

**INSTITUTO ENSINAR BRASIL
FACULDADES DOCTUM DE CARATINGA**

**JOSÉ VITOR DE OLIVEIRA D'ÁVILA
LUCAS NOGUEIRA RAMOS**

**ANÁLISE DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DE CONCRETOS RODADOS EM
OBRAS E CONCRETOS PRODUZIDOS EM CENTRAIS DOSADORAS PARA FINS
ESTRUTURAIS**

**CARATINGA
2018**

**JOSÉ VITOR DE OLIVEIRA D'ÁVILA
LUCAS NOGUEIRA RAMOS**

FACULDADES DOCTUM DE CARATINGA

**ANÁLISE DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DE CONCRETOS RODADOS EM
OBRAS E CONCRETOS PRODUZIDOS EM CENTRAIS DOSADORAS PARA FINS
ESTRUTURAIS**

**Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Engenharia
Civil das Faculdades DOCTUM de
Caratinga, como requisito parcial à
obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Civil.**

**Área de concentração: Materiais de
Construção.**

**Orientadora: Professora Esp. Camila
Alves da Silva.**

CARATINGA

2018

TERMO DE APROVAÇÃO

O Trabalho de Conclusão de Curso intitulado: ANÁLISE DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DE CONCRETOS RODADOS EM OBRAS E CONCRETOS PRODUZIDOS EM CENTRAIS DOSADORAS PARA FINS ESTRUTURAIS, elaborado pelo(s) aluno(s) JOSÉ VITOR DE OLIVEIRA D'ÁVILA e LUCAS NOGUEIRA RAMOS foi aprovado por todos os membros da Banca Examinadora e aceito pelo curso de ENGENHARIA CIVIL das FACULDADES DOCTUM DE CARATINGA, como requisito parcial da obtenção do título de

BACHAREL EM ENGENHARIA CIVIL.

Caratinga 06/12/2018

Camila Alves da Silva
CAMILA ALVES DA SILVA

Prof. Orientador

João Moreira de Oliveira Júnior
JOÃO MOREIRA DE OLIVEIRA JÚNIOR

Prof. Avaliador 1

Thales Leandro de Moura
THALES LEANDRO DE MOURA

Prof. Examinador 2

AGRADECIMENTOS

Após meses de dedicação ao trabalho de conclusão de curso, devemos agradecimentos a grandes pessoas que estiveram ao nosso lado nessa caminhada. Primeiramente agradecer a Deus e a Virgem Maria que nos amparou e derramou suas bênçãos sobre nossa pesquisa. Agradecer de forma especial aos nossos pais que foram os pilares na construção desse sonho nos dando todo apoio possível. Também somos gratos aos nossos mestres que nos capacitaram para que essa jornada fosse concluída, principalmente nossa orientadora Camila Silva que nos deu todo suporte necessário. A todos vocês nosso muito obrigado, seremos eternamente gratos por todo carinho que nos foi dado, que Deus abençoe vocês.

“Diante da sabedoria infinita, mais vale um breve desejo de humildade com algum ato da mesma, do que toda a ciência do mundo” (Santa Tereza D’Ávila).

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1: Fluxograma da produção de concretos dosados em central.....	23
Figura 2.2: Gráfico de relação resistência X materiais utilizados.....	27
Figura 1.3: Elementos de uma edificação.....	29
Figura 2.4: Pilares de concreto armado.....	30
Figura 2.5: Viga de concreto armado.....	31
Figura 2.6: Lajes treliçadas com utilização de placas de isopor.....	32
Figura 2.7: Fases do desempenho de uma estrutura durante sua vida útil.....	35
Figura 2.1: Exemplo de molde cilíndrico.....	39
Figura 3.2: Concreto produzido com auxílio de betoneira.....	39
Figura 3.3: Concreto moldado de maneira manual com auxílio de enxada.....	40
Figura 3.4: Colocação do concreto nos moldes.....	41
Figura 3.5: Adensamento do concreto nos moldes.....	41
Figura 3.6: Retirada do excesso de concreto com auxílio de colher de pedreiro.....	42
Figura 3.7: Corpos de prova submersos no tanque.....	43
Figura 3.8: Rompimento de corpo de prova por meio de prensa hidráulica.....	44
Figura 4.1: Média geral de resistência à compressão.....	50
Figura 4.2: Comparativo da resistência à compressão entre os métodos de moldagem.....	51
Figura 4.3: Variação de desvio padrão entre os métodos de moldagem.....	52

LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1: Densidade Aparente Médias dos Agregados.....	18
Quadro 2.2: Ações dos aditivos.....	19
Quadro 2.3: Aditivos e suas finalidades.....	20
Quadro 2.4: Classes de resistência de concretos estruturais.....	34
Quadro 2.5: Grau de influência dos processos de moldagem e rompimento.....	36
Quadro 3.1: Coleta dos lotes de corpos de prova – Concreto moldado in loco.....	37
Quadro 3.2: Coleta dos corpos de prova – Concreto Usinado.....	38
Quadro 4.1: Resistências ao rompimento do concreto produzido no canteiro de obras.....	47
Quadro 4.2: Resistências médias ao rompimento do concreto usinado.....	48
Quadro 4.3: Resistências médias ao rompimento do concreto e desvio padrão das moldagens in loco.....	49
Quadro 4.4: Resistências médias ao rompimento do concreto usinado.....	50

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

NBR	Normas Brasileiras.
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas.
F_c	Força de Compressão.
F_{cm}	Força de Compressão Médio.
F_{ck}	Resistência Característica à Compressão.
Y_c	Coefficiente de Ponderação do Concreto.
F_{cd}	Resistência de Cálculo do Concreto.
MPa	MegaPascal.
Cm	Centímetros.
Tf	Tonelada Força.
Mm	Milímetros.

RESUMO

D'ÁVILA, José Vitor; NOGUEIRA, Lucas. **Análise da resistência à compressão de concretos rodados em obras e concretos produzidos em centrais dosadoras para fins estruturais**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso. Curso de Engenharia Civil, Faculdades DOCTUM de Caratinga, Caratinga, 2018.

Atualmente, existem diversos métodos de produção de concreto, sendo que os mais usuais são o concreto produzido por central de usinagem e o concreto produzido em canteiro de obras. A utilização do concreto rodado em obra é muito comum para a concretagem de pilar, uma vez que, é uma peça estrutural que demanda uma menor quantidade de concreto. No entanto, esse é um fato preocupante, já que o pilar é a peça estrutural mais importante de uma edificação, pois recebe as cargas provenientes de lajes e vigas, e, geralmente são concretadas com utilização de concreto produzido em central de usinagem. A pesquisa tem como objetivo comparar os resultados de resistência à compressão entre os dois meios de moldagem de concreto supracitados. Dessa forma, foram selecionadas 9 (nove) obras na microrregião de Caratinga, em cada obra foram coletadas 8 (oito) amostras, sendo 4 (quatro) de concreto produzido em central de usinagem e 4 (quatro) de concreto produzido em canteiro de obras. Os ensaios foram praticados em laboratório por meio da utilização da prensa hidráulica. Ao fim dos testes, constatou-se que o concreto produzido em central de usinagem possui uma resistência característica à compressão cerca de 64% maior que o concreto produzido in loco. Conclui-se que o concreto usinado é vantajoso, pois apresenta mais resistência e controle de produção, garantindo assim uma maior segurança e durabilidade para a edificação.

Palavras-chave: Estruturas de concreto. Produção de concreto. Resistência à compressão.

ABSTRACT

D'ÁVILA, José Vitor; NOGUEIRA, Lucas. **Análise da resistência à compressão de concretos rodados em obras e concretos produzidos em centrais dosadoras para fins estruturais**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso. Curso de Engenharia Civil, Faculdades DOCTUM de Caratinga, Caratinga, 2018.

Currently, there are several methods of concrete production, the most common being the concrete produced by the machining center and the concrete produced at the construction site. The use of on-site concrete is very common for concreting a pillar, since it is a structural part that requires a smaller amount of concrete. However, this is a worrying fact, since the pillar is the most important structural part of a building, since it receives loads from slabs and beams, and is usually concreted using concrete produced in a machining center. The research aims to compare the results of compressive strength between the two concrete molding means mentioned above. In this way, 9 (nine) works were selected in the Caratinga microregion, in each work 8 (eight) samples were collected, four (4) of concrete produced in a machining center and four (4) of concrete produced in a construction site . The tests were performed in the laboratory using the hydraulic press. At the end of the tests, it was found that the concrete produced in the machining center has a compression resistance of about 64% higher than the concrete produced in loco. It is concluded that the machined concrete is advantageous, because it presents more resistance and production control, thus guaranteeing a greater safety and durability for the building.

Keywords: Concrete structures. Concrete production. Compressive strength.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 Contextualização	12
1.2 Objetivos	13
1.2.1 Objetivo geral	13
1.2.2 Objetivos específicos.....	13
1.3 Justificativa	14
1.4 Estrutura do Trabalho.....	14
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	16
2.1 Concretos de cimento Portland	16
2.1.1 Cimento Portland.....	17
2.1.2 Agregados	17
2.1.3 Água.....	19
2.1.4 Aditivos.....	19
2.2 Características do concreto.....	20
2.2.1 Características do concreto fresco	20
2.2.2 Características do concreto endurecido	21
2.3 Produção do concreto dosado em central	22
2.3.1 Processo de fabricação do concreto dosado em central	22
2.3.2 Controle e recebimento do concreto dosado em central	24
2.4 Produção do concreto rodado em obra	24
2.5 Variáveis que podem influenciar na resistência do concreto.....	25
2.6 Traço do Concreto.....	26
2.7 Elementos Estruturais	28
2.7.1 Pilares	29
2.7.2 Vigas	30
2.7.3 Lajes.....	31

2.8 Resistência a compressão do concreto.....	33
2.9 Desempenho e vida útil.....	34
2.10 Ensaio de resistência à compressão	36
3 METODOLOGIA	37
3.1 Planos de pesquisa	37
3.2 Estudos em Caratinga – MG	37
3.2.1 Coleta de Dados Concreto Usinado	38
3.2.2 Coleta de Dados de Concreto moldado In Loco.....	39
3.2.3 Cura e Armazenamento do Concreto	42
3.3 Determinação da resistência do concreto aos 28 dias	43
3.4 Comparação de resultados	45
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	47
4.1 Resistências Características à compressão.....	47
4.2 Verificação de controle tecnológico	52
5 CONCLUSÃO	54
REFERÊNCIA BIBLIOGRAFICA.....	56

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

Desde a antiguidade o homem busca fazer o uso de estruturas que tragam mais conforto e facilidade para sua vida. Desde estruturas habitacionais como casas e prédios até estruturas que lhe entreguem mais agilidade no dia a dia, como por exemplo, estradas e pontes. Essas obras vêm sendo executadas pelo homem ao decorrer dos anos em benefício de sua sobrevivência e desenvolvimento.

Perante essa observação, fica claro que na construção civil, sempre há uma modernização de técnicas e materiais, com finalidade de aprimorar a performance da estrutura. Com um conhecimento mais desenvolvido sobre o concreto armado, as estruturas passaram a ter mais segurança, visto que seguem os padrões determinados em norma.

Em algumas regiões do mundo, houve um crescimento rápido e desordenado na construção civil, com inovações de projeto, execução e materiais utilizados, sendo vantajoso de certa forma. No entanto essa eclosão também trouxe alguns riscos, visto que, em muitos lugares não se tinha um conhecimento grande a respeito das novas técnicas. Reconhecido os riscos e com a falta de experiência e conhecimento, muitas estruturas que utilizam de novas técnicas, podem apresentar ao invés de um progresso, uma diminuição na vida útil.

O concreto de cimento Portland é considerado uma das descobertas mais relevantes da história do desenvolvimento e da construção civil, e é o material estrutural mais importante do mercado. Este material se destaca por sua moldabilidade no estado fresco e por sua alta resistência à compressão.

A maior parte dos concretos utilizados em edificações hoje em dia são produzidos em centrais de usinagem, chamado assim de concreto usinado, o qual é utilizado em todos os componentes estruturais, desde a fundação passando também por pilares, vigas e lajes. No entanto em algumas edificações menores também é empregado o uso de concreto produzido no canteiro de obras, geralmente na concretagem de pilares.

Os pilares são os elementos estruturais mais importantes de uma edificação, pois como elementos verticais, recebem as cargas dos pavimentos acima de seu nível

e são encarregados pela estabilidade global dos edifícios, criando um sistema de contraventamento juntamente com as lajes e vigas.

Sabendo-se que a produção do concreto oferece variáveis que interferem na precisão e controle das propriedades do mesmo, surge a preocupação de que a resistência à compressão possa estar em não concordância com a especificada em projeto.

Neste contexto, esta pesquisa destina-se a comparar a resistência entre corpos de prova de concreto usinado utilizados para a concretagem de vigas e lajes e o concreto feito no canteiro de obras utilizado para a concretagem de pilares de uma mesma edificação. Para isto, foi realizada uma coleta e análise de amostras de concreto produzidos pelos dois métodos.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

Comparar o desempenho, quanto a resistência à compressão, entre corpos de prova de concretos usinados e concretos produzidos no canteiro de obras utilizados para execução de peças estruturais.

1.2.2 Objetivos específicos

O presente estudo, para realizar a comparação do desempenho, quanto à resistência à compressão de concretos rodados em obra e concreto usinados, estabeleceu como objetivos específicos:

- Identificar e visitar edificações na microrregião de Caratinga – MG, que empreguem o concreto rodado em obra e aquelas que usam o concreto usinado na concretagem da estrutura;
- Verificar se há controle de traço de concreto, por parte dos trabalhadores na produção do concreto rodado em obra e se há correta amostragem e posterior análise da resistência à compressão do concreto produzido;
- Verificar se a concreteira e o responsável técnico pelo serviço de concretagem realizam o controle tecnológico do concreto usinado por meio

da amostragem e ensaios de resistência a compressão dos corpos de prova de concreto;

- Moldar corpos de prova de concreto utilizados nas obras selecionadas, identificando a modalidade de preparo, para realização do ensaio de resistência à compressão e comparação dos resultados.

1.3 Justificativa

O concreto é um dos materiais mais utilizados no mundo, e tem a alta resistência a compressão como sua característica principal. A maior parte dos concretos utilizados em obra hoje são produzidos por central, denominado concreto usinado ele é utilizado em todas as peças estruturais, começando pela fundação e passando por pilares, vigas até a laje.

Porém em obras de pequeno porte é muito utilizado um concreto produzido no canteiro de obras, visando concluir em um curto tempo para atender prazo de entrega das obras, normalmente esse concreto feito in loco é utilizado em fundações superficiais e também na concretagem de pilares.

Ao descobrir se há diferença entre os dois meios de produção, é um alerta para a sociedade, para cobrar cada vez mais do profissional técnico que irá gerir sua edificação, para que a construção possa atender a todos os requisitos para a qual foi projetada.

Sendo assim, dá-se importância e relevância a este trabalho para que o mesmo possa, através das análises das resistências à compressão obtidas pelos testes dos corpos de provas em estudo, indicar possíveis divergências e fatores que possam influenciar o resultado final das obras.

1.4 Estrutura do Trabalho

O trabalho de conclusão de curso foi dividido em seis capítulos, sendo o Capítulo 1, destinado à introdução, onde se apresenta uma breve contextualização do tema estudado, objetivos, justificativa e a estrutura do trabalho.

No Capítulo 2 é mostrado a fundamentação teórica, construída mediante revisão bibliográfica. Aborda-se nesse capítulo sobre o concreto usinado e o concreto

rodado em obra, bem como suas características, modos de produção e variáveis que podem influenciar em sua resistência final. Também contém informações sobre peças estruturais.

Na sequência tem-se o Capítulo 3. Neste capítulo discorre-se sobre como o trabalho foi realizado, o modo como foram retirados os lotes de concreto, como foi armazenado, o método utilizado para medir sua resistência e os cálculos que foram utilizados para a comparação de dados.

O Capítulo 4 traz os resultados obtidos através dos testes que foram feitos. Após a apresentação dos mesmos é exibido uma comparação dos testes de resistência á compressão conquistados.

Finaliza-se o presente estudo com as conclusões, constantes no Capítulo 5. É feito uma breve retomada ao tema e uma apresentação dos resultados obtidos para os objetivos delimitados. É apresentado também, as limitações e sugestão para trabalhos futuros.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo serão apresentados tópicos que consistem em embasar através de ideias de outros autores, pontos que serão apresentados na pesquisa. O capítulo apresenta informações sobre as características do concreto, aspectos que podem influenciar em sua resistência final, conteúdos sobre o concreto rodado em obra e o concreto usinado, etc.

2.1 Concretos de cimento Portland

O concreto é um dos materiais mais utilizados em todo o mundo, principalmente no Brasil, onde ele é o método construtivo mais utilizado em edificações. Este material é conseguido a partir de uma mistura adequada de cimento, agregado fino, agregado graúdo e água.

O concreto ainda pode ser misturado com produtos químicos ou outros componentes. As adições têm por finalidade melhorar algumas propriedades, como aumentar trabalhabilidade e resistência, retardar a velocidade das reações químicas que ocorrem no concreto (CARVALHO e FIGUEIREDO FILHO, 2016).

Petrucci (1978) cita que constantemente são usados aditivos e que eles são constituintes designados a aprimorar ou garantir as características especiais ao concreto, como, impermeabilidade da massa, atenuação do calor de hidratação, ampliação da durabilidade, maior plasticidade quando fresco, rápido ganho de resistência, etc.

Segundo Helene e Andrade (2007), o concreto de cimento Portland é composto por cimento, água e agregados e também conta com a alternativa de incluir aditivos, pigmentos, fibras, agregados especiais e minerais. A equivalência entre os diversos elementos é estudada pela tecnologia do concreto, para poder atender conjuntamente todas as necessidades que o concreto deve conter.

Azeredo (1997) diz que quando o concreto é convenientemente tratado, seu endurecimento, continua a se desenvolver durante muito tempo, mesmo após ter alcançado a resistência suficiente para a obra e torna-se mais forte ao invés de enfraquecer. Esse ganho contínuo de resistência que o distingue dos demais materiais de construção.

2.1.1 Cimento Portland

Cimento Portland é produzido pela pulverização de clínquer constituído sobretudo de silicato hidráulico de cálcio, com uma proporção dosada de sulfato de cálcio natural, ocasionalmente contendo adições de certas substâncias que transformam suas propriedades ou facilitam sua trabalhabilidade (BAUER, 2001). Ainda segundo Bauer (2001), o clínquer é um produto de natureza granulosa, resultante da calcinação de uma mistura daqueles materiais, conduzida até a temperatura de sua fusão.

O cimento Portland encontra-se no mercado em sacos de papel com o peso líquido de 50Kg. Para evitar sua hidratação e a conseqüente redução das suas propriedades, é necessário que seja conservado ao abrigo da umidade. Trata-se de produto no qual se pode ter inteira confiança, pois acha-se sujeito a especificações oficiais e todas as marcas procedentes de fábricas filiadas à associação brasileira de cimento Portland são sujeitos a análises e ensaios repetidos, o que garante a produção de cimento uniforme e de alta qualidade que, convenientemente misturado a materiais adequados, possibilita a obtenção de um bom concreto (AZEREDO, 1997).

Conforme Petrucci (1978) o cimento Portland pode ser definido como um material pulverulento, constituído de silicato e aluminatos de cálcio, praticamente sem cal livre. Esses silicatos e aluminatos complexos, quando misturados com água se hidratam e conseqüentemente causam um endurecimento da massa, que a partir de então oferece uma elevada resistência mecânica.

Battagin (2011) diz que no Brasil existem cerca de vinte e sete tipos de cimento do modelo europeu baseado em suas normas, sendo oito tipos básicos normatizados de cimento Portland, seus subtipos e classes de resistência podem chegar a mais de duas dezenas disponíveis no mercado para as mais diversas aplicações.

2.1.2 Agregados

De acordo com Bauer (2001) agregado é um material não coesivo, de ação química praticamente nula, constituído de misturas de partículas cobrindo extensa gama de dimensões. O termo “agregado” é de uso universal na tecnologia do concreto, em outros ramos da construção é conhecido pelo seu nome de acordo com seu uso específico: filer, pedra brita, areia, bica-corrída, rachão, etc.

Os agregados podem ser classificados quanto a sua origem, quanto as dimensões de seus grãos e quanto ao peso específico aparente (BAUER, 2001). Essas duas últimas classificações são mais importantes quanto ao uso em concretos.

Segundo sua origem, tem-se agregados naturais, que são encontrados “prontos” na natureza, tais como areia e cascalho; e industrializados. Os industrializados são os que atingem suas composições a partir de processos industriais, como: escória de alto-forno e argila (BAUER, 2001).

Ainda conforme Bauer (2001), quanto as dimensões das partículas, o agregado empregado na composição do concreto é dividido em: miúdo, sendo as areias um exemplo, e graúdo, cujos representantes desta categoria são os cascalhos e as britas.

Segundo o peso específico aparente, que leva em consideração a a densidade do material que forma as partículas, os agregados são definidos em leves, médio e pesados (BAUER, 2001). No Quadro 2.1 são apresentados alguns exemplos de classificação dos agregados quanto ao peso específico.

Quadro 2.1: Densidade Aparente Médias dos Agregados.

LEVES		MÉDIOS		PESADOS	
Vermiculita	0,30	Calcário	1,40	Barita	2,90
Argila expandida	0,80	Arenito	1,45	Hematita	3,20
Escória granulada	1,00	Cascalho	1,60	Magnetita	3,30
		Granito	1,50		
		Areia	1,50*		
		Basalto	1,50		
		Escória	1,70		
*Esta é a densidade aparente média de areia “seca ao ar”.					

Fonte: BAUER (2001).

Segundo a ABNT NBR 7211: 2005 os agregados são compostos por grãos minerais duros, compactos, estáveis e limpos, e não carecem de substâncias naturais em quantidade que possa afetar seu endurecimento, hidratação e sua segurança da armadura contra corrosão e durabilidade.

2.1.3 Água

A ABNT NBR 15900: 2009 estabelece que a água para o uso em concreto deve ser compatível com as exigências químicas, de tempo de pega, e resistência a compressão, reproduzidas por esta norma.

Battaguin (2011) diz que a água de abastecimento público é adequada para o concreto não necessitando de ensaio pois atende a portaria nº 518 do Ministério da Saúde e é considerada dentro dos padrões exigidos pela norma ABNT/CB-18. Já a água de esgoto, mesmo com tratamento, não é apropriada para o uso em concreto.

A água é um dos componentes vitais do concreto, visto que, em companhia do cimento produz a base resistente que abrange os agregados e concede a compacidade da matriz para validar a durabilidade e vida útil estabelecida em projetos (Isaia, 2011).

2.1.4 Aditivos

Segundo Bauer (2001) o aditivo pode ser dispensável na produção e finalidade do concreto, pois, seja ele colocado na betoneira de imediato ou durante a mistura, serão utilizadas em pequenas quantidades que geralmente trazem um ganho ou reforço de certas características.

Bauer (2001) cita ainda que dentre os critérios baseados na ação se distingue as ações puramente química, física ou físico-química, como mostrado no quadro 2.2.

Quadro 2.2: Ações dos aditivos.

Química	Modifica a cinética do processo de hidratação.
Física	Modifica a tensão superficial da fase líquida e a tensão interfacial nas fases sólidas ou gasosas, aumentando assim a “molhabilidade” da água e o seu poder de penetração.
Físico-Química	Modifica a tensão superficial e interfacial por efeito físico, e modifica a cinética por efeito químico.

Fonte: adaptado de BAUER (2001).

Os critérios de classificação baseados nos efeitos, de acordo com Bauer (2001), são os que tem sua finalidade específica conforme sua aplicação, como pode ser visto no Quadro 2.3.

Quadro 2.3: Aditivos e suas finalidades.

Finalidade	Modificadores
Aditivos para melhorar a trabalhabilidade do concreto.	Redutores plastificantes.
	Incorporadores de ar.
Modificadores das resistências mecânicas.	Redutores plastificantes.
Modificadores das resistências do concreto a condições especiais de exposições.	Incorporadores de ar.
Modificadores de tempo de pega e endurecimento.	Retardadores.
	Aceleradores.
Impermeabilizantes.	Repelentes a absorção capilar.
	Redutores da permeabilidade.

Fonte: adaptado de BAUER (2001).

2.2 Características do concreto

2.2.1 Características do concreto fresco

A ABNT NBR 12655: 2015 descreve o concreto fresco como o que está completamente misturado e que ainda se encontra em estado plástico capaz de ser adensado por algum método escolhido.

Conforme Carvalho e Figueiredo Filho (2016) as principais características do concreto fresco são a consistência, a trabalhabilidade e a homogeneidade. O concreto mesmo depois de endurecido é um material formado por elementos de todas as fases, ou seja, gases, líquidos, gel e sólidos, sendo assim um material essencialmente heterogêneo. A finalidade de produzir o concreto estrutural é conseguir um material sólido com grande resistência e com poucos vazios dentro dele. É obtido pela correta hidratação do cimento, resultando em uma pasta que possa envolver e aderir os sólidos presentes.

Ainda segundo Carvalho e Figueiredo Filho (2016) a consistência corresponde à maior ou menor capacidade que o concreto tem de se deformar; está relacionada diretamente aos processos de transporte, lançamento e adensamento, e pode variar com a quantidade de água empregada, a granulometria dos agregados e pela presença de produtos químicos. A trabalhabilidade do concreto está relacionada sobretudo com a maneira de efetuar seu adensamento, atualmente existem concretos autoadensáveis, que são quase fluidos e não precisam de energia de adensamento para formar um composto homogêneo.

Por fim Carvalho e Figueiredo Filho (2016) dizem que a trabalhabilidade depende da granulometria dos sólidos, da introdução de aditivos e do fator água/cimento. A homogeneidade é o fator que engloba a distribuição dos agregados graúdos dentro da massa de concreto, e quanto mais uniforme for essa distribuição melhor será a qualidade do concreto, principalmente, quanto à impermeabilidade e à proteção proporcionada à armadura.

Segundo Bauer (2001), a qualidade do concreto endurecido e as características do concreto fresco almejadas, são aquelas que garantem uma obtenção de misturas fáceis de transportar, lançar, adensar sem segregar, e após endurecido possa se apresentar de forma homogênea e com um número baixo de vazios.

2.2.2 Características do concreto endurecido

A ABNT NBR 12655: 2015 determina que o concreto endurecido é aquele que se encontra no estado sólido após adquirir resistência mecânica.

Segundo Helene e Andrade (2007) a qualidade e potencial de um concreto depende amplamente da relação água/cimento e do grau de hidratação. Esses dois parâmetros são os principais, pois modificam as características de absorção capilar de água, permeabilidade por gradiente de pressão de água e gases e também todas as propriedades mecânicas, como, elasticidade resistência a compressão, tração, abrasão e outras.

Carvalho e Figueiredo Filho (2016) dizem que as várias características que o concreto endurecido deve apresentar dependem principalmente do planejamento e dos cuidados na sua execução. O planejamento se baseia em definir as propriedades desejadas do concreto, analisar e selecionar os materiais disponíveis, estabelecer

uma estrutura para definir o traço (proporção entre os componentes), os equipamentos para mistura, o transporte, o adensamento e a cura.

Carvalho e Figueiredo Filho (2016) ainda ressaltam que as principais propriedades de interesse no concreto endurecido são as mecânicas, enfatizando as resistências à compressão e à tração. A resistência do concreto é relacionada com o tempo de duração da solicitação; os ensaios são realizados rapidamente, à medida em que nas construções o concreto é sujeito a ações que atuam de forma permanente, reduzindo assim, sua resistência ao longo do tempo.

2.3 Produção do concreto dosado em central

O preparo do concreto em uma central tenta se aproximar da perfeição, procurando sempre uma redução de custos alinhada com um material de elevada qualidade, esses fatores fazem com que o concreto dosado em central seja cada vez mais procurado, pois proporciona segurança ao usuário.

Segundo Regattieri e Maranhão (2011), a produção de concreto produzido em central apareceu com o propósito de atender as necessidades de grandes demandas de concreto em curto espaço de tempo com uma menor variabilidade de suas resistências mecânicas.

Buscando atingir os resultados desejados em relação com a resistência, desempenho e durabilidade é muito importante ter um bom planejamento e controle dos materiais na obra. O concreto deve ter uma organização adequada, começando pela escolha de uma concreteira experiente, considerando também sua localização, buscando assim evitar possíveis transtornos com o deslocamento e por fim, não é recomendado utilizar concreto de duas ou mais empresas em uma mesma obra.

Petrucci (1993), comenta que o concreto usinado pode ser totalmente ou parcialmente misturado em central, terminando a sua produção em um caminhão betoneira ou ainda pode ser totalmente misturado em caminhão betoneira, o qual é o processo mais usual.

2.3.1 Processo de fabricação do concreto dosado em central

De acordo com Regattieri e Maranhão (2011), para a produção do concreto é imprescindível uma série de movimentações de matérias dentro de uma central.

Quanto mais atualizada for a central, maiores serão as atividades de controle e conhecimento acerca do assunto será elevado minimizando assim a influência dos operadores na qualidade final do produto.

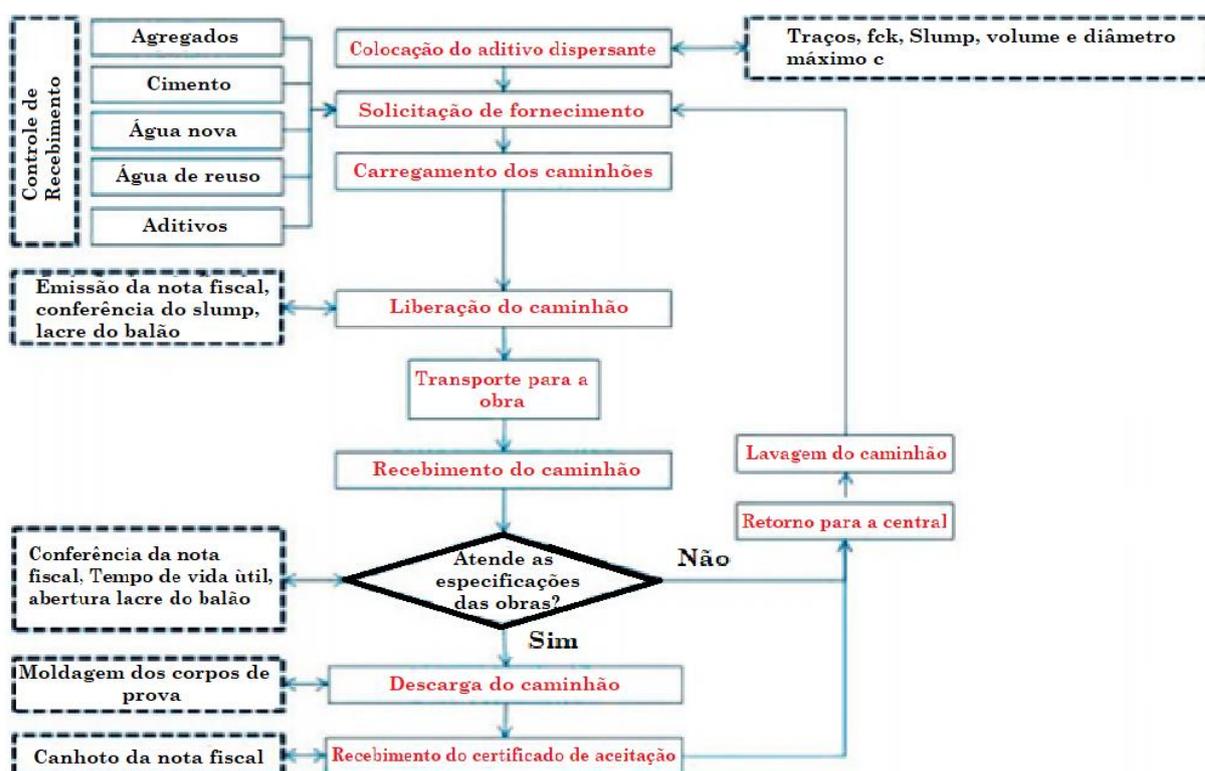
A produção começa pela mistura ou amassamento do concreto, que é a combinação da pasta de cimento com os agregados, buscando obter uma mistura homogênea. Caso essa mistura não seja obtida, o concreto resulta em uma diminuição da resistência mecânica e da durabilidade (PETRUCCI, 1993).

Após terminada a mistura, o concreto precisa ser transportado para o local de aplicação o mais rápido possível, buscando manter sua homogeneidade.

Segunda a ABNT NBR 7212: 2012 o caminhão betoneira é um veículo que mantém a homogeneidade do concreto. A norma também revela que após a primeira adição de água na mistura o tempo de transporte deve ser menor que 90 minutos.

Durante a recepção dos materiais são executadas fiscalizações para analisar se atendem as especificações exigidas pelas normas brasileiras ou o regulamento proposto pela empresa (REGATTIERI e MARANHÃO, 2011). O fluxograma de atividades comumente utilizadas em centrais de concreto no Brasil é representado na Figura 2.1.

Figura 2.1: Fluxograma da produção de concretos dosados em central.



Fonte: ISAIA (2011).

2.3.2 Controle e recebimento do concreto dosado em central

De acordo com Petrucci (1993), o controle tecnológico tem a função de produzir um concreto de acordo com as exigências impostas, por meio de operações como: a dosagem, que deve garantir trabalhabilidade e resistência; os estudos das características dos materiais componentes; a verificação da resistência de testemunhos e; o controle estatístico das resistências.

Regattieri e Maranhão (2011), dizem que o controle de qualidade do concreto começa pela seleção dos materiais recebidos, onde a central realiza regularmente avaliações dos materiais utilizados no preparo do concreto.

Ainda conforme os autores supracitados durante o recebimento do caminhão um responsável pela central deve conferir as informações da nota fiscal como, data, destino e verificar a integridade dos lacres. Posteriormente é realizado um controle interno da central, e outro controlado diretamente na obra. (REGATTIERI e MARANHÃO, 2011).

Segundo Helene e Terzian (1993), a qualidade na indústria civil é vista como algo que obteve a resistência estrutural adequada, conseguindo ser funcional, possuir as condições ideais para habitação e ter um baixo custo de operação e manutenção, apresentando um preço acessível. Com isso o controle tecnológico do concreto pode ser traduzido como um controle de qualidade.

2.4 Produção do concreto rodado em obra

O concreto executado *in loco*, é compreendido como uma produção dentro do canteiro de obras. Pode ser produzido a partir da utilização de betoneiras que misturam uma quantidade de concreto em relação ao número de sacos de cimento utilizados para tal operação. Em caso de obras de menor porte, é entendido como uma execução manual, sem a utilização de maquinários.

A ABNT NBR 12655: 2015 determina o modo como devem ser armazenados os materiais para produção de concreto. No caso do cimento, cada saco deve ser armazenado separadamente, de acordo com seu tipo e classe. Os lotes devem ser armazenados em pilhas apoiadas sobre estrados ou palhetes de madeira, para que não haja contato direto com os pisos, e devem ser posicionados de modo que permitam a circulação de funcionários.

Ainda conforme a norma supracitada, os sacos devem ser empilhados numa altura máxima de 15 sacos, ou de 10 sacos quando ficarem armazenados por mais de 15 dias. Os agregados devem ser armazenados separadamente conforme sua classificação granulométrica, não podendo haver contato direto entre eles e devem ficar sobre uma base que permita o escoamento livre da água.

Segundo a ABNT NBR 12655: 2015 a medida base do concreto para determinar corretamente sua composição e requisitos para fixação do seu volume é o metro cúbico. A medida volumétrica dos agregados é utilizada apenas nos concretos produzidos in loco. Os materiais devem ser misturados até atingir uma massa homogênea. Geralmente o equipamento utilizado para fazer a mistura é a betoneira, o procedimento deve atender as normas quanto a capacidade de carga e tempo de mistura.

De acordo com Bauer (2001), não existem normas gerais para o arranjo dos materiais na betoneira, porém geralmente se coloca a água primeiro, seguido do agregado graúdo, cimento e por fim o agregado miúdo.

2.5 Variáveis que podem influenciar na resistência do concreto

Segundo Mehta e Monteiro (1994), a resistência do concreto é uma característica muito importante para o controle de qualidade. Os sólidos têm uma relação inversa entre a porosidade e a resistência, logo, um material com várias fases como o concreto, a porosidade pode se tornar um fator limitante na resistência. O fator água/cimento é o mais relevante para a determinação da porosidade, e, portanto, da resistência do concreto, mas outros fatores também podem influenciar nesta característica, como: adensamento, condições de cura, temperatura, dimensões e mineralogia do agregado, aditivos, condições de umidade e etc.

O transporte do concreto dosado em central, geralmente é feito com caminhões betoneiras, que são utilizados conseguirem misturar o concreto para que ele não perca sua homogeneidade, não deixando ocorrer segregação dos materiais no transporte.

Bauer (2001), diz que não se deve ultrapassar 63% do volume das betoneiras quando forem utilizadas para misturar, e 80% quando forem utilizadas apenas como agitador.

O adensamento é uma das etapas mais relevantes na execução de estruturas e interfere diretamente nas propriedades finais das mesmas. Carvalho e Figueiredo Filho (2016), relatam que o adensamento para obras de médio e grande porte é executado por meio de energia mecânica ao concreto. Consiste essencialmente primeiro na desagregação dos compostos, para depois misturá-los da forma correta evitando com que apareçam vazios e segregação dos materiais. O adensamento faz com que o concreto preencha todos os cantos da forma.

Carvalho e Figueiredo Filho (2016) ainda ressaltam que para um bom adensamento o processo mais simples para ser utilizado é a vibração mecânica, com o emprego de vibradores na massa de concreto.

A cura do concreto são um grupo de medidas que são tomadas para evitar a evaporação da água de amassamento. Segundo Carvalho e Figueiredo Filho (2016) a evaporação da água nessa etapa pode comprometer as reações de hidratação do cimento, ocasionando com que o concreto sofra uma diminuição de volume maior que a usual. A diminuição do volume é relativamente impedida pelas formas e armaduras, o que gera tensões de tração que não resistidas pelo concreto causam fissuras que levam à uma diminuição na resistência final.

Laguna e Ikematsu (2009), dizem que o endurecimento do cimento é determinado por suas reações exotérmicas. Durante o inverno, as peças concretadas podem sofrer mudanças no seu desempenho. Quando se realizam concretagens em épocas de baixas temperaturas, o concreto demorará mais para iniciar o estágio de endurecimento, visto que a temperatura é um dos principais fatores que interferem na resistência.

2.6 Traço do Concreto

Segundo Mehta e Monteiro (1994), a dosagem é a mistura proporcional dos materiais de concreto, onde é obtida a melhor proporção entre agregados, água e cimento. A dosagem busca atingir as principais especificações que são a trabalhabilidade do concreto quando fresco e a resistência do concreto endurecido.

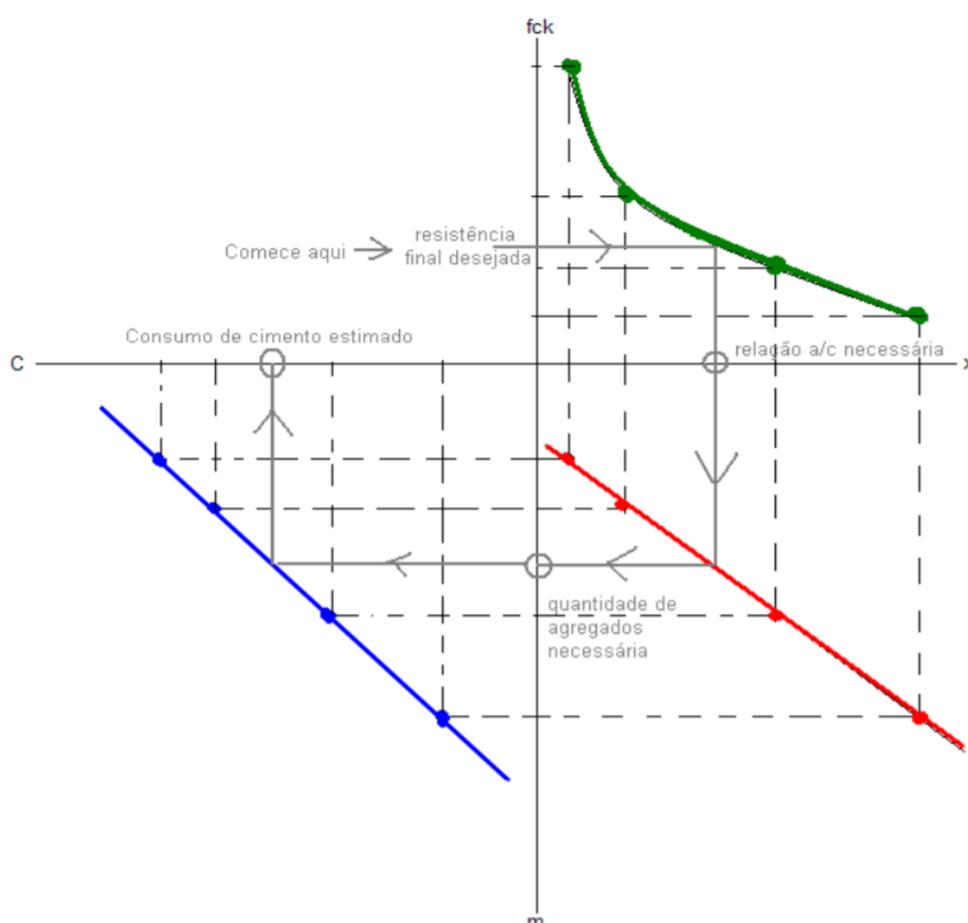
Petrucci (1993), resalta que chama por traço a forma de desenvolver a composição do concreto, que é expresso pelas proporções em volume ou massa. Geralmente se determina uma forma mista, utilizando o cimento em massa e os agregados e a água em volume.

A ABNT NBR 12655: 2015 estabelece que o concreto deve ser dosado com a finalidade de diminuir sua segregação no estado fresco, levando em consideração também as atividades de mistura, transporte, lançamento e adensamento.

O traço de concreto pode ser calculado em volume, peso ou mista. Independente do processo utilizado, o cimento sempre será utilizado como referência para os outros materiais. No canteiro de obra, a dosagem geralmente utilizada é a medida em volumes, pois, embora ofereça uma precisão menor é uma maneira mais prática de se executar. Já no concreto usinado a dosagem é medida em massa, a qual é mais precisa e traz uma precisão muito maior nos resultados desejados. (REDAÇÃO AECWEB, 2018).

O gráfico a seguir (Figura 2.2) por meio de ensaios laboratoriais, demonstra a relação resistência X água/cimento X areia e pedra X consumo de cimento. A seta cinza representa a trajetória a ser feita para ler o gráfico corretamente.

Figura 2.2: Gráfico de relação resistência X materiais utilizados.



Mehta e Monteiro (2008) retificam que o estudo de dosagem dos concretos tem fundamentos tecnológicos e científicos bem fortes, mas sempre engloba uma parte experimental de laboratório ou campo, fazendo com que os pesquisadores admitam a dosagem do concreto mais como uma obra de arte do que como uma ciência.

2.7 Elementos Estruturais

Segundo Carvalho e Figueiredo Filho (2016) os elementos estruturais normalmente são peças com uma ou duas dimensões que constitui uma estrutura. O modo como são logrados é chamado de sistema estrutural.

De acordo com Martha (2017), as estruturas podem ser e construídas com madeira, pedra, aço, materiais com utilização de fibras vegetais, ou até mesmo com materiais sintéticos. Elas devem ser projetadas de forma a resistir aos fortes ventos e as solicitações que são impostas durante sua vida útil.

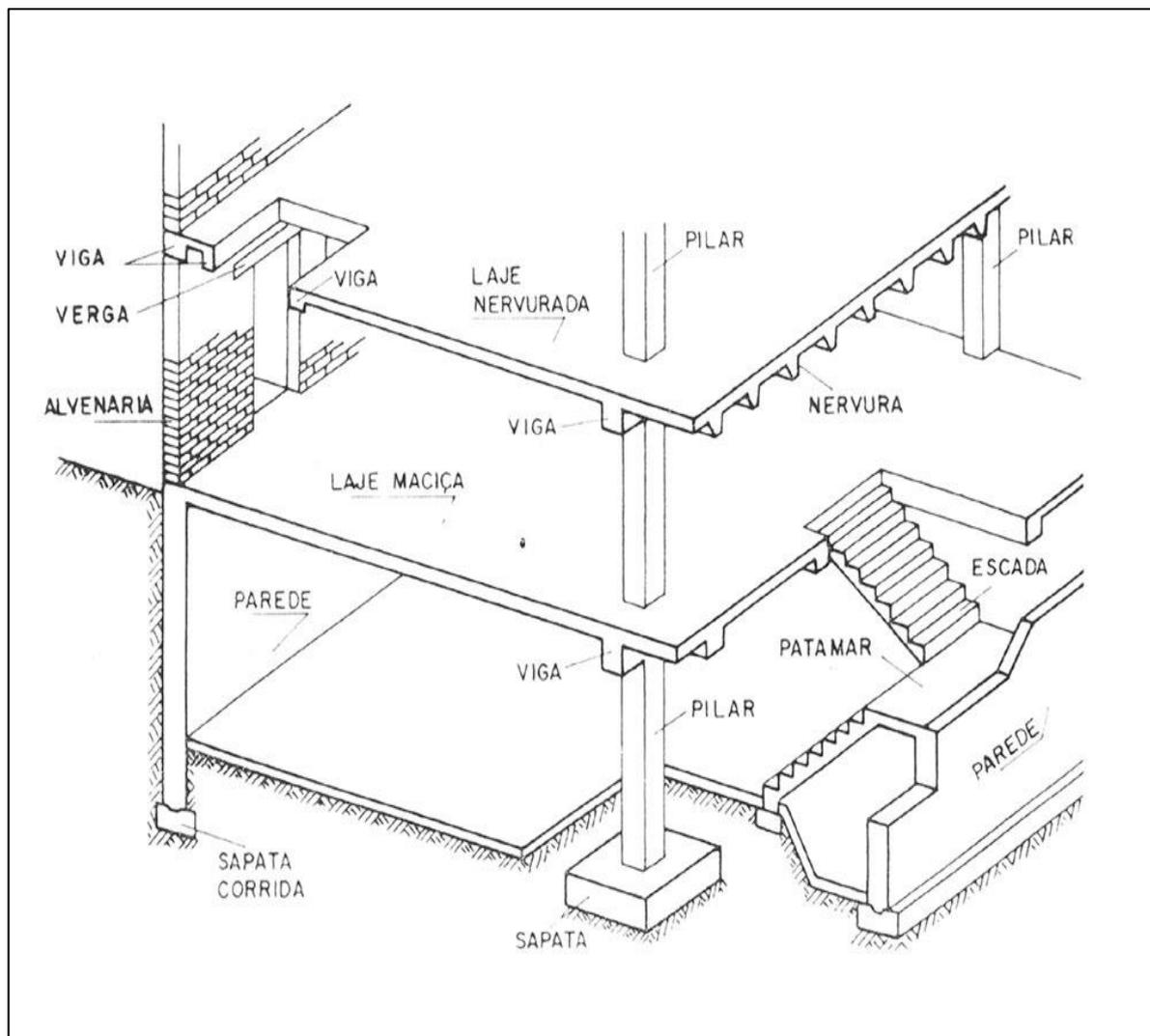
Bastos (2014), diz que as estruturas de concreto armado são as mais utilizadas na área da engenharia civil, e se caracteriza pela principal forma de construção no Brasil, pelo fato da disponibilidade dos materiais constituintes e facilidades na sua aplicação. Bastos ainda ressalta que é possível encontrar diferentes características no concreto, tanto em estado fresco quanto no estado endurecido, dependendo das proporções dos materiais utilizados.

Segundo Souza Júnior (2015), o concreto é diferenciado dos demais materiais pela sua elevada resistência a compressão. Porém o mesmo não possui desempenho similar quando o assunto é tração, equivalendo somente a 10% da resistência a compressão.

Conforme Graziano (2005), uma edificação de concreto armado tem conceitos de equilíbrio e transmissão de cargas, que são observados de forma a entender a performance das estruturas. As edificações devem possibilitar estabilidade, tal que seu equilíbrio seja estável. As transmissões dos esforços trabalham em conjunto com os elementos estruturais, uma vez que as tensões caminham ao longo dos elementos até sua fundação.

O sistema estrutural pode ser dividido entre superestrutura e fundação. A superestrutura é formada por pilares, vigas e lajes, já a fundação é formada por sapatas, estacas, radier entre outros, como é mostrado na Figura 2.3.

Figura 3.3: Elementos de uma edificação.



Disponível em: <<http://www.manualdoarquiteto.com.br/2017/08/sistemas-estruturais-elementos.html>>

2.7.1 Pilares

Segundo Graziano (2005), os pilares são elementos lineares usados na vertical, onde os principais esforços solicitantes são os de compressão (Figura 2.4). Os pilares normalmente transmitem suas ações para as fundações, visto que também podem transmitir ações para outros elementos estruturais.

Ainda de acordo com o mesmo autor suas ações são provenientes das lajes e vigas, formando com esses elementos, uma estrutura que garante a estabilidade global dos edifícios (GRAZIANO, 2005).

Figura 2.4: Pilares de concreto armado.



Fonte: acervo dos autores (2017).

A ABNT NBR 6118: 2014, define que independente da forma da seção transversal, os pilares não devem ter dimensões menores que 19 cm, entretanto, em alguns casos particulares pode-se utilizar medidas entre 14 cm e 19 cm, lembrando que na hora do dimensionamento deve ser feita uma multiplicação dos esforços finais por um coeficiente adicional.

2.7.2 Vigas

Graziano (2005), diz que as vigas (Figura 2.5) são elementos dispostos na posição horizontal, podendo ou não ter inclinação, sendo solicitadas principalmente por flexão. A função das vigas é receber as ações de lajes, paredes e outras vigas, e em casos mais específicos até de pilares, vencendo vãos e transmitindo essas ações para os apoios. As geometrias mantem a relação entre vão e altura. As vigas trabalham com carregamentos atuando especialmente na direção perpendicular ao seu eixo longitudinal, de forma distribuída ou concentrada.

Figura 2.5: Viga de concreto armado.



Fonte: acervo dos autores (2017).

As vigas se classificam em três tipos: isoladas, contínuas e em balanço. As vigas isoladas são as mais comuns em edificações, são as que tem um vão e dois apoios. Vigas contínuas são aquelas sustentadas por diversos apoios, formando mais de um vão. As vigas em balanço são aquelas sustentadas por um único apoio engastado (BORGES, 2013).

2.7.3 Lajes

Bastos (2006), define lajes como elementos planos laminares sujeitos a grande parte das ações empregadas numa construção, como móveis, paredes, pisos entre outros tipos de carga que podem vir a existir com as finalidades arquitetônicas do espaço físico. De acordo com a direção do plano as cargas podem ser distribuídas linearmente (paredes), por área (revestimento de piso) ou forças concentradas (pilar

apoiado sob laje). Normalmente as cargas das lajes são transmitidas para as vigas de apoio que se encontram nas bordas da laje, porém, em algumas situações suas cargas podem ser transmitidas diretamente para os pilares. São elementos classificados de acordo com a direção das flexões que ocorrem nelas.

Na região de Caratinga/MG os tipos mais utilizados são as lajes treliçadas e as lajes maciças.

A laje maciça é a mais utilizada na construção civil por ser mais simples de calcular. A mesma tem uma placa de concreto armado plana e a espessura variada, dependendo das necessidades de projeto.

De acordo com Araújo (2014), as lajes maciças são apoiadas ao longo de seu perímetro. Os apoios são geralmente formados por vigas ou alvenarias, esse tipo de laje é predominante em edifícios residências onde os vãos impostos são levemente menores.

As lajes treliçadas (Figura 2.6) são confeccionadas por vigotas pré-fabricadas armadas.

De acordo com a ABNT NBR 14859-1: 2002, as vigotas pré-fabricadas são constituídas por concreto estrutural, criadas industrialmente fora do canteiro de obras, são feitas sob rigorosas condições de controle de qualidade e englobam parcialmente ou totalmente a armadura.

Figura 2.6: Lajes treliçadas com utilização de placas de isopor.



Fonte: acervo dos autores (2017).

2.8 Resistência a compressão do concreto

Pinheiro (2004), diz que a resistência à compressão simples (F_c) é a principal propriedade do concreto. É obtida por meio de ensaios de corpos de provas cilíndricos ou prismáticos que são normatizados pela ABNT NBT 5738: 2008 e ABNT NBR 5739:2007.

Os corpos de prova brasileiro seguem o padrão cilíndrico e a idade definida para a referência do ensaio é de 28 dias. Os corpos de prova ficam em uma câmara úmida ou submersos em água até o momento de serem rompidos. Pinheiro et al. (2007), dizem que posteriormente é feito um gráfico com os valores de F_c pela quantidade de corpos de prova para determinar uma curva, denominada Curva Estatística de Gauss.

Pinheiro et al. (2007), ainda ressaltam que na curva de Gauss são encontrados valores de suma importância: a resistência média do concreto à compressão (F_{cm}) e a resistência característica do concreto à compressão (F_{ck}). A resistência característica a compressão (F_{ck}) é encontrada pela expressão 1.

$$f_{ck} = f_{cm} - 1,65 * s \quad (1)$$

É importante ressaltar que o valor do F_{ck} utilizado no projeto estrutural é definido previamente pelo engenheiro responsável, e cabe ao mesmo, realizar os ensaios para comprovar a resistência apropriada.

De maneira a aumentar a segurança é empregado ao F_{ck} um coeficiente de ponderação do concreto (γ_c), (ABNT NBR 6118:2014, item 12.4) considerando assim a divergência existente nos materiais, o que acarreta em uma diminuição de seus valores originais. A resistência de cálculo do concreto (F_{cd}) pode ser obtida pela expressão 2.

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} \quad (2)$$

Uma edificação deve ser dimensionada de maneira com que o valor de F_{ck} deve ser único para todos os elementos estruturais. Segunda a ABNT NBR 6118:2014 o mínimo de F_{ck} utilizado para resistência estrutural deve ser de $F_{ck} = 20\text{MPa}$.

Botelho e Marchetti (2015), definem as classes mais usuais do concreto como: menor que C15, concreto não convencional; C15, utilizado para improvisações; C20,

mínimo exigido para estruturas de concreto armado; C25 a C30, estruturas de concreto armado correntes.

A ABNT NBR 8953: 2015, separa os concretos para fins estruturais em dois grupos quanto a resistência a compressão, como mostrado a seguir no quadro 2.4.

Quadro 2.4: Classes de resistência de concretos estruturais.

Classe de resistência Grupo I	Resistência característica a compressão (Mpa)	Classe de resistência Grupo II	Resistência característica a compressão (Mpa)
C20	20	C55	55
C25	25	C60	60
C30	30	C70	70
C35	35	C80	80
C40	40	C90	90
C45	45	C100	100
C50	50		

Fonte: ABNT NBR 8953:2015.

A Norma ainda ressalta que concretos com resistência inferior a C20 não são estruturais e por isso devem ser utilizados seguindo as orientações da ABNT NBR 6118:2014 (ABNT NBR 8953: 2015).

2.9 Desempenho e vida útil

A vida útil é definida pela ABNT NBR 15575:2013 como uma medida temporal da durabilidade de uma edificação, ou seja, o espaço de tempo que os elementos vão servir para as atividades que foram preparados e construídos, sem necessitar de grandes manutenções ou reparos.

A ABNT NBR 15575:2013 ainda diz que as normas de desempenho são definidas de modo a atender as exigências propostas pelos usuários, o contrário das normas técnicas, onde são estabelecidos os requisitos para a construção de um sistema.

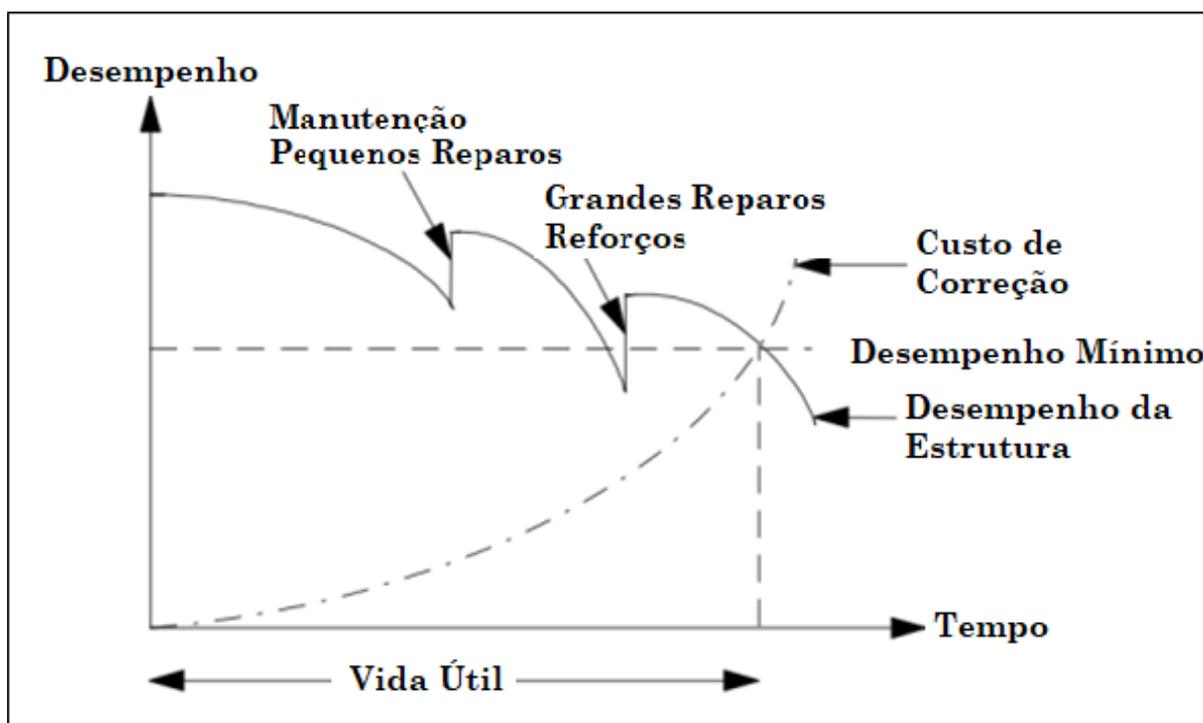
De acordo com a ABNT NBR 6118:2014, um desenvolvimento satisfatório está diretamente ligado a integridade da estrutura durante o período de vida útil. As edificações seguem impreterivelmente três condições, quando o assunto é a

qualidade, sendo estas: capacidade resistente; desempenho em serviço e durabilidade.

- a) Capacidade resistente. A capacidade de suportar as ações calculadas, cumprindo sempre com os fatores de segurança contra ruptura e ruína (ABNT NBR 6118:2014).
- b) Desempenho em Serviço. Eficiência da estrutura em se manter nas condições totais de utilização, não podendo apresentar danos que podem vir a comprometer parte ou totalmente o uso para qual a estrutura foi projetada (ABNT NBR 6118:2014).
- c) Durabilidade. Competência da estrutura suportar aos efeitos ambientais estabelecidos pelo autor do projeto estrutural e o contratante (ABNT NBR 6118:2014).

Portanto um material ou elemento estrutural chega ao fim de sua vida útil quando suas propriedades se deterioram de forma com que a insistência na continuação de seu uso seja considerada antieconômica e insegura. A durabilidade de uma estrutura é representada pelo gráfico de desempenho versus tempo, conforme mostra a Figura 2.7 (ANDRADE, 1997).

Figura 2.7: Fases do desempenho de uma estrutura durante sua vida útil.



Fonte: ANDRADE (1997).

2.10 Ensaaios de resistência à compressão

Os ensaios de corpos de prova são normatizados pelas normas ABNT NBR 5739:2007 – Ensaio de compressão de Corpos de Prova Cilíndricos – e, pela ABNT NBR 5738:2003 – Procedimento para Moldagem e Cura de Prova, necessitando utilizar as duas normas para exercer um controle tecnológico do concreto com segurança. Também é utilizada a ABNT NBR 12655:2006 para análise dos resultados.

Neville (1997), diz que a resistência real é encontrada somente na estrutura e os resultados conseguidos nos ensaios de resistência à compressão de corpos de prova cilíndricos são considerados a resistência potencial do concreto. Essa diferença deve-se principalmente pela diferença de massa de concreto que é utilizada no teste das estruturas e nos corpos de prova.

Helene e Terzian (1993), dizem que existem muitas variabilidades quando se trata de corpos de prova de concreto, a título de exemplo a velocidade de carregamento durante o ensaio de ruptura, que, se não for feito da maneira correta pode resultar em uma diferença de até 10% nos resultados, criando um relatório incorreto sobre a resistência do concreto. Helene e Terzian (1993) apresentam esse grau de influência nos resultados no seguinte quadro 2.5:

Quadro 2.5: Grau de influência dos processos de moldagem e rompimento.

Causa	Grau de influência
Coleta imprecisa	-10%
Adensamento inadequado	-50%
Cura	+10% ou -10%
Retificação	-30% a -50%
Ruptura (Velocidade de carregamento)	+10% ou -10%

Fonte: adaptado de HELENE; TERZIAN (1993).

3 METODOLOGIA

3.1 Planos de pesquisa

Trata-se de uma pesquisa experimental, que tem como objetivo determinar um objeto de estudo e selecionar as variáveis que são capazes de influenciar no resultado final (GIL, 1991).

Schneider e Schimitt (1998), dizem que a comparação é um processo de construção do conhecimento, é um tipo de raciocínio comparativo onde se constata regularidades, identificar diferenças e semelhanças, continuidades e descontinuidades, revelando assim determinações amplas que administram os fenômenos.

O presente trabalho tem como intuito comparar a resistência à compressão aos 28 dias entre corpos de prova de concretos feitos in loco utilizados para a concretagem de pilares, com os concretos usinados utilizados para a concretagem de lajes e vigas da mesma edificação, as amostras foram coletadas na cidade de Caratinga-MG.

3.2 Estudos em Caratinga – MG

O trabalho consiste em elaborar um levantamento de dados em campo. Primeiro foi feita uma coleta de concreto em nove obras localizadas na cidade de Caratinga – MG. Em todas as obras visitadas foram retiradas quatro amostras de corpo de prova de concreto feito in loco, com um traço visando atingir um F_{ck} de 20 MPa. A data da coleta dos lotes de corpos de prova pode ser vista no Quadro 3.1:

Quadro 3.1: Coleta dos lotes de corpos de prova – Concreto moldado in loco.

Obras	Data da Coleta
Obra 1	14/09/2018
Obra 2	17/09/2018
Obra 3	17/09/2018
Obra 4	17/09/2018
Obra 5	05/10/2018
Obra 6	05/10/2018
Obra 7	08/10/2018
Obra 8	09/10/2018
Obra 9	09/10/2018

Fonte: os autores (2018).

Também foram retiradas quatro amostras do concreto usinado, buscando atingir também um F_{ck} de 20 MPa. A data da coleta dos lotes de corpos de prova pode ser vista no Quadro 3.2:

Quadro 3.2: Coleta dos corpos de prova – Concreto Usinado.

Obras	Data da Coleta
Obra 1	23/09/2018
Obra 2	25/09/2018
Obra 3	26/09/2018
Obra 4	26/09/2018
Obra 5	15/10/2018
Obra 6	14/10/2018
Obra 7	17/10/2018
Obra 8	18/10/2018
Obra 9	19/10/2018

Fonte: os autores (2018).

3.2.1 Coleta de Dados Concreto Usinado

As amostras dos caminhões betoneira foram retiradas de acordo com o que rege a norma regulamentadora de preparo ABNT NBR:12655 (1996). As amostras foram extraídas após os testes de consistência do centro e dos finais das cargas, ignorando os primeiros 15% de cada caminhão.

Uma exceção a norma foi observada na coleta da Obra 5, foi feita uma visita surpresa à obra, e ao chegar no local, o concreto se encontrava despejado no chão do canteiro de obras, foi alegado pelos trabalhadores que o caminhão betoneira ao chegar no local, para agilizar sua viagem despejou o concreto e foi embora, sendo assim o concreto ficou exposto as ações do tempo, o que acelerou o seu processo de pega.

Durante o transporte e manuseio da mistura foi observado uma adição indevida de água no concreto por parte da equipe de trabalho, para que houvesse uma melhor trabalhabilidade do mesmo.

Para a moldagem foi utilizado um corpo de prova cilíndrico com medidas de 10x20 cm, devidamente limpo como mostra a Figura 3.1.

Figura 4.1: Exemplo de molde cilíndrico.



Fonte: acervo dos autores (2018).

3.2.2 Coleta de Dados de Concreto moldado In Loco

Na coleta do concreto moldado in loco, foi constatado a produção do mesmo de duas formas diferentes. Na maior parte das obras o concreto foi produzido com auxílio da betoneira estacionária, como pode ser visto na Figura 3.2.

Figura 3.2: Concreto produzido com auxílio de betoneira.



Fonte: acervo dos autores (2018).

O outro método de construção verificado, foi o método manual com o auxílio de enxadas, onde o concreto é moldado no chão do canteiro de obras a céu aberto, como pode ser observado na Figura 3.3:

Figura 3.3: Concreto moldado de maneira manual com auxílio de enxada.



Fonte: acervo dos autores (2018).

A retirada das amostras de concreto moldado in loco foi feita seguindo a norma regulamentadora para procedimentos de moldagem e cura dos corpos de prova de concreto ABNT NBR 5738 (2003).

Os moldes foram previamente untados com desmoldante, para que facilitasse o momento da desforma. Com uma concha o concreto foi retirado e colocado nos corpos de provas como pode ser visto na Figura 3.4.

Foram coletados quatro corpos de prova de cada obra visitada. As amostras coletadas foram retiradas de duas amassadas diferentes, sendo dois moldes de cada mistura. Os corpos de provas foram preenchidos em duas camadas para que houvesse um melhor adensamento do mesmo dentro do corpo cilíndrico.

Figura 3.4: Colocação do concreto nos moldes.



Fonte: acervo dos autores (2018).

Cada uma das camadas foi adensada com 12 golpes, feitos com uma barra metálica lisa por toda a superfície da forma como instruído em norma, conforme mostra a Figura 3.5.

Figura 3.5: Adensamento do concreto nos moldes.



Fonte: acervo dos autores (2018).

Após fazer os quatro corpos de prova, foi feita a retirada do excesso de concreto encontrado na superfície do corpo de prova com auxílio de uma colher de pedreiro, como é mostrado na Figura 3.6.

Figura 3.6: Retirada do excesso de concreto com auxílio de colher de pedreiro.



Fonte: acervo dos autores (2018).

3.2.3 Cura e Armazenamento do Concreto

Após a moldagem dos corpos de prova, eles foram guardados em um local protegido, sobre uma superfície rígida e livre de vibrações durante as primeiras 24 horas.

Os corpos de prova foram desmoldados logo após as primeiras 24 horas de cura inicial. Antes de serem armazenados os corpos de prova foram devidamente identificados e posteriormente foram armazenados no tanque de cura, onde ficaram por 28 dias, como demonstra a Figura 3.7.

Figura 3.7: Corpos de prova submersos no tanque.



Fonte: acervo dos autores (2018).

3.3 Determinação da resistência do concreto aos 28 dias

O ensaio de rompimento à compressão foi feito de acordo com o que rege a norma ABNT NBR:5739 (2007).

Os corpos de prova cilíndricos foram devidamente arrematados de modo com que suas faces não possuíssem desníveis ou imperfeições. Posteriormente os pratos que vieram a alocar os corpos de prova foram devidamente limpos.

Após isso, os itens a serem ensaiados foram posicionados cuidadosamente, centralizando o prato inferior com o auxílio dos círculos de referência existentes na prensa de maneira que o seu eixo corresponda com o da máquina, gerando assim uma resultante das forças que passaram pelo seu centro, como mostra a Figura 3.8.

Figura 3.8: Rompimento de corpo de prova por meio de prensa hidráulica.



Fonte: acervo dos autores (2018).

A resistência à compressão, em MPa, foi calculada de acordo com as Expressões 3, 4 e 5.

A expressão 3, onde r é o raio do corpo de prova, foi utilizada para calcular a área do corpo de prova (A), em milímetros.

$$A = \pi * r^2 \quad (3)$$

Após isso, foi calculada a resistência em Newtons (N) pela expressão 4. Onde tem-se que F é a força, em Newtons, F_c é a força de compressão retirada da prensa em Tonelada-força (Tf).

$$F = F_c * 10000 \quad (4)$$

Por fim foi utilizada a Expressão 5 para calcular a resistência à compressão (R), em MPa, que é a razão entre a força F e a área do corpo de prova, A .

$$R = \frac{F}{A} \quad (5)$$

3.4 Comparação de resultados

Para a comparação de dados foi utilizada a estatística descritiva, a qual fornece resumos de fácil compreensão sobre as amostras estudadas. O resumo pode ser quantitativo ou visual, podendo formar uma base da descrição de dados inicial, sendo suficientes por si próprios. (SANTOS, 2017). Os mecanismos selecionados para a análise dos dados foram a média aritmética, o desvio padrão, variação de porcentagem e gráficos.

Após os ensaios e com os resultados das resistências dos corpos de provas em mãos, foi feito um cálculo com o objetivo de comparar as resistências conseguidas pelos diferentes tipos de moldagem de concreto, o cálculo foi feito por meio da média aritmética simples. A média aritmética simples nos concede uma medida central, resultante dos somatórios divididos pela quantidade de números que foram somados, como pode ser visto na Expressão 6 (SANTOS, 2017).

$$Xm = \frac{\sum x}{y} \quad (6)$$

Tem-se:

- Xm = Média aritmética.
- Y = Número de amostras.
- X = somatório dos valores encontrados.

Como os resultados apresentaram uma variação, foi utilizado o desvio padrão para se ter uma noção estimada deste desvio. O desvio padrão é uma medida que aponta o quanto o conjunto de dados é constante, ou seja, o quanto ele desvia da média aritmética, como mostrado na Expressão 7 (GOUVEIA, 2018).

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Xi - Xm)^2}{(y-1)}} \quad (7)$$

Tem-se:

- S = Desvio padrão.
- Xi = Dados da amostra.
- Xm = Média aritmética.
- Y = Número de amostras.

O cálculo da porcentagem, por sua vez, levou em consideração uma nova média, encontrada a partir das médias anteriores, as quais foram somadas e divididas pelo número de lotes. A partir desse resultado, foi calculada a variação de porcentagem entre as misturas pela Expressão 8.

$$\Delta\% = \left[\left(\frac{V1}{V2} \right) - 1 \right] * 100 \quad (8)$$

Onde:

- $\Delta\%$ = Variação de porcentagem.
- V1 = Maior valor.
- V2 = Menor valor.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Resistências Características à compressão

Para todos os tipos de concreto, foi exigido que fosse coletado um concreto com uma resistência característica a compressão (F_{ck}) de 20 MPa, os procedimentos para a moldagem dos corpos de prova foram realizados da mesma forma para os dois tipos de concreto, buscando assim uma regularidade nos resultados.

Após a realização de todos os ensaios de rompimento à compressão aos 28 dias, obteve-se os resultados dos 4 (quatro) corpos de prova coletados do concreto rodado em obra conforme mostra o Quadro 4.1:

Quadro 4.1: Resistências ao rompimento do concreto produzido no canteiro de obras.

Lotes	Resistência Compressão 1 (MPa).	Resistência Compressão 2 (MPa).	Resistência Compressão 3 (MPa).	Resistência Compressão 4 (MPa).
Lote 1	6,81	6,37	6,70	6,95
Lote 2	19,79	19,95	18,36	18,33
Lote 3	10,86	10,75	11,64	11,68
Lote 4	15,22	15,53	13,08	14,57
Lote 5	8,80	8,31	8,14	7,44
Lote 6	9,85	9,94	10,13	9,98
Lote 7	16,68	16,99	18,49	16,02
Lote 8	16,09	16,82	16,97	15,41
Lote 9	10,30	10,38	10,12	10,21

Fonte: Dados da pesquisa (2018).

Todos os lotes de concreto rodado em obra foram utilizados para execução de pilar. Os lotes 2 (dois), 3 (três), 4 (quatro), 7 (sete), 8 (oito) e 9 (nove) foram produzidos com auxílio da betoneira e tiveram um maior controle de dosagem. Foram coletados corpos de provas cilíndricos de duas amassadas diferentes.

Já os lotes 1 (um), 5 (cinco) e 6 (seis) de concreto rodado em obra não tiveram controle de dosagem mais cuidadoso quanto aos outros.

O lote de número 1 (um) não teve um controle adequado da quantidade de água/cimento e agregados, uma vez que, o concreto estava sendo executado no chão

de forma manual, com auxílio de enxada. Também foi constatado que não havia um responsável técnico e nem mesmo um projeto estrutural na obra.

O lote 5 (cinco) também foi rodado no chão de forma manual, com o auxílio de enxada, sem projeto estrutural e sem um responsável técnico. Vale ressaltar que no dia da concretagem, chovia, e a mistura foi executada em local descoberto, atrapalhando a dosagem desejada para o concreto.

O lote de número 6 (seis), apesar de ter um projeto estrutural e um responsável técnico, não seguiu corretamente as exigências impostas pela ABNT NBR:6118:2014. O concreto também foi virado de forma manual, com a utilização de enxada, porém, o ponto mais impactante foi a adição de água do Rio Caratinga para a execução da mistura, que de acordo com a ABNT NBR:15900 (2009) não é uma água adequada para esse uso.

Também após os 28 dias de cura, foram realizados os testes de rompimento à compressão dos corpos de prova do concreto produzido em central de usinagem, os resultados podem ser vistos no Quadro 4.2

Quadro 4.2: Resistências médias ao rompimento do concreto usinado.

Lotes	Resistência Compressão 1 (MPa).	Resistência Compressão 2 (MPa).	Resistência Compressão 3 (MPa).	Resistência Compressão 4 (MPa).
Lote 1	20,22	20,51	19,97	20,83
Lote 2	22,39	22,51	23,48	23,25
Lote 3	19,66	19,51	20,25	20,54
Lote 4	23,08	23,52	24,44	24,13
Lote 5	12,29	12,13	12,78	12,48
Lote 6	22,81	23,16	22,95	23,22
Lote 7	21,82	22,16	22,01	21,93
Lote 8	21,65	21,38	22,07	21,86
Lote 9	21,42	20,38	21,02	20,74

Fonte: Dados da pesquisa (2018).

Para os lotes de concreto usinado, as amostras foram retiradas do centro e dos finais das cargas, desprezando os primeiros 15% de cada caminhão, como rege a norma ABNT NBR:12655 (1996). O concreto foi bombeado diretamente nas formas de vigas e lajes.

Diferentemente de como ocorreu com os demais lotes, o lote de número 5 (cinco) apresentou uma particularidade, o concreto ao invés de ser bombeado diretamente para as formas, foi despejado no chão próximo ao canteiro de obras ficando exposto as ações do tempo, também foi constatada a adição de água na mistura antes dela ser levada para seu destino final.

Em cada obra foram retiradas 4 (quatro) amostras, com os valores das resistências obtidos, foi possível calcular a resistência à compressão média e o desvio padrão. O Quadro 4.3 demonstra os valores das médias do concreto rodado em obra.

Quadro 4.3: Resistências médias ao rompimento do concreto e desvio padrão das moldagens in loco.

Lotes	Resistência Compressão Média (MPa).	Desvio Padrão (MPa).
Lote 1	6,71	0,2472
Lote 2	19,11	0,8830
Lote 3	11,23	0,4959
Lote 4	14,60	1,0894
Lote 5	8,17	0,5628
Lote 6	9,97	0,1168
Lote 7	17,05	1,0448
Lote 8	17,07	0,7196
Lote 9	10,25	0,1124

Fonte: Dados da pesquisa (2018).

Pelas médias gerais de resistência a compressão obtidas podemos perceber que o Lote 1 (um) e 5 (cinco) que foram moldados no chão e não tiveram um controle exato dos materiais utilizados obtiveram uma resistência muito baixa em comparação aos outros lotes. Assim como o Lote de número 6 (seis) que utilizou a água para a mistura do Rio Caratinga.

Segundo Freitas (2016), a utilização de uma água não potável interfere na resistência e durabilidade da estrutura pois há presença de matéria orgânica na mesma, o que também propicia o aparecimento de manchas e é bastante prejudicial para as armaduras de aço.

O Quadro 4.4 demonstra os valores das médias e dos desvios padrões do concreto produzido na central de usinagem.

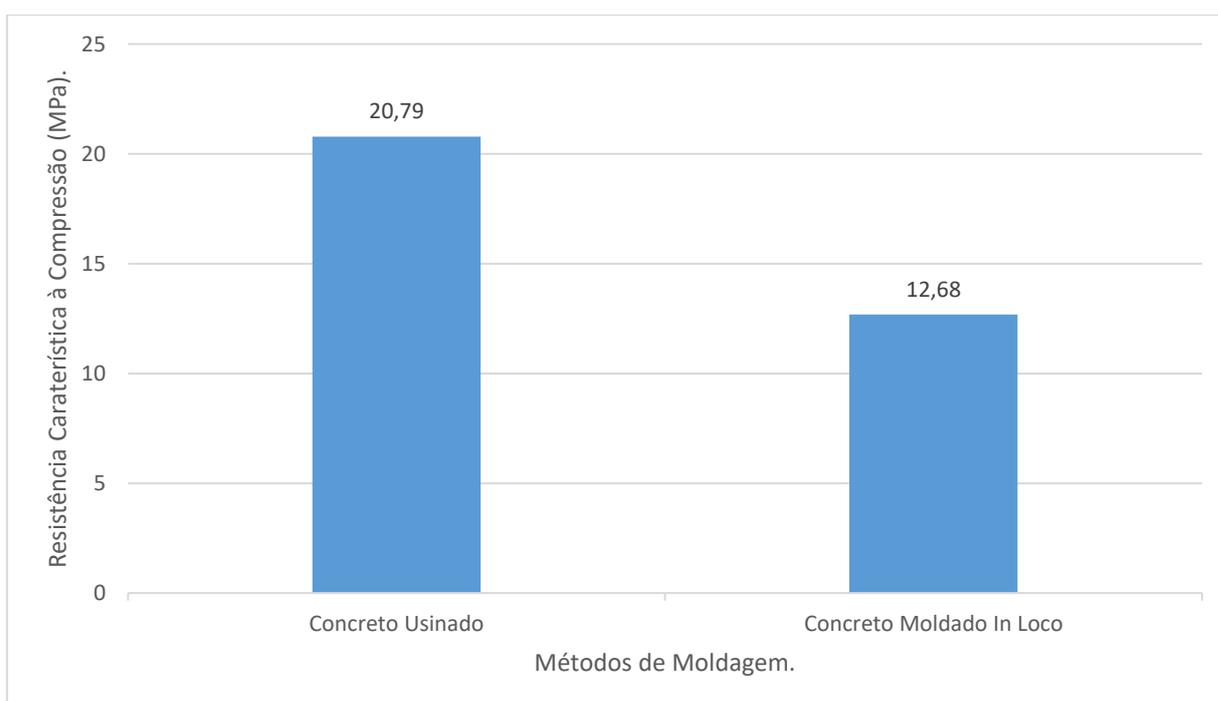
Quadro 4.4: Resistências médias ao rompimento do concreto usinado.

Obras	Resistência Compressão Média (MPa).	Desvio Padrão (MPa).
Lote 1	20,38	0,3711
Lote 2	22,91	0,5388
Lote 3	19,99	0,4863
Lote 4	23,79	0,6097
Lote 5	12,42	0,2794
Lote 6	23,03	0,1895
Lote 7	21,98	0,1431
Lote 8	21,74	0,2950
Lote 9	20,89	0,4398

Fonte: Dados da pesquisa (2018).

Como podemos perceber o Lote de número 5 (cinco) apresentou resistência bem inferior em relação aos outros, uma vez que a mistura ficou exposta ao calor do sol e foi adicionada uma quantidade relativa de água. Segundo Freitas (2016), a água é um catalisador da retração, assim como a exposição excessiva ao calor do sol.

Com os resultados apresentado das medias de resistência característica à compressão dos métodos de moldagem, se conseguiu uma média geral dos dois tipos de concreto estudado, dado pela Figura 4.1.

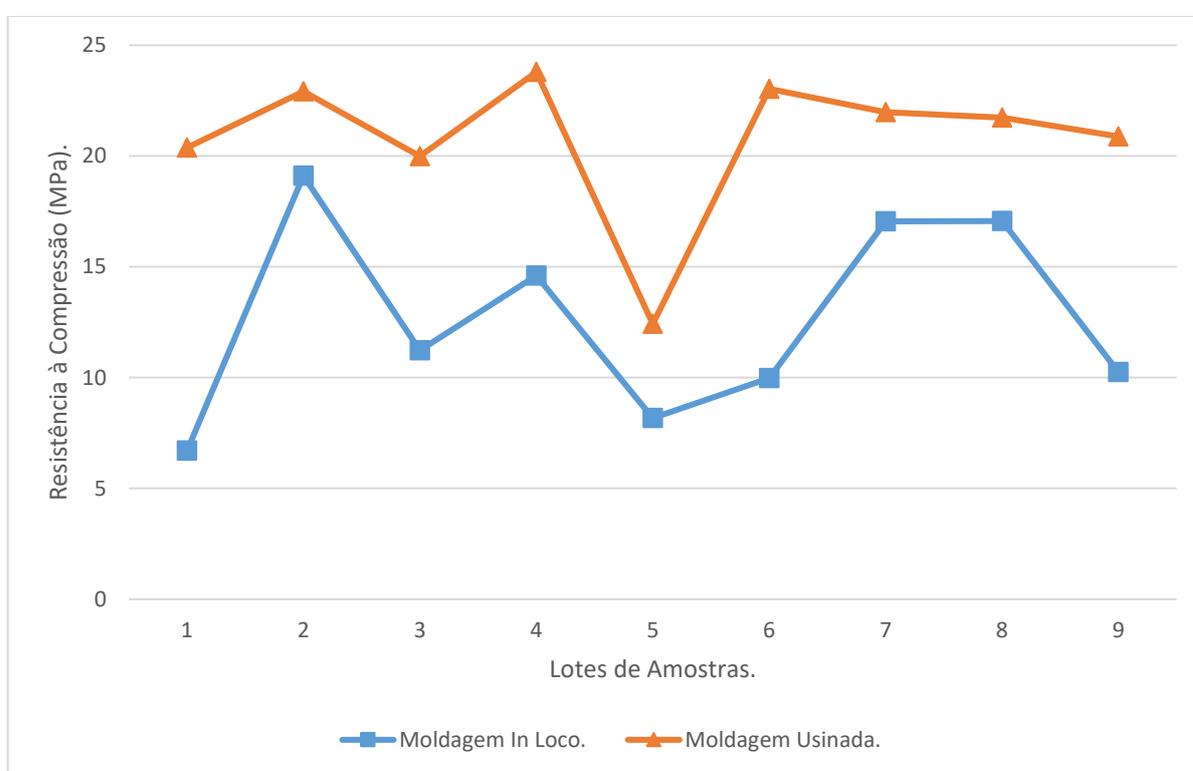
Figura 4.1: Média geral de resistência à compressão.

Fonte: Dados da pesquisa (2018).

A partir dos valores encontrados, foi possível calcular a variação da porcentagem, referente à média geral dos dois tipos de concreto. Assim, analisou-se que o concreto moldado em central de usinagem obteve uma resistência característica à compressão aproximadamente 64% maior do que o concreto rodado em obra.

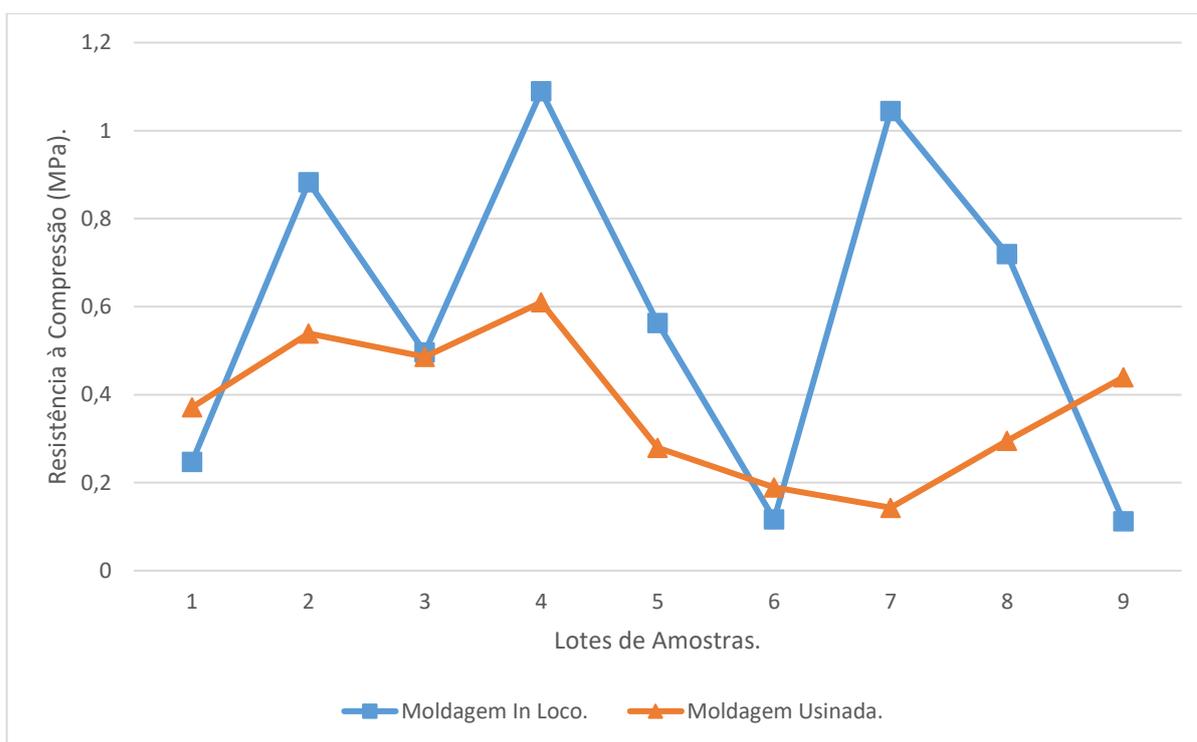
Com os resultados obtidos pelos quadros percebe-se que, os valores de resistência à compressão do concreto usinado em geral foram maiores que os moldados in loco, como pode ser visto na Figura 4.2.

Figura 4.2: Comparativo da resistência à compressão entre os métodos de moldagem.



Fonte: Dados da pesquisa (2018).

Já na Figura 4.3 podemos ver os valores dos desvios padrões e perceber que os resultados da moldagem em central de usinagem apresentam uma regularidade maior que a moldagem in loco, logo é um método mais confiável de produção de concreto.

Figura 4.3: Variação de desvio padrão entre os métodos de moldagem.

Fonte: Dados da pesquisa (2018).

Os resultados obtidos são compatíveis com pesquisas de outras regiões, segundo Maxoel Habitzreiter (2015), da Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul (UNIJUI), o qual os apontou a resistência à compressão média de 23,52 MPa para o concreto usinado e 11,17 MPa para o concreto feito em canteiro de obras, ou seja, o concreto usinado apresenta cerca de 110% a mais de resistência do que o concreto moldado em obras, o que demonstra que o problema em questão não é apenas regional, podendo abranger boa parte do território nacional.

4.2 Verificação de controle tecnológico

Foi verificado nas 9 (nove) obras visitadas que não havia qualquer controle do concreto rodado em obra, seja por parte dos trabalhadores, seja por parte do responsável técnico pela execução da edificação.

Para o concreto usinado foi notado que há um controle tecnológico por parte da empresa de concretagem, que retira os corpos de prova antes da mistura ser levada para o canteiro de obras e realiza testes de compressão para controle próprio.

Já por parte do responsável técnico pela obra, não foi averiguado qualquer preocupação com testes para verificação do concreto recebido.

5 CONCLUSÃO

O presente trabalho, identificou as diferenças entre a resistência à compressão do concreto rodado em obra e do concreto produzido em central de usinagem. Foram visitadas 9 obras na cidade de Caratinga/MG, as quais utilizaram os dois métodos de produção de concreto. Devido ao pequeno número de obra visitadas, e o pequeno número de amostras coletadas por obra, não se pode generalizar o resultado encontrado para toda a região, por isso trabalhou-se com uma resistência média à compressão, que serve como indicativo da resistência à compressão.

Conforme foi observado, houve uma grande discrepância entre os resultados, sendo que o concreto moldado in loco obteve resistências bem inferiores ao concreto produzido em central de usinagem.

Observa-se que o concreto produzido pela central de usinagem deveria atingir uma resistência característica à compressão de projeto de 20 MPa, e obteve uma média de resistência de 20,79 MPa com 28 dias de cura.

O concreto moldado in loco por betoneira estacionária ou de forma manual com auxílio de enxadas também deveria atingir uma resistência à compressão de projeto de 20 MPa. Contudo, a mistura não alcançou a resistência desejada, visto que este apresentou uma média de resistência característica à compressão de 12,68 MPa com 28 dias de cura.

Com os resultados obtidos, fica evidente que para as obras analisadas no presente estudo o concreto moldado em central de usinagem possui resistência característica à compressão cerca de 64% maior que o concreto moldado in loco.

Por ser uma peça estrutural que demanda uma menor quantidade de volume de concreto, geralmente para o pilar muito se utiliza o método de produção in loco, seja com betoneiras estacionárias, seja pelo método manual com auxílio de enxadas.

Além disso, na região estudada, muitas construções de residências e pequenos edifícios tem uma certa negligência com o projeto estrutural, pois confia-se na experiência de empreiteiros para a definição da quantidade dos materiais que serão utilizados na mistura do concreto. Tais profissionais utilizam-se de técnicas empíricas e intuitivas na tentativa de garantir a segurança da construção.

Diante dos resultados alcançados e das observações feitas em obra, conclui-se que o concreto produzido em central de usinagem tem nítidas vantagens sobre o concreto moldado in loco, uma vez que apresenta maior resistência à compressão e

melhor controle de produção. Sendo assim, o equilíbrio ideal entre segurança, economia e durabilidade de uma edificação é indubitavelmente alcançado com auxílio de uma boa execução de projeto e de um acompanhamento técnico adequado.

REFERÊNCIA BIBLIOGRAFICA

- ANDRADE, J. J. O. **Durabilidade das estruturas de concreto armado: Análises das manifestações patológicas nas estruturas no estado de Pernambuco**. Porto Alegre. 1997. Dissertação de mestrado (Engenharia Civil). UFRGS. 1997.
- ARAÚJO, J. M. **Curso de concreto armado**. 2. ed. Rio Grande, 2014.v.2.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 15900: **Água para amassamento do concreto**. Rio de Janeiro, 2009.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 7211: **Agregados para concreto - Especificação**. Rio de Janeiro, 2005.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 12655: **Concreto de cimento Portland – Preparo, controle, recebimento e aceitação**. Rio de Janeiro, 2015.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 15575: **Edificações Habitacionais – Desempenho** - Rio de Janeiro, 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 14859-1: **laje pré-fabricada – requisitos parte 1: lajes unidirecionais**. Rio de Janeiro, 2002.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 6118: **projeto de estruturas de concreto: procedimento**. Rio de Janeiro, 2014.
- AZEREDO, Hélio. **O edifício até sua cobertura**. 2. Ed. SÃO PAULO: EDITORA EDGARD BLOCHER, 1997.
- BAUER, Luiz A. Falcão. **Materiais de Construção**. 5. ed. 5. re. rev. Rio de Janeiro: Ed. LTC, 2001.
- BASTOS, Paulo. **Estruturas de concreto armado. Estruturas de concreto I – Notas de aula**, Bauru, Universidade Estadual Paulista – UNESP, Departamento de Engenharia Civil, 2014.
- BATTAGIN, Arnaldo Forti. **Cimento Portland. Concreto: ciência e tecnologia**. Ed. G. C. ISAIA. – São Paulo: IBRACON. 2011. vol 1.
- BORGES, Alberto Nogueira. **Curso prático de cálculo em concreto armado**. 4.impressão.Rio de Janeiro, 2013.
- CARVALHO, Roberto; FILHO, Figueiredo. **Cálculo e detalhamento de estruturas usais de concreto armado**. 4. Ed. 2. Re. São Carlos: Editora. EdUFSCar, 2016.
- FREITAS, José. **Traço de concreto: a importância do controle de água**. Disponível em: < <https://www.mapadaobra.com.br/inovacao/traco-de-concreto-a-importancia-do-controle-de->

agua/?doing_wp_cron=1542999004.8996920585632324218750 >. Acesso em: 20/11/2018.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 3 ed. São Paulo: Atlas, 1991.

GOUVEIA, Rosimar. **Desvio padrão**. Disponível em: < <https://www.todamateria.com.br/desvio-padrao/> >. Acesso em 19 de novembro de 2018.

GRAZIANO, F. P. **Projeto e execução de estruturas de concreto armado**. 1. Ed. São Paulo: Nome da Rosa, 2005.

HABITZREITTER, Maxoel. **Estudo comparativo entre concreto usinado e concreto produzido no canteiro de obras**. Dissertação (TCC), Ijuí Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul – UNIJUI, 2015.

HELENE, Paulo; ANDRADE, Tibério. **Concreto de Ciment Portland. Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais**. Ed. G. C. ISAIA. – São Paulo: IBRACON. 2007. vol 2.

HELENE, P.; TERZIAN, P. **Manual de dosagem e controle do concreto**. São Paulo: Pini, 1993.

ISAIA, Geraldo Cechella. **A água no concreto. Concreto: ciência e tecnologia**. Ed. G. C. ISAIA. – São Paulo: IBRACON. 2011. vol 1.

LAGUNA, Antônio; IKEMATSU, Paula, **A influência da temperatura na desforma do concreto**. Disponível em: <<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/150/artigo286635-2.aspx>>. Acesso em 22 de Agosto de 2018.

LISERRE, L. **Sistema computacional com geração de dados e visualização de resultados para estrutura de edifícios**. Dissertação (Mestrado), São Carlos, Escola de Engenharia de São Carlos – USP, Departamento de Engenharia de Estruturas, 2003.

MARTHA, A. **Informação de Estruturas: Conceitos e Métodos Básicos**. 2. Ed. Brasil: Elsevier, 2017.

MANUAL DO ARQUITETO. **Sistemas estruturais: Elementos De concreto armado**. Disponível em: < <http://www.manualdoarquiteto.com.br/2017/08/sistemas-estruturais-elementos.html> >. Acesso em 24 de setembro de 2018.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, Paulo J. M. **Concreto: estrutura, propriedades e materiais**. São Paulo, SP: Pini, 1994.

MEHTA, K.P.; MONTEIRO, P.J.M. **Concreto: Microestrutura, Propriedades e Materiais**. São Paulo: IBRACON, 2008.

NEVILLE, A. M. **Propriedades do concreto**. 2. Ed. ver. e atual. São Paulo: Pini, 1997.

PETRUCCI, Eladio G. R. **Concreto de Cimento Portland**. 5. ed. rev. Porto Alegre: Ed. Globo, 1978.

PETRUCCI, G. R. P. **Concreto de cimento Portland**. 12 ed. São Paulo: Globo, 1993.

PINHEIRO, Libânio; MUZARDO, Cassiane; SANTOS, Sandro. **Fundamentos do concreto e projetos de edifícios**. Dissertação, São Carlos, Escola de Engenharia de São Carlos – USP, Departamento de Engenharia de Estruturas, 2007.

REGATTIERI, Carlos Eduardo Xavier; MARANHÃO, Flávio Leal. **Produção e controle de concreto dosado em central**. CONCRETO: CIÊNCIA E TECNOLOGIA. Ed. G. C. ISAIA. – São Paulo: IBRACON. 2011. vol 1.

REDAÇÃO AECWEB. **Traço do concreto deve ser ajustado para as necessidades de cada projeto**. Disponível em: < https://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/traco-do-concreto-deve-ser-ajustado-para-as-necessidades-de-cada-projeto_16199_10_0 >. Acesso em: 01/11/2018.

SANTOS, Virgílio. **Estatística descritiva básica e centralidade**. Disponível em: < <https://www.fm2s.com.br/estatistica-descritiva-basica-e-centralidade/> >. Acesso em: 21 de novembro de 2018.

SCHNEIDER, Sergio; SCHIMITT, Cláudia Job. **O uso do método comparativo nas Ciências Sociais**. Cadernos de Sociologia, Porto Alegre, v. 9, 1998.

VANESSA BORDIN. **Nova norma da ABNT estabelece critérios para o uso da água em concreto**. Entrevista com Arnaldo Battagin. Disponível em: < <http://www.cimentoitambe.com.br/nova-norma-da-abnt-estabelece-criterios-para-o-uso-de-agua-em-concreto/> >. Acesso em 15 de outubro de 2018.