Valores de Ψ_6

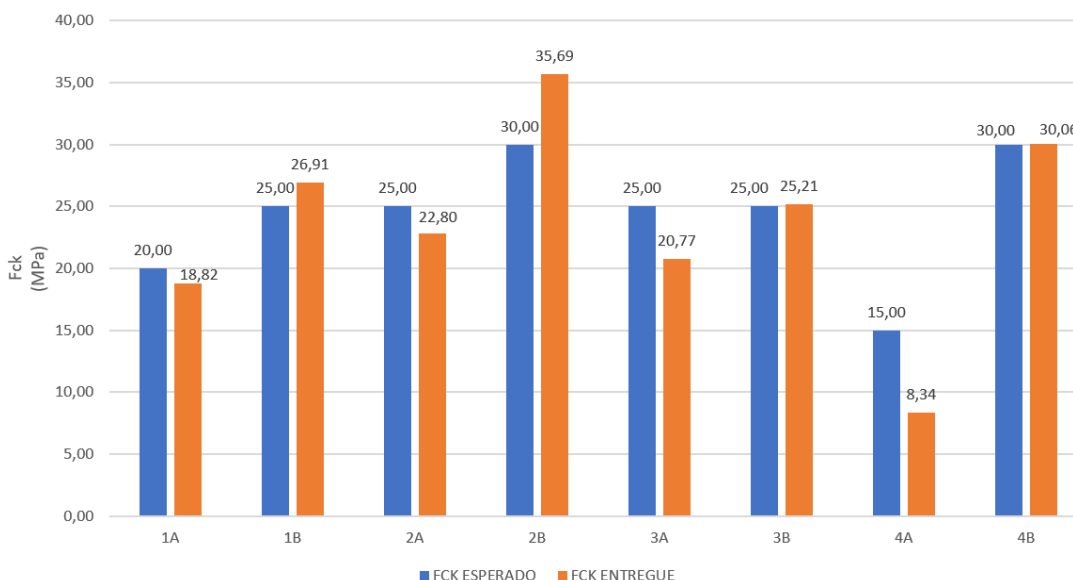
Condição de preparo	Número de exemplares (n)										
	2	3	4	5	6	7	8	10	12	14	> 16
A	0,82	0,86	0,89	0,91	0,92	0,94	0,95	0,97	0,99	1,00	1,02
B ou C	0,75	0,80	0,84	0,87	0,89	0,91	0,93	0,96	0,98	1,00	1,02

Fonte: Acervo pessoal (2019).

3. Resultados e discussão

As amostras de concreto usinado foram coletadas em oito obras de quatro empresas diferentes que se dispuseram a auxiliar na pesquisa, todas na cidade de Rio Verde – GO. Das obras disponibilizadas, foram escolhidas aleatoriamente duas de cada concreteira, obtendo cinco corpos de prova por obra visitada, o que totalizou quarenta corpos de prova com o fck esperado entre 15 MPa e 30 MPa.

Após permanecerem em cura úmida durante vinte e oito dias, as amostras passaram pelo ensaio de resistência à compressão, que consiste no rompimento dos corpos de prova através da prensa fornecida pelo laboratório da Universidade de Rio Verde. As empresas não foram identificadas por conta de sigilo de informações, sendo representadas cada uma por um número e identificadas como obra A e obra B para as amostras coletadas. Sendo assim, a Figura 3 detalha todos os resultados obtidos.



Figuras 6 - Médias de Fck contratado e entregue
Fonte: Acervo pessoal (2019).

Conforme se observa na Figura 3, os lotes 1A, 2A, 3A e 4A apresentaram um concreto com o fck abaixo do desejado, resultando numa discrepância de 5,9% no lote 1A, 8,8% no lote 2A, 16,92% no lote 3A e 44,4% no lote 4A, este último sendo o caso mais crítico entre os analisados. Porém, os lotes 1B, 2B, 3B e 4B apresentaram um concreto com o fck acima do esperado, resultando numa variação positiva de 7,64% no lote 1B e 18,97% no lote 2B. Já os lotes 3B e 4B entregaram o resultado desejado, o que explicita o comprometimento da empresa ao entregar um concreto de boa qualidade para que sejam evitados problemas futuros com o seu cliente.

Segundo Júnior (2018), apenas 5% dos resultados obtidos pode ficar abaixo da resistência esperada, ressaltando que, para isso acontecer, a concreteira deve produzir o concreto com uma resistência média maior do que a resistência de projeto. Sendo assim, se a média da resistência em cada lote for igual ou superior a 95% está automaticamente aceito, caso contrário, é necessária a avaliação do projetista para determinar se os aprova ou indica reforços na estrutura ou sua demolição.

Em relação aos lotes coletados, 50% obtiveram a resistência média aceitável em relação à resistência esperada e 50% não atenderam as especificações necessárias para

uma correta entrega do concreto, deixando claro que, na maioria das vezes, não é feito o controle da qualidade do concreto, o que pode comprometer a qualidade do cobrimento das estruturas bem como a usabilidade destas.

De acordo com Correa (2003), a variância compara os valores extremos e os valores médios, ou seja, exprime melhor os desvios obtidos em torno da média, pois é a média aritmética dos quadrados dos desvios. Sendo assim, quanto menor a variância mais próximo os resultados estão da média, o que indica que o desvio pode ser aceitável e não dispersa tanto em relação ao que foi proposto, e, quanto maior a variância, mais distantes os resultados estão da média, o que dependendo do caso, pode significar um problema.

A fim de discutir a variação dos resultados da resistência à compressão, compararam-se as obras de acordo com as condições da NBR 12655 (ABNT, 2015), que trata os lotes coletados com até 20 amostras cada. Dessa forma, obteve-se os valores descritos nas próximas figuras 7 e 8:

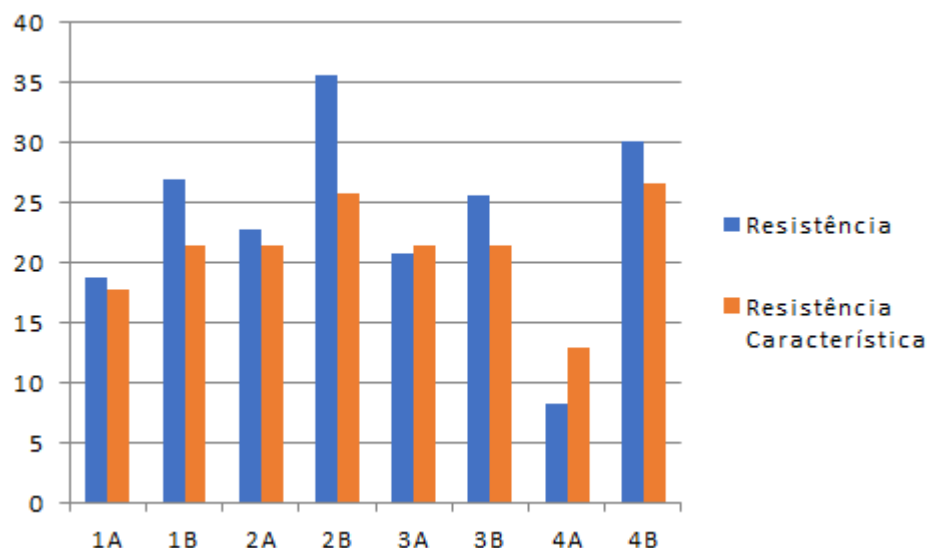


Figura 7 – Resistência característica

Fonte: Acervo pessoal (2019).

Estes resultados apresentam que algumas amostras se encontram fora do que recomenda a norma, visto que quanto maior é o valor da variância em cada lote, mais distantes da média estão as amostras analisadas, deixando claro que a estrutura precisaria de revisão para verificar a possibilidade de aceitar esse concreto na obra.

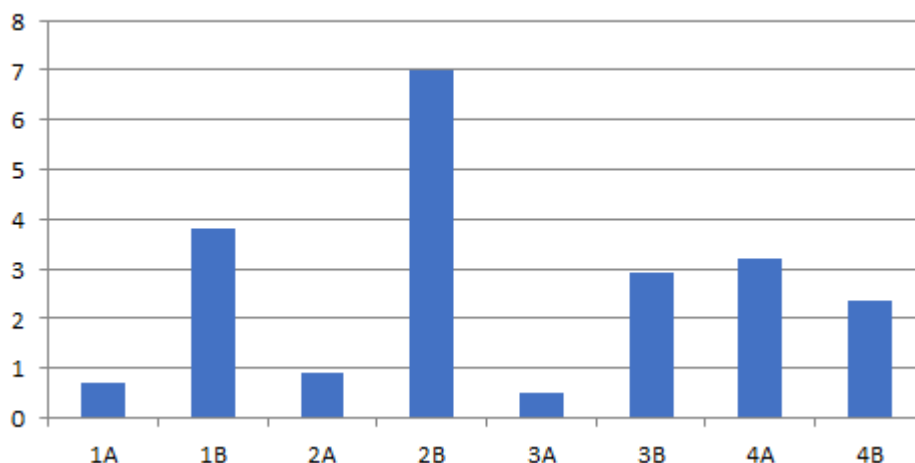


Figura 8 – Desvio padrão
Fonte: Acervo pessoal (2019).

A importância de conhecer e controlar a variação da resistência à compressão do concreto está ligada diretamente aos fatores de segurança de uma obra e serve como índice estatístico para que a concreteira possa adotar melhores critérios com o intuito de garantir um custo menor e regularidade na produção do concreto (MENTONE *et al*, 1994 apud SANTIAGO, 2011).

As amostras 1A, 2A, 3A e 4A obtiveram um resultado inferior ao permitido, o que leva a entender que o controle da qualidade do concreto é fundamental ao executar uma obra e que este não vem sendo praticado pelos responsáveis pela obra. Dessa maneira, o laboratorista deve ter conhecimento da variação negativa dessas amostras e estabelecer medidas para que a empresa responsável forneça um concreto de boa qualidade conforme indicado no projeto ou, em último caso, recorrer às leis previstas, a fim de executar uma estrutura com o coeficiente de segurança igual ou superior ao definido pelas normas existentes.

O concreto deveria ser entregue com resistência superior ao informado para que, quando fizesse a média das amostras coletadas, não tivesse tanta discrepância no resultado encontrado. Nos casos em que o concreto é entregue com resistência abaixo dos 5% aceitáveis, é necessário fazer uma avaliação na estrutura e dependendo de sua finalidade, deverá ser recalculado com a resistência entregue para saber se o concreto vai ou não causar futuros danos à estrutura.

Ainda de acordo com Júnior (2018), ao constatar que a resistência estava abaixo do percentual obrigatório, o projetista deverá ser consultado para que tome uma das seguintes decisões:

- Aceitar o concreto mesmo com a resistência abaixo, desde que não ultrapasse 6% do valor especificado, visto que por ser uma estatística tem a chance de apresentar uma resistência ligeiramente abaixo da prevista;
- Em caso de pilares, buscar alternativas junto à direção da obra como aumento da seção, cintamento ou retirada do material e reconcretagem;
- Não aceitar o concreto, sugerindo a demolição do que foi construído e uma nova concretagem.

A resistência à compressão é um parâmetro bastante útil para verificar a qualidade do concreto entregue pelas concreteiras, fornecendo o resultado de cada amostra para que seja feita a comparação entre o resultado obtido e o valor indicado pelo fornecedor. Caso o valor seja inferior ao aceitável, é possível indicar possíveis soluções e o risco referente aos fatores prejudiciais à obra como durabilidade, resistência mecânica, homogeneidade, deformabilidade, impermeabilidade, entre outras (HELENE, 1987).

4. Conclusão

Esta pesquisa buscou investigar a qualidade do concreto usinado que está sendo entregue pelas concreteira sem Rio Verde – GO, através de amostras que foram submetidas ao ensaio de resistência à compressão. O concreto é um dos materiais fundamentais para que a estrutura seja eficiente e segura, e através do valor do seu f_{ck} , o projetista dimensiona todos os elementos estruturais, como vigas, pilares, lajes e fundações.

Portanto, o valor de f_{ck} entregue pela concreteira em obra não pode ser menor do que o valor exigido pelo projetista deve ser igual ou superior ao contratado. Tendo em vista os resultados apresentados, percebe-se a importância da escolha de uma concreteira de confiança, e também da conferência através de testemunhos que são moldados no canteiro de obra para verificação do f_{ck} do concreto, uma vez que existem concretos usinados entregues com valores de f_{ck} muito abaixo do esperado.

Além disso, pode-se inferir também que o concreto deve ser entregue com o valor de resistência maior que o solicitado, considerando-se que, ao obter a resistência média de determinadas amostras, esta varia quando comparada à resistência esperada, devido às várias etapas que passam seus componentes, como mistura, transporte, lançamento, adensamento e cura, que causam perda em sua resistência.

Portanto, quando o f_{ck} entregue está com um valor inferior ao esperado, deve-se promover uma reunião imediata com a concreteira e o profissional responsável pela obra para que a confiabilidade do resultado seja conferida, a fim de garantir que houve um processo correto de controle de qualidade, sem possibilidade de vícios ou erros.

Em alguns casos, os coeficientes de segurança usados nos cálculos estruturais nos resguardam, não sendo necessária alteração na estrutura. Contudo, quando isso não acontece, a situação deve ser analisada e a alternativa mais viável deve ser escolhida, pensando tanto em segurança quanto em economia.

Sugere-se, dependendo da finalidade da estrutura, construir um reforço, que irá recompor a capacidade de reforços da estrutura. Há casos em que não se tem como recuperar a estrutura, sendo necessária a demolição de toda a parte afetada.

Por fim, fica clara a importância do controle de qualidade do concreto recebido nas obras, a fim de evitar futuros problemas tanto para o proprietário quanto para o responsável pela execução da obra. Ressalta-se que o engenheiro deve estar presente na execução, pois saberá identificar possíveis erros em relação ao que está especificado no projeto e divergências na execução, bem como solucioná-las de modo a não comprometer o bem-estar e segurança do cliente final da edificação.

Referências

_____. **NBR 5738**. Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro: ABNT 2002.

_____. **NBR NM 33**. Concreto – Amostragem de concreto fresco NBR NM 33. Rio de Janeiro: ABNT 1998.

ABESC – Associação Brasileira das Empresas de Serviço de Concretagem. **Manual do Concreto Dosado em Central**. São Paulo, 2007.

BAUER, R.J. Ensaio para o Controle de Qualidade do Concreto e de suas Estruturas. **Revista Concreto & Construções**. 87.ed. São Paulo: 2017.

CORREA, S. **Probabilidade e Estatística**. 2. ed. Belo Horizonte: PUC Minas Virtual, 2003.

DUQUIA, R.; BASTOS, J. **Medidas de dispersão: os valores estão próximos entre si ou variam muito?** Porto Alegre, 2007.

JUNIOR, L. **Fck o que aconteceu que não deu o valor esperado?** Minas Gerais, 2018. Disponível em: <sites.google.com/site/naresifundacoesgeotecnicas/106-fck-o-que-aconteceu-que-nao-deu>. Acesso em: 30 de outubro de 2019.

JURAN, J.M. **A Qualidade desde o Projeto**. São Paulo. Ed. Pioneira. 3. edição. 1999.

KOSMATKA, S. H. WILSON, M. L. **Design and Control of Concrete Mixtures**, EB001.15, 15th edition, Portland Cement Association, Skokie, Illinois, 2011.

PACHECO, P.; HELENE, P. **Controle da Resistência do Concreto**. México, 2013.

SANTIAGO, W. **Estudo da não conformidade de concretos produzidos no Brasil e sua influência na confiabilidade estrutural**. São Carlos, 2011.