



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CAMPUS DE CRATEÚS
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

DANIEL GOMES DIÓGENES

LEVANTAMENTO DAS AÇÕES DE CONTROLE DE QUALIDADE DE
ESTRUTURAS EM CONCRETO ARMADO EM EDIFICAÇÕES NA CIDADE DE
CRATEÚS - CE

CRATEÚS
2019

DANIEL GOMES DIÓGENES

LEVANTAMENTO DAS AÇÕES DE CONTROLE DE QUALIDADE DE ESTRUTURAS
DE CONCRETO ARMADO EM EDIFICAÇÕES NA CIDADE DE CRATEÚS - CE

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Civil.

Área de concentração: Materiais e métodos construtivos.

Orientadora: Prof. Ma. Heloína Nogueira da Costa.

CRATEÚS

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

D6221 Diógenes, Daniel Gomes.

Levantamento das ações de controle de qualidade de estruturas de concreto armado em edificações na cidade de Crateús-CE / Daniel Gomes Diógenes. – 2019.
90 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Campus de Crateús, Curso de Engenharia Civil, Crateús, 2019.

Orientação: Profa. Ma. Heloína Nogueira da Costa.

1. Concreto armado. 2. Controle de qualidade. 3. Tecnologia da construção. I. Título.

CDD 620

DANIEL GOMES DIÓGENES

LEVANTAMENTO DAS AÇÕES DE CONTROLE DE QUALIDADE DE ESTRUTURAS
DE CONCRETO ARMADO EM EDIFICAÇÕES NA CIDADE DE CRATEÚS – CE.

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Civil.
Área de concentração: Materiais e métodos construtivos.

Aprovada em: ___/___/_____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Ma. Heloína Nogueira da Costa (Orientadora)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Me. Luís Felipe Cândido
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Me. Bruno Noronha Rodrigues
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE)

Aos meus pais, Luis e Isabel.

AGRADECIMENTOS

Aos meus familiares e amigos pela paciência e ajuda irrestrita em todos os momentos da minha vida.

À Professora Me. Heloína Nogueira da Costa, pela sua contribuição e empenho para melhorar este trabalho através da sua orientação.

À Universidade Federal do Ceará por me proporcionar essa formação.

“A mente que se abre a uma nova ideia jamais
voltará ao seu tamanho original.”

Albert Einstein

RESUMO

A construção civil, como um setor da indústria, vivencia constante aperfeiçoamento e melhoria, e as edificações em concreto armado são um dos principais sistemas construtivos empregados. Nesse sentido, a cidade de Crateús-CE depara-se com crescimento imobiliário e instalação de órgãos públicos, e conseqüentemente, há o aumento da construção de edificações em concreto armado na região. Logo, tem-se a necessidade de verificar aspectos importantes da concepção dessas edificações, a partir da identificação dos materiais empregados no concreto estrutural, processos de serviço de concretagem e o controle tecnológico e de qualidade do concreto, a fim de que seja elaborado guia de boas práticas para a execução de estruturas em concreto armado. Nessa perspectiva, a partir de visitas técnicas e realização de entrevistas com os responsáveis em três obras de instituições públicas, três obras de edificações comerciais de investimento privado e três de edificações residenciais de subsídio privado, totalizando o estudo de caso de nove obras em diferentes estágios de execução de elementos em concreto armado, pode-se verificar a predominância de serviços manuais e baixo controle tecnológico e de qualidade do concreto em grande parte das obras analisadas. A partir dos resultados obtidos foi possível criar o guia de boas práticas para a concepção de edificações em concreto armado na cidade de Crateús.

Palavras-chave: Concreto armado. Controle de qualidade. Tecnologia da construção.

ABSTRACT

Construction, as an industry sector, is constantly improving, and reinforced concrete buildings are one of the main building systems employed. In this sense, the city of Crateús-CE is facing real estate growth and installation of public agencies, consequently, there is the increase of construction of reinforced concrete buildings in the region. Therefore, it is necessary to verify important aspects of the design of these buildings, from the identification of the materials used in the structural concrete, concreting service processes and the technological and quality control of the concrete, so that a guide for good practices for the execution of reinforced concrete structures. From this perspective, with technical visits and interviews with those responsible for three works of public institutions, three works of privately financed commercial buildings and three of private subsidy residential buildings, totaling the case study of nine works at some stage. In the execution of reinforced concrete elements, it can be verified the predominance of manual services and low technological and quality control of the concrete in most of the analyzed works. From the results obtained, it was possible to create a good practice guide for the design of reinforced concrete buildings in the city of Crateús.

Keywords: Reinforced concrete. Quality Control. Construction Tecnology.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Síntese das seções do trabalho	17
Figura 2 – Etapas de edificações em concreto armado e o papel dos materiais de construção.....	19
Figura 3 – Areia natural e areia de britagem.....	22
Figura 4 – Cercado de madeira para armazenamento de agregado miúdo.....	23
Figura 5 – Representação simplificada das etapas executivas de concreto armado.....	26
Figura 6 – Lei da evolução dos custos.....	27
Figura 7 – Mistura mecânica de concreto.....	28
Figura 8 – Mistura manual do concreto.....	29
Figura 9 – Métodos de transporte de concreto na obra.....	30
Figura 10 – Lançamento de concreto em parede alta.....	31
Figura 11 – Processo de adensamento mecânico por meio de agulha vibratória.....	32
Figura 12 – Parâmetros relevantes no estudo da dosagem.....	35
Figura 13 – Procedimento do ensaio de abatimento de tronco de cone.....	37
Figura 14 – Moldagem de corpos de prova cilíndricos.....	38
Figura 15 – Mapa da cidade com a localização aproximada das obras visitadas.....	41
Figura 16 – Fluxograma do processo de coleta e tratamento de dados.....	43
Figura 17 – Etapas de execução de concreto armado	46
Figura 18 – Armazenamento de materiais na obra A1	47
Figura 19 – Armazenamento de materiais na obra A2	47
Figura 20 – Armazenamento de materiais na obra A3	48
Figura 21 – Armazenamento de materiais na obra B1	48
Figura 22 – Armazenamento de materiais na obra B2	49
Figura 23 – Armazenamento de materiais na obra B3	49

Figura 24 – Armazenamento de materiais na obra C1	50
Figura 25 – Armazenamento de materiais na obra C2	50
Figura 26 – Armazenamento de materiais na obra C3	51
Figura 27 – A) Lançamento e espalhamento do concreto em laje; B) Cura de laje.....	53
Figura 28 – Elemento de fundação ainda com fôrmas.....	54
Figura 29 – Estocagem de materiais feita na obra C.....	55
Figura 30 – Trator retroescavadeira utilizado no transporte de concreto.....	56
Figura 31 – Armazenamento de água para amassamento da obra.....	57
Figura 32 – Mistura manual do concreto na obra B3.....	58
Figura 33 – Mistura manual do concreto na obra C1.....	59
Figura 34 – Local de armazenamento e mistura de materiais componentes do concreto....	61
Figura 35 – Esquema de armazenamento de agregados em obra.....	66
Figura 36 – Empilhamento de sacos de cimento.....	66
Figura 37 – Armazenamento de aço em canteiros.....	67
Figura 38 – Esquema de mesa de dobramento vista por cima.....	68
Figura 39 – Espaçadores em pilar	69
Figura 40 – Utilização de espaçadores de concreto no posicionamento das armaduras.....	69
Figura 41 – Betoneira de eixo inclinado.....	70
Figura 42 – Balde com graduação de volume em litros.....	71
Figura 43 – Equipamentos para transporte horizontal de concreto: A) carrinhos de mão; B) jericá; C) passarelas de movimentação de concreto.....	72
Figura 44 – Funil para lançamento de concreto.....	73
Figura 45 – Posicionamento de vibradores agulha em concreto fresco.....	73
Figura 46 – Cura por recobrimento úmido de laje.....	74
Figura 47 – Cura por aspersão de água na superfície do concreto.....	74
Figura 48 – Medição do abatimento do concreto com auxílio de trena.....	75

Figura 49 – Moldagem de corpos de prova. A) Preenchimento em camadas B) Adensamento C) Arrasamento do corpo de prova.....	76
Figura 50 – Mapa de concretagem.....	77

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Relação entre as propriedades do concreto e características do agregado	22
Tabela 2 – Especificações de projeto da obra A1	52
Tabela 3 – Diâmetro dos pinos de dobramento	68

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Normas utilizadas na elaboração de guia de boas práticas	44
Quadro 2 – Síntese dos pontos críticos do Grupo A	61
Quadro 3 – Síntese dos pontos críticos do Grupo B	62
Quadro 4 – Síntese dos pontos críticos do Grupo C	62

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
NBR	Norma Brasileira Regulamentar
CP	Cimento Portland
ART	Anotação de responsabilidade técnica

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	Contextualização e justificativa da pesquisa	14
1.2	Objetivos	16
<i>1.2.1</i>	<i>Objetivo geral</i>	16
<i>1.2.2</i>	<i>Objetivos específicos</i>	16
1.3	Delimitação	16
1.4	Estrutura da pesquisa	17
2	REFERENCIAL TEÓRICO	18
2.1	Estruturas de concreto armado	18
<i>2.1.1</i>	<i>Materiais componentes</i>	20
<i>2.1.2.1</i>	<i>Cimento Portland</i>	20
<i>2.1.2.2</i>	<i>Agregados</i>	21
<i>2.1.2.3</i>	<i>Adições minerais e aditivos químicos</i>	24
<i>2.1.2.4</i>	<i>Aço</i>	25
2.2	Etapas de execução	25
<i>2.2.1</i>	<i>Mistura</i>	27
<i>2.2.2</i>	<i>Transporte</i>	29
<i>2.2.3</i>	<i>Lançamento</i>	31
<i>2.2.4</i>	<i>Adensamento</i>	31
<i>2.2.5</i>	<i>Cura</i>	32
2.3	Controle tecnológico	34
<i>2.3.1</i>	<i>Estudo de dosagem</i>	35
<i>2.3.2</i>	<i>Propriedades do concreto no estado fresco</i>	36
<i>2.3.3</i>	<i>Propriedades do concreto no estado endurecido</i>	38
3	MÉTODO DE PESQUISA	40
3.1	Caracterização das obras	40
3.2	Procedimento de pesquisa	42
<i>3.2.1</i>	<i>Levantamento e tratamento de dados</i>	42
<i>3.2.2</i>	<i>Elaboração do guia de boas práticas</i>	43
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	45

4.1	Apresentação de resultados	45
4.1.1	<i>Aspectos gerais</i>	45
4.1.2	<i>Obra A1</i>	51
4.1.3	<i>Obra A2</i>	53
4.1.4	<i>Obra A3</i>	55
4.1.5	<i>Obra B1</i>	56
4.1.6	<i>Obra B2</i>	57
4.1.7	<i>Obra B3</i>	58
4.1.8	<i>Obra C1</i>	59
4.1.9	<i>Obra C2</i>	60
4.1.10	<i>Obra C3</i>	60
4.2	Discussão dos aspectos críticos	61
4.3	Guia de boas práticas de serviços de concretagem	65
4.3.1	<i>Recebimento e armazenamento dos componentes do concreto armado</i>	65
4.3.2	<i>Corte, dobra e posicionamento das armaduras</i>	67
4.3.3	<i>Mistura, transporte, lançamento, adensamento e cura do concreto</i>	70
4.3.4	<i>Controle tecnológico do concreto</i>	75
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	78
	REFERÊNCIAS	80
	ANEXO A – ROTEIRO DE ENTREVISTA	86

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização e justificativa da pesquisa

A construção civil possui significativa influência no desenvolvimento econômico de uma nação - e é responsável pela geração de empregos, pelo estímulo ao setor de serviços e pelo consumo de matéria-prima e equipamentos (HONORIO, 2002). O Brasil tem o setor industrial da construção civil como um importante indicativo de progresso socioeconômico, com elevada empregabilidade direta, em vista de ser uma alternativa para indivíduos que detém, majoritariamente, conhecimentos empíricos, por exemplo.

O ambiente da construção demanda evolução e melhoria contínua, objetivos delineados e decisões bem fundamentadas teoricamente, para garantir que a qualidade e desempenho do produto final sejam suficientemente competitivos. Portanto, é importante priorizar o controle de recursos e otimizar o gerenciamento dos serviços (ELONEN, ARTTO, 2003).

Embora, tenha-se observado o aumento do nível de exigência dos clientes, isso não refletiu no aumento da qualidade dos serviços em algumas construtoras, que permanecem aplicando técnicas construtivas obsoletas e mantendo hábitos rudimentares, sem fundamentação científica, principalmente, na execução de estruturas de concreto armado (OLIVEIRA, 2017).

Depois da água, o concreto é o material de construção mais utilizado no mundo e o concreto armado, o sistema estrutural mais empregado. No entanto, a durabilidade desse material, quando submetido a condições nocivas, é afetada facilmente, diminuindo seu desempenho e sua integridade (ANDRADE, 2005). Alguns fatores, como dosagem inadequada, maneira de misturar, deslocar, lançar, adensar e curar incorretos, ocasionam manifestações patológicas prematuras, que demandam recursos para o seu reparo (FIGUEIREDO, 2005).

Ressalta-se que, mesmo com o aperfeiçoamento das técnicas construtivas e metodologias de cálculo, o que favorece o aumento da produtividade, menores custos e a implantação de estruturas mais esbeltas, também se observa redução do cobrimento de armaduras e aumento de tensões de trabalho, o que pode significar menor durabilidade (RIBEIRO; CASCUDO, 2018).

Mesmo com o projeto estrutural bem elaborado e com uso de técnicas construtivas mais modernas, no canteiro de obras de uma construção em concreto, há diversas variáveis

que podem afetar as propriedades desse compósito (NEVILLE; BROOKS, 2013). Um desses fatores é a distribuição heterogênea de seus componentes sólidos, a formação de vazios por deficiência na seleção de materiais ou no adensamento, a baixa hidratação dos compostos do cimento, a perda excessiva de água, causando retração, entre outros (RIBEIRO, 2018). Essas variáveis tornam o entendimento do seu comportamento complexo, embora seja um material simples de manusear e por isso, muitas vezes, não há preocupação em seguir padrões normativos, dificultando a melhoria da qualidade de estruturas em concreto armado em regiões que vivenciam aumento da construção de edificações.

Nessa perspectiva, a cidade de Crateús no interior do Ceará, distante cerca de 350 km de Fortaleza, defronta-se com o crescimento do mercado imobiliário, devido a instalação de instituições públicas, como a Universidade Federal do Ceará (UFC), Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE) , Escola Profissionalizante, Núcleo de Perícia Forense (PEFOCE) e Unidades Básicas de Saúde (UBS), situados em zonas descentralizadas, que viabilizam criação de novos bairros residenciais localizados próximos a essas instituições.

Nesse sentido, o crescimento imobiliário em Crateús tem se destacado nos últimos anos, em vista do aumento da demanda por construção de moradias, edificações e demais empreendimentos na região, apresentando saldo positivo do mercado imobiliário do Ceará (DIÁRIO DO NORDESTE, 2012; DIÁRIO DO NORDESTE, 2018). No entanto, apesar do progresso no número de edificações na região, isso não fomentou a busca da melhoria na qualidade das construções.

Práticas construtivas rudimentares e de baixa eficiência mantêm-se amplamente executadas na localidade - Por exemplo, é comum o armazenamento de materiais de construção em calçadas, sujeitos a contaminação, assim como, a mistura manual do concreto sem os devidos cuidados de execução. Além disso, nem sempre há o cuidado com a consistência da mistura para o adensamento e com a cura do concreto, medidas de cautela imprescindíveis para uma região com elevadas temperaturas durante todo o ano.

Sabe-se que as propriedades do concreto endurecido são bastante influenciadas pela qualidade dos materiais componentes, pelo proporcionamento adequado da mistura, assim como, pela qualidade do adensamento efetuado. Desse modo, torna-se indispensável o controle de qualidade dos materiais, da dosagem, além da trabalhabilidade do concreto fresco e das etapas de execução, como o transporte, lançamento, adensamento e acabamento de forma simples (NEVILLE; BROOKS, 2013).

Nesse contexto, segundo a norma NBR 12655 (ABNT, 2015), atribui-se ao

responsável técnico pela execução da obra todas as etapas de concretagem, desde a escolha da modalidade de preparo até a rastreabilidade do concreto lançado na estrutura. A mesma norma destaca a necessidade do cuidado na escolha do processo construtivo, considerando condições ambientais e peculiaridades dos materiais de construção, assim como, a importância no controle de qualidade dos materiais que compõem a mistura, não devendo apresentar substâncias prejudiciais em quantidades que afetem a durabilidade e vida útil.

Dentro desse escopo, ressalta-se a necessidade de o setor da construção civil local atentar-se a fatores como o acompanhamento e controle de qualidade de obras de concreto, desde a seleção dos materiais, da preparação da massa, da pós-concretagem, até o seu estado de conservação durante uso. Por meio de acompanhamento técnico e de supervisão adequada das edificações, pode-se gerar a melhoria nesse sistema construtivo, que é predominante na região de Crateús, conseqüentemente, pode-se obter ganhos no desenvolvimento da cidade e na expansão do setor, além de assegurar segurança, estética e durabilidade nas construções civis de Crateús.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

Levantar os procedimentos de controle de qualidade de estruturas de concreto armado em obras de edificações na cidade de Crateús-Ce.

1.2.2 Objetivos específicos

- a) Identificar os tipos de materiais utilizados na produção de concreto estrutural;
- b) Identificar os procedimentos de controle de qualidade dos materiais utilizados na produção de concreto estrutural;
- c) Identificar os processos referentes aos serviços de concretagem;
- d) Verificar os procedimentos de controle tecnológico do concreto;
- e) Elaborar guia de boas práticas nos serviços de concretagem.

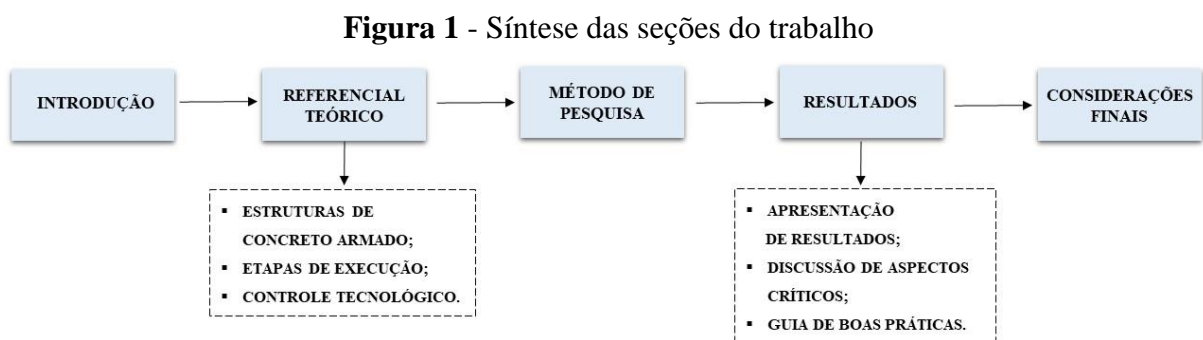
1.3. Delimitação

O objeto de estudo dessa pesquisa se delimitou em reunir informações sobre os procedimentos empregados na execução de estruturas de concreto armado e sua influência na

qualidade de edificações de Crateús com um ou mais pavimentos, que se encontram na fase de execução da estrutura.

1.4. Estrutura da pesquisa

Conforme a Figura 1 a pesquisa é dividida nas seguintes seções: introdução, referencial teórico, método de pesquisa, resultados e discussões e considerações finais. Em seguida é descrito o objetivo de cada seção e o que se apresenta, e a divisão.



Fonte: Autor (2019).

A primeira seção apresenta o contexto o qual a pesquisa foi concebida, identificando a problemática da construção em Crateús e o que motivou a realização dessa investigação. Em seguida, o referencial teórico (Figura 2) compreende a síntese dos conteúdos relevantes abordados na pesquisa e divide-se nos tópicos: estruturas de concreto armado, etapas de execução e controle tecnológico do concreto armado.

Posteriormente, apresenta-se o método de pesquisa, expondo o modo como os resultados do trabalho foram obtidos, a partir da descrição minuciosa das etapas da investigação. Logo após, o produto dessa análise é exposto na seção de resultados e discussões, onde é feita a apresentação e discussão de pontos críticos, partir da análise comparativa com a literatura. Por fim, nas considerações finais retoma-se o principal assunto e a resposta da problemática presente na introdução.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Estruturas de concreto armado

O concreto de cimento Portland é composto de cimento, agregados graúdo e miúdo, e água, podendo ter a adição de diversos componentes para modificar ou melhorar suas propriedades. A partir da mistura homogênea desses materiais, desenvolve-se uma estrutura rígida capaz de suportar elevada carga do seu peso próprio e solicitações de uso da estrutura (NBR 12655:2015).

A resistência à compressão é a característica majoritária do concreto e a alta resistência à tração é atribuída às barras de aço. A união entre esses dois componentes constitui o concreto armado, que é responsável por conceber estabilidade às estruturas, quando executadas corretamente por quem domina as etapas de construção. Nesse contexto, o envolvimento da armadura pelo concreto auxilia na proteção contra agentes prejudiciais a durabilidade das barras, assim como, o aço garante ductilidade e aumento da resistência à compressão, desse modo, favorece a construção de estruturas mais esbeltas em concreto e vastas possibilidades arquitetônicas (BASTOS, 2006).

Geralmente, o concreto resiste em média dez vezes mais a compressão que a tração, portanto, a combinação do concreto com aço é essencial em diversos tipos de estruturas (BOTELHO; MARCHETTI, 2018). A interação no conjunto concreto/aço é possível em razão de ambos materiais apresentarem coeficientes de dilatação térmica semelhantes. Dessa forma, o concreto armado é formado com a junção desses dois componentes que resistem solidariamente a esforços solicitantes na estrutura, garantido pela aderência entre os materiais (PINHEIRO, 2007).

A presença desses fatores foi determinante em tornar o concreto armado o material estrutural mais utilizado no mundo, com consumo anual da ordem de uma tonelada por habitante (PINHEIRO, 2007). Sua versatilidade em se moldar a várias formas e concepções arquitetônicas e o baixo custo de materiais e mão de obra torna esse composto atrativo para o setor da construção civil, sendo bastante difundido em edificações, rodovias, obras de saneamento e estruturas diversas.

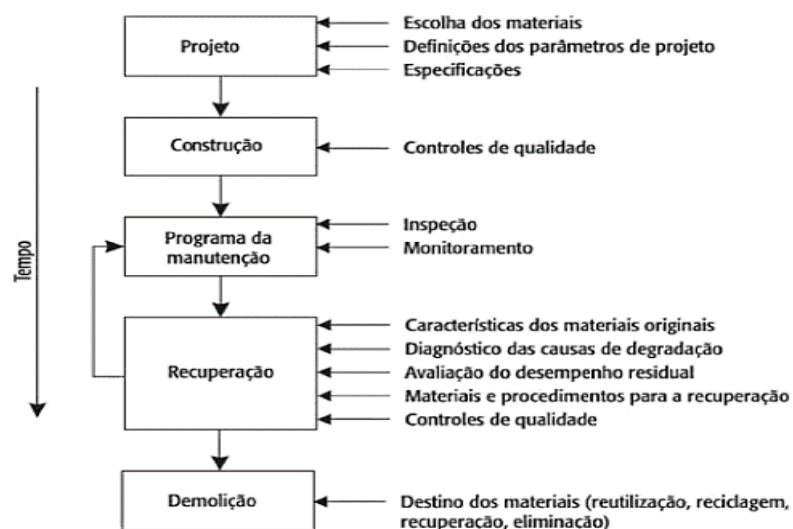
Os materiais componentes do concreto armado têm ampla disponibilidade na natureza e sem necessidade de ser submetido a rigoroso processo de beneficiamento, ou seja, constituem-se de insumos de extração e processamento facilitados (FERREIRA; JUNIOR,

2013). Por esse motivo, há grande volume de produção e preços relativamente baixos dentre os demais recursos minerais.

Segundo Bertolini (2010), os materiais de construção civil exercem um papel além da definição de propriedades mecânicas na fase de elaboração de projeto. Para o autor, o conhecimento do comportamento dos materiais é significativo também nas demais fases de uma edificação em concreto armado, desse modo, deve-se prestar maior cuidado na interação dos materiais e elemento estrutural com o ambiente.

A Figura 2 ilustra os estágios de uma edificação da sua concepção a demolição, destacando a análise, referente a materiais, necessária para cada etapa de uma construção em concreto armado.

Figura 2 - Etapas de edificações em concreto armado e o papel dos materiais de construção.



Fonte: Bertolini (2010).

Nessa perspectiva, é nítida a influência exercida pelos materiais de construção nas propriedades da estrutura de concreto armado durante os diversos estágios da vida da edificação.

2.1.1 Materiais componentes

2.1.1.1 Cimento Portland

Define-se como aglomerantes materiais pulverulentos que em presença de água e agregados, forma uma pasta coesa e resistente, constituindo o concreto e a argamassa. Nesse sentido, o cimento Portland é o aglomerante mais empregado na construção civil. Sua popularidade deu-se em razão da capacidade de moldagem ao ser misturado com água e da elevada resistência mecânica desenvolvida ao longo do tempo (RIBEIRO; PINTO; STARLING,2013).

O cimento Portland é produto da moagem do clínquer, este é resultante da calcinação de um composto formado por calcário e argila, devidamente dosado e homogeneizado (RIBEIRO; PINTO; STARLING,2013). Este pó fino acinzentado é concebido a partir do óxido de cálcio, sílica, alumina e óxido de ferro, que constituem cerca de 96% do total de óxidos presentes. Essa mistura uniforme e pulverulenta, ao se submeter ao calor de fusão parcial, ocasiona diversas reações químicas que resultam no aglomerante. (BAUER,2018).

A variação do teor de compostos químicos e a finura das partículas influenciam nas propriedades do cimento Portland, como a velocidade de hidratação, quantidade de calor liberada na reação, sua resistência ao ataque por sulfatos e resistência mecânica nas primeiras idades, entre outras (NEVILLE, 2016). Portanto, vários cimentos foram desenvolvidos a fim de garantir a durabilidade do concreto submetido as mais diversas condições do ambiente.

O cimento Portland comum (CP I) é o aglomerante sem adições na sua composição, com exceção do gesso usado para o controle de pega. Geralmente é utilizado em construções de concreto em que não há necessidade de propriedades específicas, podendo apresentar-se no mercado CPI – S, em que é acrescentado material carbonático entre 6 a 10% da massa total, segundo a norma (NBR 16697: 2018).

A mesma norma ainda especifica o cimento Portland composto (CP II), o qual possui além dos seus componentes principais, clínquer e gesso, a adição de um terceiro material, sendo três variações desse aglomerante a partir da adição de 6 a 34% de escória (CP II - E), de 6 a 14% de material pozolânico (CP II - Z) ou de 11 a 25% de fíler (CP II - F). Ele satisfaz às aplicações usuais, com benefício de ter menor velocidade de calor de hidratação, ou seja, é ideal para obras com grandes volumes de concreto, onde não há como liberar o calor pela superfície da mistura.

O CP III é um tipo de cimento Portland composto de clínquer e escória de alto-forno na faixa de 35 a 75% da massa, podendo ainda conter sulfato de cálcio e materiais carbonáticos (NBR 16697: 2018). Por apresentar elevada impermeabilidade e durabilidade, resistência a ataques por sulfatos e baixo de calor hidratação, esse tipo de cimento é bastante empregado obras de concreto massa, como barragens e fundações, assim como, em ambientes agressivos de modo geral (PEDROSO, 2009).

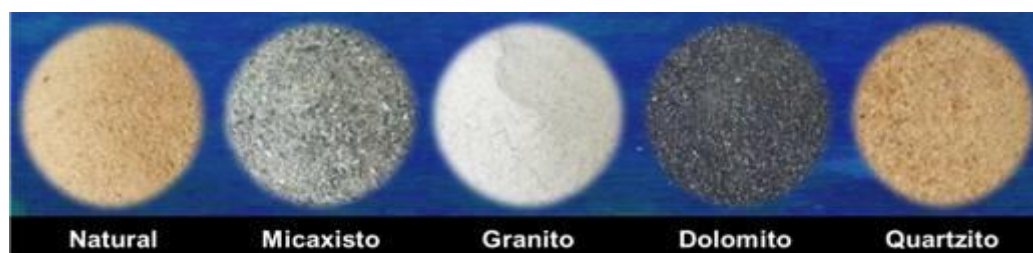
O CP IV é o cimento Portland que possui na sua composição de 15 a 50% de adição de pozolana. Esse conjunto clínquer e materiais pozolânicos alteram a microestrutura do concreto, tornando-o mais impermeável e menos poroso, portanto, mais durável. Além disso, a taxa de liberação de calor e ganho de resistência é lento. É recomendado para ambientes de elevada agressividade, como em regiões que enfrentam ciclos de molhagem e secagem (MEHTA; MONTEIRO, 2014).

Uma dosagem em intervalos específicos de calcário e argila ao produzir o clínquer e uma moagem mais fina do cimento no processo de fabricação caracterizam o cimento Portland de alta resistência inicial (CP V), bastante empregado na execução de pré-moldados, em que é necessário um concreto de elevada resistência nas primeiras idades para a desforma (PEDROSO, 2009). Em razão do rápido ganho de resistência é essencial a cura adequada do concreto feito com cimento CP V, para evitar fissuras e trincas em dias secos e com ventos, por isso, esse tipo de cimento demanda cuidados específicos, além de maior quantidade de água para garantir a trabalhabilidade (PUGLIESE, 2018).

2.1.1.2 Agregados

A NBR 9935 (ABNT,2011) define os agregados como materiais granulares, usualmente não reativos, de dimensões e propriedades conhecidas e devidamente testadas, e são utilizados para o preparo de argamassa e concreto. Por outro lado, a NBR 7211 (ABNT,2009) classifica em agregados miúdos e graúdos, o primeiro com grãos com dimensão inferior a abertura de malha de 4,75 mm e o segundo com grãos variando de 4,75 mm e 75 mm. Esse material também se divide quanto à origem, classificando-se em naturais e artificiais. Por exemplo, tem-se a areia natural, que é oriunda de leito de rios, depósitos, cavas ou depósitos eólicos, sem passar por processo de fragmentação ou trituração dos grãos, e a areia de britagem, proveniente da britagem de rochas, também recebendo a denominação de areia industrial de britagem ou areia artificial (WEIDMANN, 2008).

A Figura 3 ilustra a areia natural e exemplos de areia de britagem.

Figura 3 - Areia natural e areias de britagem

Fonte: Carasek et al. (2016).

Segundo Ribeiro, Pinto e Starling (2013), a composição granulométrica e a forma dos grãos exercem interferência direta sobre a qualidade do agregado, tendo relação expressa com trabalhabilidade, compacidade e resistência a esforços mecânicos, por exemplo. A mesma autora declara que propriedades como massa específica e módulo de finura influem na utilização do concreto, seja para pré-moldado, obras usuais ou em argamassas de chapisco e reboco. A NBR 6118:2014 (ABNT) enuncia sobre a dimensão máxima característica do agregado, delimitando os intervalos admissíveis de forma que o agregado não prejudique a concretagem dos elementos estruturais.

A Tabela 1 apresenta as propriedades do concreto influenciadas pelas características do agregado.

Tabela 1- Relação entre as propriedades do concreto e as características do agregado

Propriedades do concreto	Característica do agregado
Resistência Mecânica	Resistência mecânica, textura superficial, limpeza, forma dos grãos, dimensão máxima
Retração	Módulo de elasticidade, textura superficial, limpeza, forma dos grãos, dimensão máxima
Massa unitária	Massa específica, forma dos grãos, granulometria, dimensão máxima.
Economia	Forma dos grãos, granulometria, dimensão máxima.

Fonte: Adaptado de Valverde (2001).

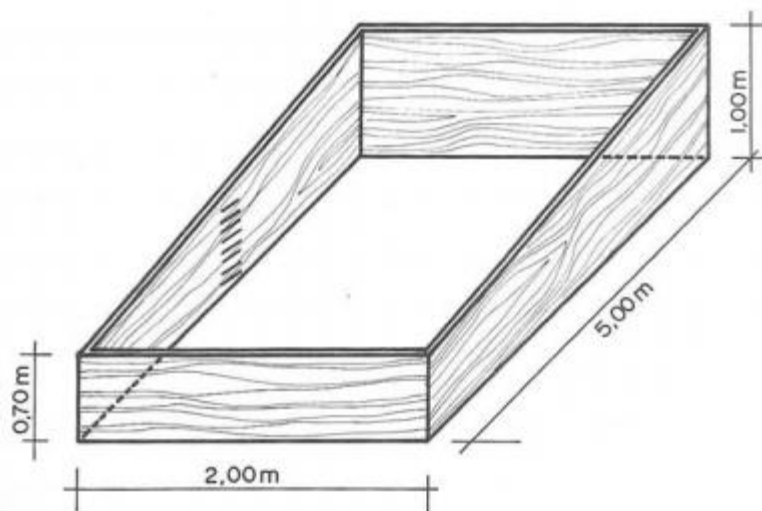
Segundo Ribeiro, Pinto e Starling (2013), os agregados devem ser grãos resistentes e duráveis, para isso é essencial a análise da qualidade dos agregados adquiridos para produção de concreto estrutural, por meio da investigação dos parâmetros estabelecidos em normas com ensaios laboratoriais. Além disso, algumas medidas devem ser adotadas previamente à realização da concretagem, como a verificação da presença de materiais nocivos nos agregados, seja a presença de outros agregados, matéria orgânica ou torrões de

argila, além de examinar o grau de umidade do agregado miúdo e o seu inchamento.

Para Mehta e Monteiro (2014), um indicativo de substâncias prejudiciais ao concreto nos agregados é o teor de material pulverulento presente, comprometendo desde a trabalhabilidade no estado fresco à durabilidade do concreto endurecido. Azeredo (1997) recomenda a lavagem do agregado graúdo quando apresentar mais de 3% de pó de pedra e determina a areia de boa qualidade para o concreto armado quando na peneira normal de malha nº 600 mm, estiver retido de 65 a 85% da massa.

De acordo com a NBR 14931 (ABNT, 2004) deve-se garantir separação física entre os materiais de construção desde o recebimento até o instante da concretagem, sendo identificado classe, graduação e origem. Esse procedimento visa prevenir a contaminação e garantir a qualidade dos agregados utilizados na execução da estrutura de concreto armado. Na Figura 4 há um exemplo de armazenamento de areia, que além de depósito adequado, ainda é útil no gerenciamento da quantidade gasta de material.

Figura 4 - Cercado de madeira para armazenamento de agregado miúdo



Fonte: Azeredo (1997).

Neville (2016) afirma a importância do fracionamento do agregado graúdo em faixas granulométricas para o adequado armazenamento, admitindo a sua mistura em proporções controladas na betoneira, em razão de ocorrer espontaneamente, no manuseio e empilhamento da brita, a segregação do material. O mesmo autor ainda ressalta o cuidado no despejo, para evitar a fragmentação do agregado graúdo em partículas menores, ou mesmo a sua quebra, podendo ocasionar alterações no formato.

Portanto, as propriedades do concreto, tanto no estado fresco quanto endurecido,

são bastante influenciadas pela escolha das características dos agregados. Fatores como a textura do material, porosidade, granulometria e massa específica, interferem no consumo de cimento e água, conseqüentemente, na resistência do concreto e sua durabilidade (FABRO,2011). Além disso, ainda que o agregado se adeque aos requisitos do sistema em que está inserido, é imprescindível propriedades que proporcionem o manuseio facilitado durante o transporte, estocagem, mistura, lançamento, compactação e cura do concreto (VALVERDE,2001).

2.1.1.3 Adições minerais e aditivos químicos

A variabilidade dos tipos de concreto e suas respectivas propriedades são obtidas a partir da presença de componentes na mistura que permitem alterar aspectos como a pega, relação água/cimento, trabalhabilidade, entre outros, por meio de aditivos e a resistência mecânica utilizando adições minerais, por exemplo. Tais componentes são bastantes difundidos e estudados em razão de conceder vantagens técnicas e econômicas ao concreto.

Os materiais denominados de aditivos são compostos químicos que adicionados à mistura de concreto, modificam as propriedades do concreto no estado fresco e endurecido, são bastante difundidos na melhoria da trabalhabilidade, aceleração ou retardo da pega, também são usados para aumentar a resistência à fissuração e à reação álcali-agregado (MEHTA; MONTEIRO, 2014). Todavia, esses compostos não são um recurso alternativo a baixa qualidade dos componentes da mistura, dosagem inadequada ou deficiência nas demais etapas de execução, eles compõem uma saída a variáveis que afetam as propriedades da mistura, como a temperatura do meio, tempo de transporte, trabalhabilidade, entre outros. Além de proporcionar uma possível economia na execução do concreto (NEVILLE, 2013).

As adições minerais são materiais incorporados a concretos e argamassas, tendo a função de reforçar ou sobrepor total ou parcialmente o cimento Portland, reforçando ou alterando características microestruturais. Classificam-se em materiais pozolânicos, cimentantes e filler (FONSECA, 2010).

Segundo a NBR 12653 (ABNT, 2014), os materiais pozolânicos caracterizam-se pela reatividade entre hidróxido de cálcio e materiais silicosos, quando em presença de água e a uma elevada finura, resultam em compostos com propriedades ligantes.

Materiais cimentantes apresentam propriedade hidráulica, reagindo quimicamente com água, similar ao que acontece com o cimento Portland, desse modo, gera produtos cimentantes mesmo com a ausência do cimento Portland, tendo hidratação acelerada com a

presença de gipsita e hidróxido de cálcio, como ocorre na escória granulada de alto forno. O Filler, ainda que não apresente atividade química, age no empacotamento granulométrico, e assim como as demais adições minerais, promove melhoria na durabilidade do concreto pela modificação da microestrutura da pasta de cimento (DAL MOLIN, 2005).

2.1.1.4 Aço

O aço tem como matéria-prima o minério de ferro e carbono, este último sendo um pequeno teor variando de 0,002% a 2%, deve ser dúctil, homogêneo, soldável ou não, e razoavelmente resistente a corrosão (PINHEIRO; MUZARDO; SANTOS, 2003). A distinção entres os tipos de aço se dá através da sua composição química, tamanho e forma, sendo possível a adição de componentes químicos no seu beneficiamento em função da sua finalidade (FERRAZ, 2003).

Nesse contexto, o aço estrutural deve apresentar tensão de escoamento, elevada tenacidade, boa soldabilidade e custo reduzido, ou seja, ser resistente aos esforços solicitantes durante a vida útil da estrutura sem comprometer a funcionalidade da mesma (FERRAZ, 2003). Na construção civil, os aços estruturais são perfis e chapas para fins estruturais, principalmente, vergalhões para o concreto armado, sendo fundamental o adequado armazenamento desse material.

O pesquisador Peurifoy *et al.* (2015) acrescenta que o armazenamento do aço deve ser feito em superfícies planas e bem drenadas, colocados pontaletes para simplificar o içamento e conservar as peças limpas. A NBR 14931 (ABNT, 2004) reitera que a estocagem do aço deve ser livre do contato com qualquer tipo de contaminante, solo, óleos e graxas.

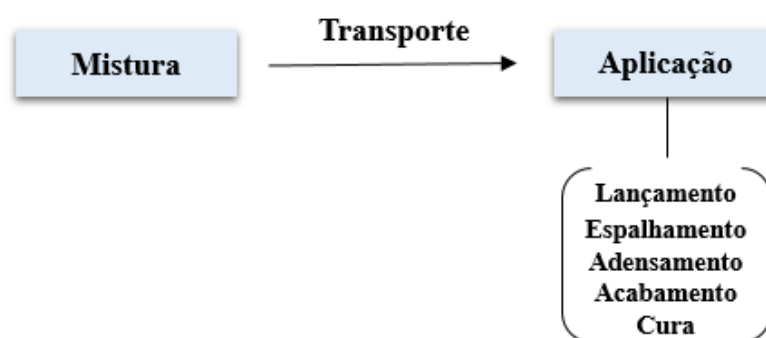
Desse modo, a quantidade de área de aço determinada no cálculo estrutural e o proporcionamento dos demais componentes do concreto em cimento Portland é o que consiste na pesquisa da tecnologia do concreto, para além de cumprir os requisitos das propriedades mecânicas, físicas e durabilidade, desmoeenhar os atributos de trabalhabilidade precisos para as demais etapas de execução do concreto armado, como transporte, lançamento e adensamento (HELENE; ANDRADE, 2010).

2.2 Etapas de execução

Durante a execução de uma edificação, diversos serviços e atividades são necessários, desde a sua concepção até a fase de utilização, passando por ela trabalhadores

com competências e funções diversas, que manuseiam as mais variadas ferramentas, equipamentos e materiais de construção. Nesse sentido, uma obra é dividida em etapas construtivas dependentes entre si, que se desenvolvem para a entrega da edificação (QUEIROZ, 2001). De acordo com Bertolini (2010), em estruturas de concreto armado, a execução correta de cada etapa é fundamental na conservação da estrutura já nas primeiras idades. A Figura 5 expõe de modo abreviado as fases de execução de elementos estruturais em concreto armado.

Figura 5 - Representação simplificada das etapas executivas de concreto armado



Fonte: Autor (2019).

Em uma edificação convencional de concreto armado, a execução da estrutura é fator condicionante para a continuidade de todos os serviços seguintes, caracterizando-se como “caminho crítico” para o planejamento de atividades da obra. Freire (2001) categoriza essa etapa da construção realizada corretamente como de elevada importância, em razão da estrutura ser a base de toda a obra e sua má execução afetar os custos de todos os demais procedimentos.

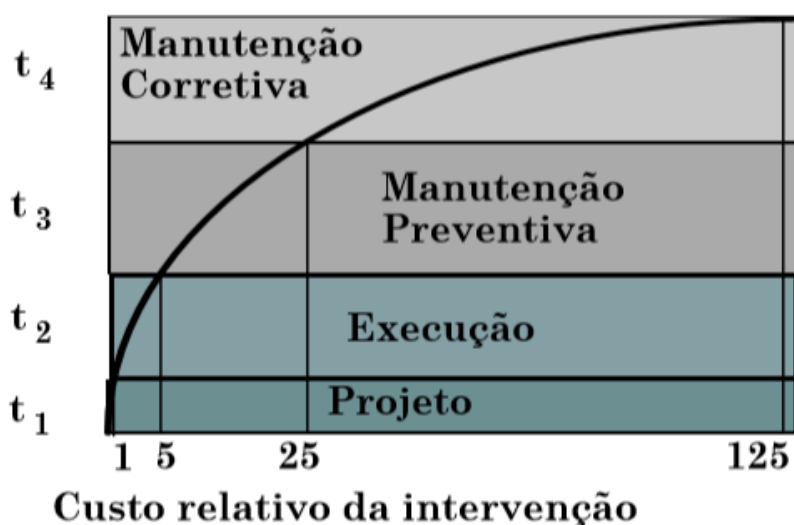
Nessa perspectiva, a produção de concreto se dá a partir da mistura, passando pelo transporte, lançamento, adensamento e cura. O procedimento correto de cada etapa assegura a qualidade do concreto armado. Cada passo apresenta diversos parâmetros a serem analisados pelo responsável da obra, dependendo do tipo de concreto e dos elementos estruturais.

A NBR 12655 (ABNT, 2015) especifica as obrigações do responsável técnico da obra, como a escolha do modo de preparo do concreto, o atendimento dos parâmetros de projeto, o recebimento e aceitação do concreto e a verificação do atendimento desta norma. Nesse sentido, a ausência de acompanhamento do responsável técnico da obra é um dos

fatores que contribuem para o surgimento de manifestações patológicas por má execução, acarretando custos de reparo na edificação (FIESS *et al.*, 2004).

A Figura 6 apresenta a relação entre o custo de intervenção e o respectivo período de intervenção na edificação aumentando os gastos em uma progressão geométrica de razão cinco, dividindo-se em fase de projeto, execução, manutenção preventiva e corretiva.

Figura 6 - Lei da evolução dos custos.



Fonte: Helene (1997).

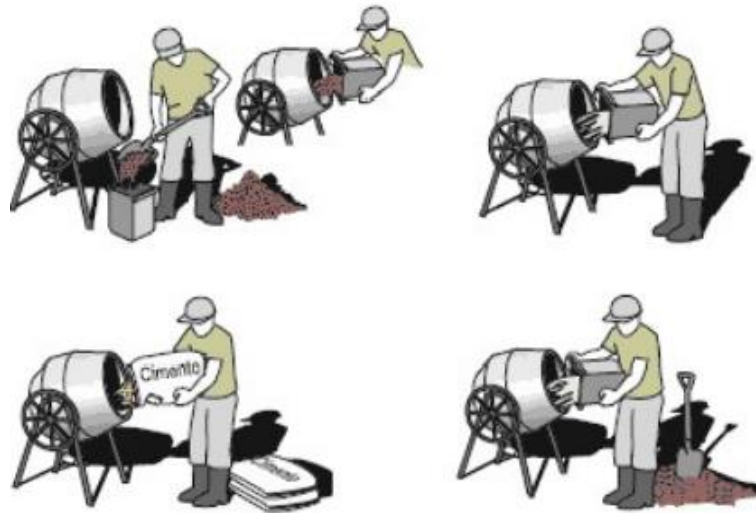
A lei dos cinco ou regra de Sitter associa a durabilidade de uma estrutura ao aumento do custo reparo, renovação e manutenção, na etapa de projeto, execução, manutenção preventiva e corretiva, sendo menos oneroso e mais seguro a intervenção durante a fase de projeto e execução (HELENE, 1997). Dessa forma, após o projeto, a etapa menos custosa de se reparar está na execução da estrutura, partindo disso, deve-se iniciar a execução de uma estrutura em concreto a partir da adequada mescla dos componentes da massa.

2.2.1 Mistura

A mistura do concreto é o processo de homogeneização desse composto, para que seja garantido o envolvimento dos agregados pela pasta de cimento. Pode ser executado em obra ou ser terceirizada para as concreteiras, caracterizando o concreto usinado. Nesse contexto, a modalidade mais usual é a mistura mecânica dos materiais, utilizando betoneiras, que asseguraram a homogeneidade a partir do movimento entre palhetas, recipientes e

materiais, tendo ou não auxílio da gravidade. A Figura 7 ilustra carregamento dos materiais para a mistura mecânica do concreto com auxílio de betoneira.

Figura 7 - Mistura mecânica de concreto



Fonte: Adaptado de Bastos (2019).

O amassamento manual do concreto é previsto em obras de menor dimensão, devido a sua menor eficiência, onde a qualidade demandada e quantidade manuseada não justifica o emprego de maquinários. Para este caso, Neville (2016) recomenda o espalhamento do agregado sobre uma superfície plana, firme, limpa e não porosa e a colocação dos demais materiais posteriormente. Azeredo (1997) reitera a importância da superfície onde os materiais serão revolvidos e orienta acrescentar 10% a mais de cimento, em razão da diminuição da resistência causada por esse tipo de processo.

A Figura 8 ilustra o emassamento dos componentes do concreto feito manualmente.

Figura 8 - Mistura manual do concreto

Fonte: Adaptado de Bastos (2019).

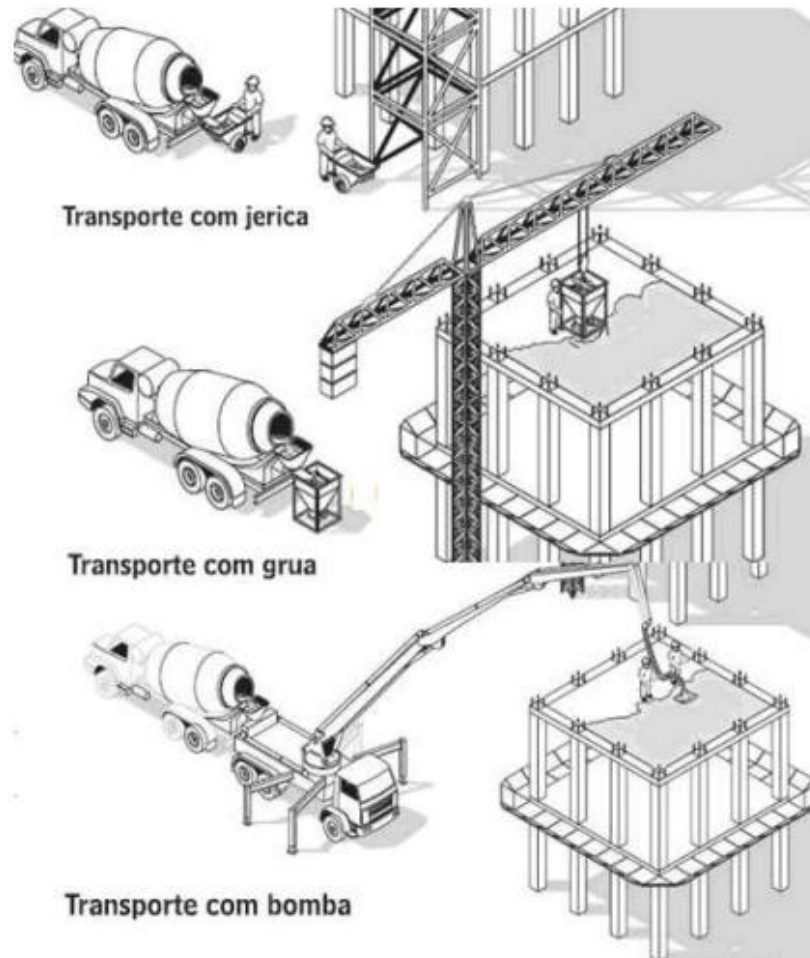
Após a mistura, deve-se realizar o deslocamento do concreto fresco até a sua destinação final, tomando medidas que minimizem a perda de qualidade da massa.

2.2.2 Transporte

A modalidade escolhida para o transporte da mistura é dependente dos obstáculos no caminho e da distância do elemento a ser concretado, ou seja, da distância do emassamento até o local de lançamento, além disso, deve ser feito impreterivelmente antes do início do enrijecimento do concreto e perda da trabalhabilidade (RIBEIRO; PINTO; STARLING, 2013). O transporte pode ser realizado horizontalmente, com carrinhos de mão e caminhões betoneiras, verticalmente, com guinchos e guias, e obliquamente, a partir de calhas e bombas (RIBEIRO; PINTO; STARLING, 2013; BASTOS, 2019).

A Figura 9 exemplifica os métodos de transporte do concreto no estado fresco.

Figura 9 - Métodos de transporte de concreto na obra



Fonte: Bastos (2019).

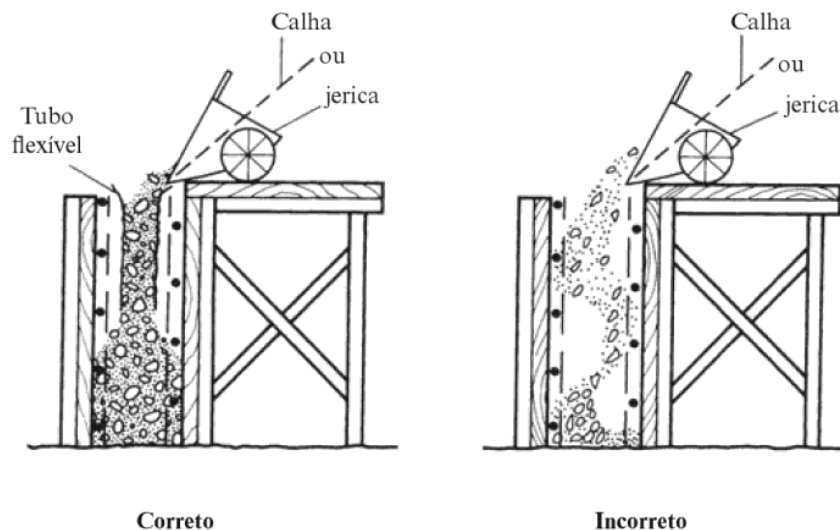
Os principais cuidados no transporte da mistura se dá na conferência da disponibilidade e bom estado de conservação dos equipamentos de transporte, no tempo gasto para o deslocamento, dependendo da modalidade. Nessa perspectiva, quando utilizado o transporte horizontal deve-se evitar a trepidações para não compactar o material, para o vertical recomenda-se limitar a altura de descargo entre 2,5 e 3 metros, a fim de diminuir os efeitos da desagregação e para o transporte oblíquo é importante a umidificação de calhas ou tubos antes do início da concretagem (BAUER, 2018).

Desse modo, transporte e lançamento consistem em etapas praticamente simultâneas e ambas com o preceito de dispor o concreto na forma final, prevenindo o aparecimento de manifestações patológicas e a manutenção das características indicadas em projeto.

2.2.3 Lançamento

A finalidade do lançamento é depositar o concreto nas fôrmas de modo que seja mais próximo da sua destinação final, por meio do descarregamento em camadas uniformes, adensando totalmente uma camada antes do lançamento da seguinte e evitando a formação de juntas frias no elemento (NEVILLE; BROOKS, 2013). Além disso, é recomendado o uso de funil ou tubo (Figura 10) para evitar o impacto entre o concreto e as fôrmas e armaduras, e minimizar a ocorrência de segregação na mistura (NEVILLE; BROOKS, 2013).

Figura 10 - Lançamento de concreto em parede alta



Fonte: Neville e Brooks (2013).

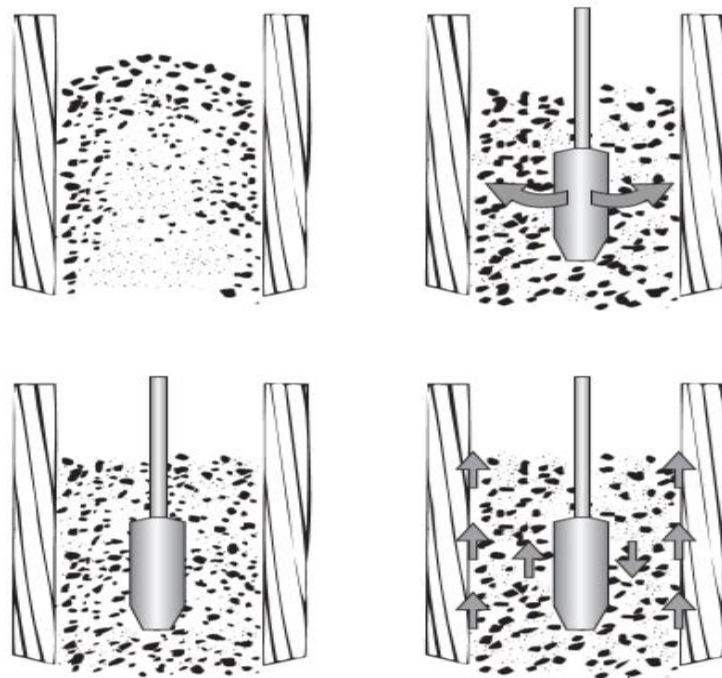
A NBR 14931 (ABNT, 2004) acrescenta que o preenchimento das camadas nas fôrmas deve ser apropriado ao tipo de adensamento determinado pelo responsável técnico na obra, prevenindo o lançamento em pontos concentrados, que provoquem deformação no sistema de fôrmas.

2.2.4 Adensamento

O adensamento é o processo de compactação e moldagem do concreto fresco dentro das fôrmas com o aço posicionado, a fim de eliminar vazios e ar aprisionado. Sua execução pode ser manual, apiloamento da mistura, ou mecânica, através de centrifugação ou vibração, este último processo é amplamente aplicado na compactação do concreto fresco (MEHTA; MONTEIRO, 2014).

O adensamento manual consiste na compactação de concreto de consistência plástica, mediante uso de barra cilíndrica, metálica e fina, em elementos de reduzida espessura e pouca armadura (AZEREDO, 1997). Enquanto, o adensamento da mistura por vibração é feito usualmente com imersão de vibrador de agulha, dispendo-se sempre na horizontal, a uma profundidade inferior ao comprimento da agulha, respeitando o tempo de imersão necessário para cessar a saída de bolhas de ar e evitando ao máximo o contato com armadura e fôrmas (BASTOS, 2019; AZEREDO, 1997; BAUER, 2018). A Figura 11 apresenta o movimento da agulha vibratória no adensamento do concreto recém lançado e o efeito na consolidação da mistura com a minimização dos vazios.

Figura 11 - Processo de adensamento mecânico por meio de agulha vibratória.



Fonte: Adaptado de Mehta e Monteiro (2014).

O procedimento seguinte ao adensamento da mistura é o acabamento da superfície e atenção com a cura do concreto.

2.2.5 Cura

A cura do concreto recém adensado consiste nos processos que promovem a hidratação do cimento e ganho de resistência, a partir do monitoramento da temperatura e do

fluxo de água na mistura, evitando a evaporação da água de emassamento para se obter um concreto durável (NEVILLE; BROOKS, 2013). A importância dessa etapa não está apenas no ganho de resistência do concreto com a manutenção mínima de água, mas também em razão da perda de água ocasionar retração plástica e diminuição da impermeabilidade e da resistência a abrasão (NEVILLE, 2016).

O método de cura empregado difere de acordo com as dimensões do canteiro, forma e localização da peça de concreto armado. Neville e Brooks (2013) e Bauer (2018) citam as seguintes medidas para garantir a hidratação do cimento:

- a) A aspersão, que é um método simplificado, a partir do fornecimento de água em intervalos frequentes;
- b) A submersão, método ideal de cura para lajes e pisos, aplicável quando há exposição de ampla superfície a qual não será utilizada nos primeiros dias;
- c) O represamento, a partir da cobertura do concreto com areia, terra e serragem ou palha úmida;
- d) O recobrimento com plástico ou lona impermeável, selando o elemento e prevenindo a evaporação da água do concreto;
- e) O umedecimento das fôrmas antes da moldagem e durante a cura, procedimento recomendado para pilares e vigas.

Segundo Bataggin *et al.* (2002), na realidade do canteiro de obras, o recobrimento dos elementos concretados com lonas impermeáveis, principalmente pilares, produz resultados melhores que a aspersão. Neville e Brooks (2013) acrescentam que em regiões de muito vento, a cura por represamento promove menores perdas por evaporação, consequentemente, resultando no ganho de resistência.

Vale ressaltar que a temperatura elevada do meio exerce influência sobre a mistura de concreto, caracterizando um aumento da velocidade de hidratação do cimento nas idades iniciais e consequente acréscimo da resistência nos primeiros dias. No entanto, decorrido os primeiros dias da concretagem, há um retardo da hidratação subsequente, e, portanto, há uma queda no ganho de resistência mecânica do concreto em razão as altas temperaturas de cura da mistura (CECCONELO; TUTIKIAN, 2012; BARDELLA; BARBOSA; CAMARINI, 2005; NEVILLE, 2016; NEVILLE; BROOKS, 2013; ANDOLFATO, 2002).

A NBR 14931 (ABNT, 2004) determina a adoção de medidas específicas para concretagem em regiões de temperatura igual ou superior a 35 ° C e ventos maiores que 30 m/s, visando minorar a perda de consistência do concreto no estado fresco e diminuir a temperatura da massa.

Diante do exposto, é notória a responsabilidade do profissional de engenharia civil no desenvolvimento das misturas de concreto, uma vez que intervém diretamente na produção e gerencia das etapas construtivas, seja no canteiro de obras ou nas usinas de concreto. Tendo em vista que a produção de concreto é muito versátil e que as obras são muito diversificadas, é fundamental aos responsáveis técnicos as noções indispensáveis para a execução correta de estruturas em concreto armado, como o conhecimento dos efeitos da relação água/cimento, resistência a compressão e técnicas de controle tecnológico do concreto, como ensaios de trabalhabilidade.

2.3 Controle tecnológico do concreto

O procedimento padrão em muitas obras de concreto armado é execução em partes, ou seja, é misturado uma parcela de concreto necessária para um ou mais elementos estruturais, transportando e preenchendo-a gradativamente em fôrmas, previamente preparadas e com armaduras já posicionadas, repetindo esse processo até o término da construção (CARVALHO; FILHO, 2013).

Dessa forma, a cadeia produtiva de uma estrutura de concreto armado é sujeita a muitas etapas, dependente de diversos operadores, com diferentes materiais construtivos e condições climáticas, conseqüentemente, uma mesma edificação pode conter uma gama de variáveis interferindo nos elementos de concreto armado. Com isso, durante o processo executivo é indispensável o planejamento de mecanismos de controle de qualidade, que atestem a conformidade dos materiais de construção e do concreto como especificado em projeto e nas normas brasileiras, compreendendo desde a verificação no recebimento ao manuseio no canteiro de obra (BERTOLINI, 2010).

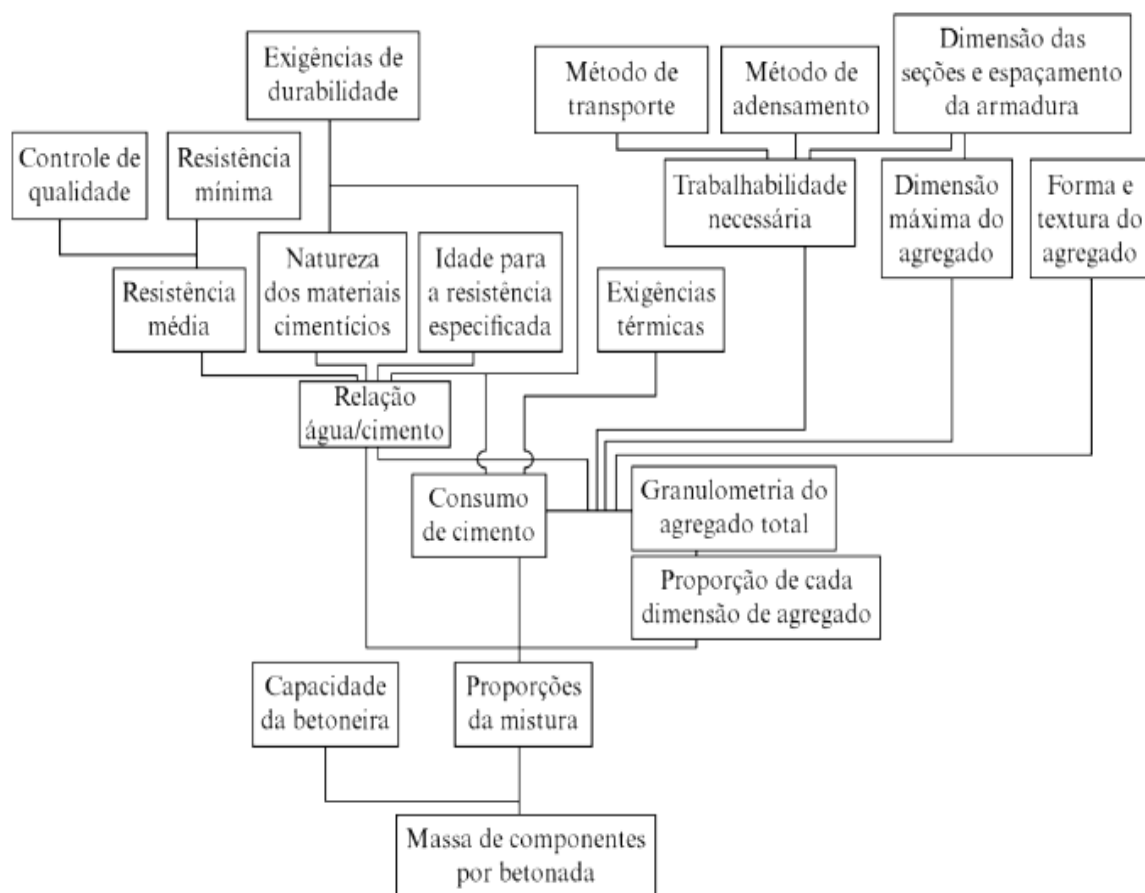
Assim, o controle tecnológico do concreto consiste no conjunto de procedimentos para aferir a conformidade entre a execução dos elementos em concreto, nas diversas etapas executivas e os parâmetros previstos em projeto, servindo para atestar, documentar as características do concreto e diminuir a variabilidade, ainda persistente na construção civil. De modo geral, essa etapa busca investigar os parâmetros que definem a qualidade do concreto, a partir da análise das propriedades da mistura no estado fresco e endurecido, todavia, a garantia da qualidade do concreto inicia-se no processo de dosagem, por meio de estudo racional e experimental, a fim de identificar as características adequadas a cada situação.

2.3.1 Estudo de dosagem

Neville (2013) define a dosagem como a seleção de componentes do concreto e delimitação das quantidades, visando desenvolvimento de um traço econômico e o atendimento dos dois principais parâmetros estabelecidos em projeto: resistência e durabilidade. Segundo o mesmo autor, para a escolha das proporções, as demais etapas executivas, como transporte, lançamento e cura, são relevantes na definição do traço.

Em termos gerais, a dosagem é baseada em valores limite de projeto, em que se estabelecem parâmetros como resistência a compressão mínima do concreto no estado endurecido, relação água/cimento mínima e consumo de cimento máximo, consistência e trabalhabilidade no estado fresco baseados na finalidade da obra e técnicas construtivas adotadas (NEVILLE, 2016; NEVILLE; BROOKS, 2013; NBR 12655, 2015; MEHTA; MONTEIRO, 2014). Na Figura 12 apresentam-se os fatores que afetam na determinação indireta ou diretamente do traço do concreto.

Figura 12 - Parâmetros relevantes no estudo da dosagem



Fonte: Neville (2016).

Segundo a NBR 12655 (ABNT, 2015), a dosagem do concreto deve ser feita com antecedência, por meio de procedimento racional e experimental, devendo-se ser executada com os mesmos materiais, condições análogas a obra e baseando-se nos parâmetros de projeto e circunstâncias de execução. A mesma norma, aceita a dosagem empírica para concreto de f_{ck} 10 e 15, com consumo mínimo de 300 kg de cimento por metro cúbico.

Um dos métodos mais versáteis e simplificados, que atende as exigências econômicas, sustentáveis e técnicas, é o método de dosagem IPT/EPUSP. Nesse procedimento, o principal parâmetro é a relação água/cimento, e a partir da fixação dos materiais utilizados e da relação a/c, a resistência e durabilidade do concreto são únicas, desde que seja mantida a mesma trabalhabilidade da mistura (TUTIKIAN; HELENE, 2011). Outro bastante utilizado é o do IBRACON, em que o aspecto principal da dosagem está no consumo mínimo de água para uma determinada consistência, considerando a influência do aglomerante, cimento e adições, na proporção final dos componentes do concreto (TUTIKIAN; HELENE, 2011).

2.3.2 Propriedades do concreto no estado fresco

Ao passo que as propriedades do concreto endurecido são determinadas na fase de projeto estrutural, os parâmetros do concreto no estado fresco são definidos pela disponibilidade de equipamentos, etapas de execução e geometria do elemento em concreto armado (TUTIKIAN; HELENE, 2011). Nesse sentido, a importância da qualidade da mistura ainda fluida se dá em razão da simplificação do transporte, lançamento e etapas subsequentes sem o comprometimento da qualidade do concreto curado.

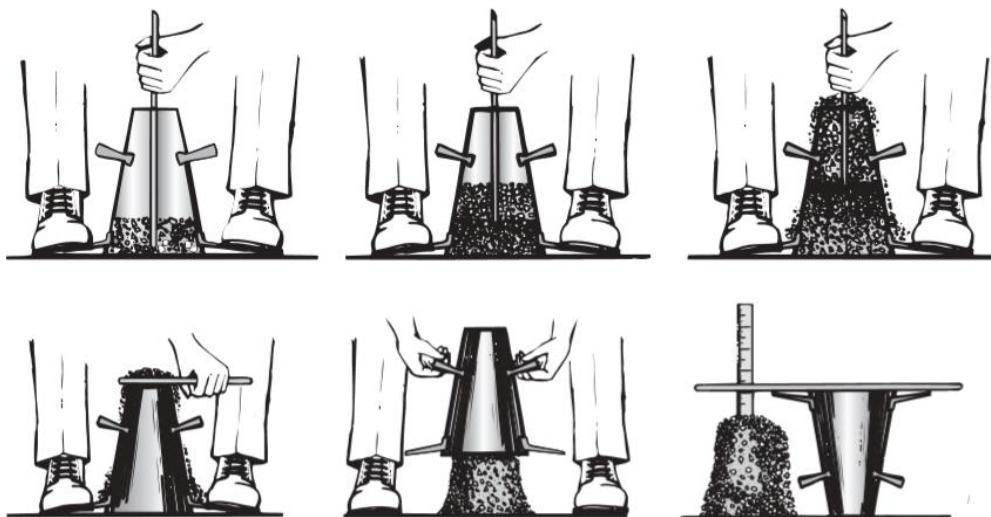
A trabalhabilidade é a principal característica do concreto fresco, segundo a ASTM C-125 (2015), caracteriza-se pela facilidade no lançamento, adensamento e acabamento, envolvendo além dos materiais de construção civil, a natureza da obra e métodos construtivos adotados. Contudo, a medida da trabalhabilidade é realizada indiretamente por meio de aspectos como homogeneidade e consistência.

A consistência do concreto representa a habilidade da mistura de se deformar, característica importante em todas as etapas de execução. É influenciada pelo teor de água na mistura, características do agregado como dimensão máxima, forma, textura e granulometria. Também sofre a influência do tempo decorrida, desde início da mistura, e da temperatura do ambiente (NEVILLE, 2016).

Os ensaios que buscam caracterizar a trabalhabilidade do concreto, usualmente, analisam a consistência a partir da facilidade de fluxo da mistura (ROMANO; CARDOSO; PILEGGI, 2011). Nesse contexto, a forma de medir comumente usada nos canteiros de obras é o ensaio de abatimento de tronco de cone, também conhecido *slump test*.

O *slump test* relaciona a medida de abatimento em milímetros e o grau de trabalhabilidade do concreto no estado fresco (Figura 13). A partir desse procedimento é possível verificar a coesão da mistura e a consistência da massa. Além disso, ainda que exista forte influência do operador, esse ensaio é uma importante ferramenta no controle da variabilidade da umidade ou granulometria dos agregados carregados durante as betonadas (NEVILLE, 2016).

Figura 13 - Procedimento do ensaio de abatimento de tronco de cone



Fonte: Mehta e Monteiro (2014).

Segundo Neville (2016) é recomendado a adição de água na mistura para dias em que a temperatura do ambiente estiver mais elevada e deve-se fazer o ensaio de abatimento de tronco de cone após descarga da betoneira e no momento do lançamento, a fim de garantir a trabalhabilidade adequado para o adensamento. Para a NBR 12655 (ABNT, 2015) deve-se fazer o ensaio de abatimento sempre na primeira betonada do dia, no reinício da concretagem após parada de duas horas, na troca de operários, na moldagem de corpos de prova e na variação da umidade do agregado.

Nessa perspectiva, a boa trabalhabilidade do concreto fresco deve garantir a homogeneidade da mistura, que consiste na distribuição uniforme dos agregados na pasta de

cimento, sem que ocorra segregação facilmente, melhorando a qualidade do conjunto concreto e aço.

2.3.3 Propriedades do concreto no estado endurecido

Ainda que durabilidade e permeabilidade sejam grandezas bastante importantes para fabricação de um concreto armado de qualidade, a resistência a compressão é o principal atributo do composto para a maioria das construções em concreto armado, em razão de prevalecer os esforços de compressão no concreto e ser possível relacionar a resistência à compressão a outros parâmetros físicos, inclusive a durabilidade. A NBR 6118 (ABNT, 2014) estabelece expressões que determinam a resistência a diversos tipos de solicitações a partir da resistência à compressão do concreto.

A forma mais utilizada de determinar essa propriedade é a partir da confecção de corpos de prova cilíndricos para serem rompidos com idade de 28 dias (Figura 14), conforme especificações de moldagem da NBR 5738 (ABNT, 2015) e de execução do ensaio da NBR 5739 (ABNT, 2018). Este ensaio intenciona a confirmação do atendimento aos parâmetros estabelecidos em projeto de estrutura, assim como, determinar a rastreabilidade de concreto em diversos elementos estruturais.

Figura 14 - Moldagem de corpos de prova cilíndricos.



Fonte: Filho (2010)

No entanto, para Evangelista (2002) e Filho (2010), as propriedades do concreto *in situ*, além de outros intervenientes, variam de acordo com cada elemento estrutural, pela diferença no lançamento, compactação e cura, logo, a resistência real da estrutura é menor do

que a obtida nos ensaios com corpos de prova. Segundo Bauer (2018), muito fatores interferem nos resultados dos testemunhos moldados, como variação nas condições de cura, de umidade, manuseio excessivo da amostra e o próprio operador.

A revisão do projeto para especificar aceitação de partes da estrutura a partir da rastreabilidade dos corpos de prova, a realização de nova análise por extração de testemunhos, por exemplo, são procedimentos adotados em caso de não conformidade da resistência atingida no ensaio com o especificado em projeto. Verificado a não concordância com a resistência em projeto, conforme a NBR 7680-1 (ABNT, 2015), deve-se especificar restrições na estrutura, providenciar projeto de reforço ou optar pela demolição parcial ou total.

Nesse contexto os fatores que exercem influência direta na resistência do concreto são as propriedades dos materiais constituintes do concreto, incluindo os aditivos e adições minerais, as proporções de cada componente na mistura, as condições de cura e idade do concreto (NEVILLE, 2016, BAUER, 2018, MEHTA; MONTEIRO, 2014). Para Mehta e Monteiro (2014), indiscutivelmente a relação entre o fator água/cimento e a porosidade é a mais importante, em razão de afetar tanto a porosidade da matriz de argamassa de cimento, como da zona de transição do concreto.

Dessa forma, a definição dos parâmetros de projeto deve ser aliada ao plano de controle de qualidade da estrutura de concreto armado, a aplicação de alto cobrimento nas armaduras ou o uso de um cimento especial, somado com os procedimentos corretos de cura e adensamento, são favoráveis ao aumento da qualidade do produto final (BERTOLINI, 2010).

É imprescindível que uma estrutura em concreto armado atinja a resistência necessária para os esforços solicitantes da edificação, para que seja satisfeito as condições de segurança, sendo fundamental a avaliação sistemática, demonstração e registro no decorrer de todo processo de produção, proporcionados pelo controle tecnológico do concreto (HELENE; ANDRADE, 2010).

3 MÉTODO DE PESQUISA

A presente pesquisa propõe-se a analisar as circunstâncias e particularidades a qual se dá a execução de edificações em concreto armado dentro da cidade de Crateús – CE, assim como, elaborar um guia de boas práticas para serviços de concretagem aplicáveis na região.

Desse modo, optou-se por realizar uma pesquisa com abordagem qualitativa e de natureza exploratória e descritiva, em razão da pesquisa qualitativa fundamentar-se na compreensão minuciosa de uma situação, para que seja assimilado através de descrição aprofundada (COOPER; SCHINDLER, 2016). Além disso, o caráter exploratório deve-se a finalidade de explicitar uma problemática, identificar aspectos importantes e contextualizar uma situação, concluindo a investigação a partir da pesquisa descritiva (VIERA, 2002).

Nesse sentido, em razão da necessidade de melhor compreensão sobre o assunto, empregou-se como estratégia de pesquisa o estudo de caso múltiplo.

3.1 Caracterização das obras

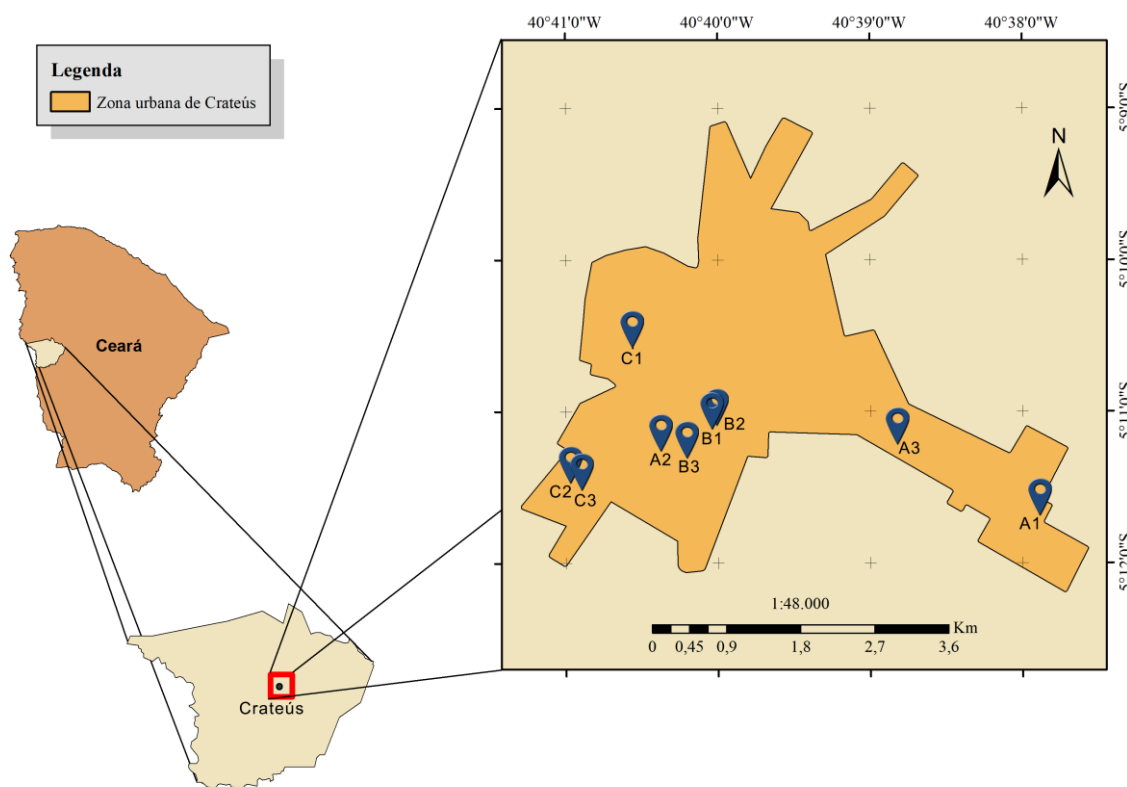
A seleção das obras teve como critério fundamental: estar na etapa de execução dos serviços de concretagem, assim como, está situada na zona urbana da cidade de Crateús - CE. Essa especificação fundamentou-se na ampla presença de obras habitacionais e de instituições públicas e privadas na região.

Foi realizado um levantamento preliminar sobre os tipos de obras mais frequentes na cidade agrupando-se as obras em três categorias:

- a) Edificações de financiamento público;
- b) Edificações comerciais privadas;
- c) Edificações residenciais privadas.

Para cada categoria foram investigados três exemplares, totalizando nove obras (A1, A2, A3, B1, B2, B3, C1, C2 e C3). A Figura 15 apresenta o mapa da cidade de Crateús com a localização aproximada de cada obra.

Figura 15 - Mapa da cidade com a localização aproximada das obras visitadas



Fonte: Autor (2019).

A obra A1 está localizada na BR-226 no bairro Venâncios, situada em região de baixa densidade de construções, sendo financiada pelo Tesouro do Estado e pelo Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE) e concebida por construtora através de licitação pública com valor próximo a 11 milhões de reais. Constitui-se de um conjunto de blocos de edificações de até dois pavimentos, que tem como finalidade a prestação de serviços. A visita foi realizada durante a fase final de execução de elementos em concreto armado.

A obra A2 situa-se no bairro Nova Terra e é financiado pelo Tesouro do Estado e Convênio Federal. Possui um único pavimento, tem a finalidade de prestação de serviços e é executada por construtora a partir de processo licitatório, orçado no valor de aproximadamente 2 milhões de reais. Foi visitada durante a fase de execução de fundação em concreto armado. A terceira edificação, obra A3, possui financiamento do Tesouro Nacional e Convênio Federal, situa-se na BR-226, caracterizando-se como edificação de pavimento único com a finalidade de prestação de serviço, também estava fase final de execução de concreto armado, realizada por construtora selecionada por licitação estimada em 4 milhões de reais.

A obra B1 trata-se da expansão de uma edificação comercial de alto padrão, possui três pavimentos, tem custeamento privado, com contratação de empresa de engenharia local, e a finalidade é a prestação de serviços, está localizada no bairro São Vicente. A obra B2 é a construção de um laboratório, definindo-se como edificação comercial de dois pavimentos em fase de final de execução de elementos em concreto armado de financiamento privado e executada por construtora da região, também situada no bairro São Vicente.

A última edificação comercial de subsídio privado, obra B3, é um edifício comercial de pavimento único em fase final de concretagem, que será utilizada como mercado. Localizada no bairro Santa Luzia, região de bastante concentração de residências, sua execução é realizada pela contratação de empresa de engenharia.

A obra C1 é uma edificação residencial unifamiliar de um único pavimento e padrão médio, situada no bairro Altamira em região com alta presença de residências. Sua concepção se dá por profissionais com experiência empírica na construção de casas, ou seja, não há supervisão técnica da obra.

A obra C2 situa-se no bairro Campo Velho, em loteamento de terrenos, caracterizando-se como uma edificação unifamiliar de padrão médio de um único pavimento, executada por empresa de engenharia. Como anterior, a obra C3 localiza-se no mesmo loteamento, sendo uma edificação residencial unifamiliar de alto padrão com um pavimento, concebida por empresa de engenharia.

3.2 Procedimento de pesquisa

3.2.1 Levantamento e tratamento de dados

A coleta de dados foi efetuada durante a realização de visitas técnicas no período de agosto a novembro de 2019. Durante as visitas foram realizados registros fotográficos, observações e entrevista semiestruturada aos responsáveis pela obra, a qual apresenta roteiro detalhado de entrevista, similar a um questionário, para que seja possível orientar a sequência das perguntas, permitir comparação direta, mas ainda assim permitir seguir o caminho de pensamento do entrevistado (COOPER; SCHINDLER, 2016).

A Figura 15 apresenta uma síntese das etapas executadas para elaboração da pesquisa.

O desenvolvimento do questionário consistiu, inicialmente, no planejamento do que seria avaliado, evidenciando os objetivos da pesquisa. Após revisão da literatura,

elaborou-se o roteiro de entrevista a ser aplicada ao responsável técnico da obra nos locais de investigação. Para levantamento da tipologia da obra, as questões foram objetivas, no entanto, foram utilizadas questões subjetivas abrangendo os seguintes parâmetros:

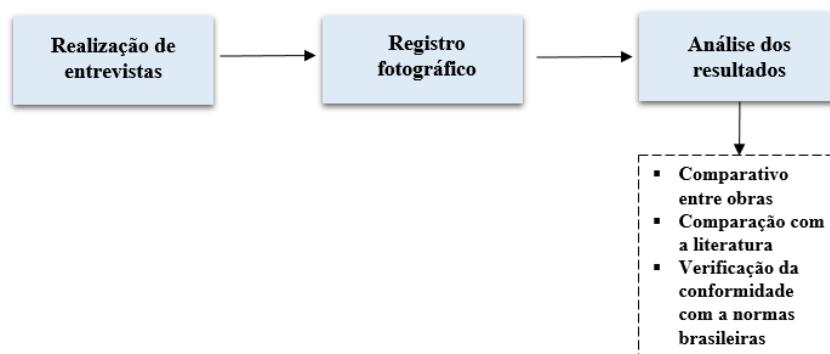
- a) Especificações de projeto;
- b) Etapas do processo de concretagem;
- c) Controle tecnológico do concreto.

Após a delimitação do conteúdo do questionário, assim como, a definição do texto das perguntas, foi feito o sequenciamento dos tópicos e agrupamento de subtópicos para a compilação de um único questionário. Por fim, revisou-se o produto final para verificar a coerência entre as questões elaboradas e as informações que se desejavam obter. No Anexo A está exposto o resultado final do questionário.

Após a realização das visitas técnicas, foi realizada a transcrição das entrevistas, a administração do conteúdo coletado, conversão de dados em tabelas e a apresentação dos resultados. Posteriormente, foi feita análise comparativa dos conceitos de diversos autores da literatura e normas brasileiras, destacando divergências, semelhanças e complementaridades.

A Figura 16 apresenta os passos da coleta e tratamento de dados.

Figura 16 - Fluxograma do processo de coleta e tratamento de dados.



Fonte: Autor (2019).

A seguir está apresentado os detalhes da elaboração do guia de boas práticas.

3.2.3 Elaboração do guia de boas práticas

De posse do perfil de execução de obras de concreto armado na cidade de Crateús, iniciou a elaboração de um guia de boas práticas para este serviço, que possa ser aplicado de

acordo com a realidade da cidade. Para este fim, foram levantados dados da literatura sobre o assunto e analisado o conteúdo das NBR's especificadas na Quadro 1.

Quadro 1 - Normas utilizadas na elaboração de guia de boas práticas

Normas brasileiras	Título
NBR 12655:2015	Concreto de cimento Portland - Preparo, controle, recebimento e aceitação – Procedimento
NBR 6118:2014	Projeto de estruturas de concreto — Procedimento.
NBR 7211:2009	Agregados para concreto - Especificação.
NBR 7680:2015	Concreto - Extração, preparo, ensaio e análise de testemunhos de estruturas de concreto.
NBR 15900-1:2009	Água para amassamento do concreto. Parte 1: Requisitos.
NBR NM 67: 1998	Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone.
NBR 5738:2015	Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova.
NBR 5739:2018	Concreto - Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos.
NBR 8953:2015	Concreto para fins estruturais - Classificação pela massa específica, por grupos de resistência e consistência.
NBR 11768-1:2019	Aditivos químicos para concreto de cimento Portland
NBR 9778:2005	Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica

Fonte: Autor (2019).

Por fim, foram compilados os procedimentos e recomendações presentes na literatura. Foi necessária uma análise cuidadosa a respeito da disponibilidade local de alguns procedimentos. Desse modo, elaborou-se um guia de práticas específico para o setor da construção civil crateuense, a fim de aperfeiçoar o ramo, de acordo com a demanda e viabilidade de execução na localidade.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Apresentação dos resultados

As informações reunidas acerca das obras visitadas estão apresentadas nesta seção. O texto destaca aspectos relevantes, assim como, particularidades de cada obra e características comuns a todas. Ao final deste tópico está ilustrado o guia de boas práticas para execução de obras de concreto armado na cidade de Crateús-Ceará.

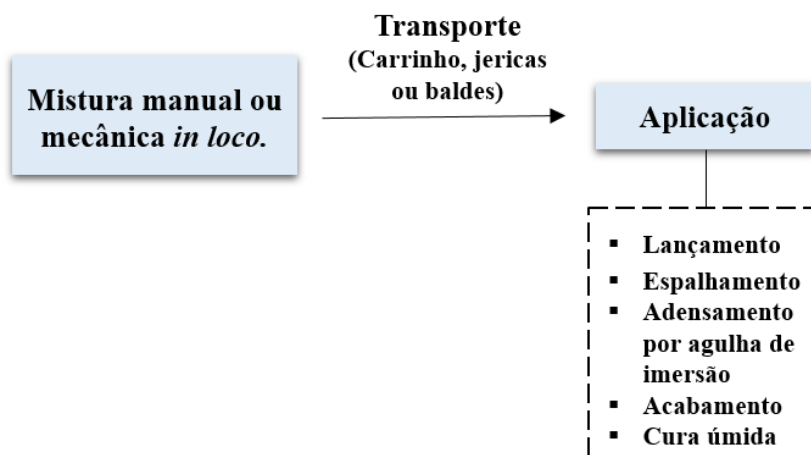
4.1.1 Aspectos gerais

Entre as características comuns à maioria das obras visitadas, destaca-se o fluxo de execução dos serviços de concretagem. Os materiais são recebidos e armazenados no canteiro de obras. Geralmente os concretos produzidos são compostos por cimento, brita, agregado graúdo e miúdo, sem a utilização de aditivos químicos e adições minerais, portanto, trata-se de concretos convencionais. A mistura do concreto é feita *in loco*, mecanizada (betoneiras) ou manualmente.

O transporte e lançamento é realizado utilizando equipamentos como carrinho de mãos, jericá, entre outros. Não se observou o cuidado com a preparação do caminho para a locomoção do concreto dentro da obra, com isso, a etapa de transporte fica sujeito a grandes inclinações ou solavancos. O adensamento é feito por agulha de imersão ou apiloamento, mais presente na maioria das edificações privadas, com auxílio de peças de madeira ou barras de aço e a cura úmida (aspersão de água em intervalos).

De modo geral, as etapas de execução de concreto armado em Crateús seguem os passos mostrados no fluxograma da Figura 17.

Figura 17 - Etapas de execução de concreto armado.



Fonte: Autor (2019).

As etapas praticadas nas obras de Crateús seguem a sequência comum dos serviços de concretagem, contudo, ressalta-se a predominância de atividades manuais, neste caso, a qualidade do serviço é dependente da experiência dos executores e do encarregado pela obra, além dos recursos disponíveis para a devida execução.

No armazenamento de armaduras e agregados, constatou-se um padrão nas obras: a ausência de depósito destinado a estocagem dos materiais de construção. Desse modo, os materiais eram geralmente estocados próximos da betoneira, em contato direto com solo e com outros materiais, por exemplo, pedra britada em contato direto com areia natural. Nesse sentido, as figuras a seguir apresentam a disposição dos materiais componentes do concreto nas obras visitadas, onde é possível notar a ausência de separação física e a exposição desses insumos à sólidos e líquidos prejudiciais as propriedades do concreto, portanto, em desacordo com a NBR 12655 (ABNT, 2015).

A Figura 18 mostra a central de concretagem montada em espaço reduzido e o cimento empilhado do lado, assim como, a areia e a brita em montes lado a lado nas instalações da obra A1.

Figura 18 - Armazenamento de materiais na obra A1



Fonte: Autor (2019).

A Figura 19 expõe os materiais do concreto dispostos no centro do canteiro da obra A2 próximos a betoneira.

Figura 19 - Armazenamento de materiais na obra A2



Fonte: Autor (2019).

Para a Figura 20 os materiais constituintes do concreto apresentação também em pilhas próximos a betoneira, situados do lado de fora do canteiro de obra A3.

Figura 20 - Armazenamento de materiais na obra A3



Fonte: Autor (2019).

A Figura 21 mostra montes de britas e materiais de descarte da peneiração da areia pertos da betoneira, localizado na porta do canteiro da obra B1.

Figura 21 - Armazenamento de materiais na obra B1



Fonte: Autor (2019).

A Figura 22 exhibe os agregados utilizados para o preparo do concreto do lado de fora da obra B2 em pilhas próximo a via pública.

Figura 22 - Armazenamento de materiais na obra B2



Fonte: Autor (2019).

A Figura 23 apresenta montes de areia e brita dispostos em terreno desocupado próximos à obra B3.

Figura 23 - Armazenamento de materiais na obra B3



Fonte: Autor (2019).

A Figura 24 ilustra os agregados utilizados na mistura do concreto em contato direto com solo em área desocupada vizinha à obra C1.

Figura 24 - Armazenamento de materiais na obra C1



Fonte: Autor (2019).

A Figura 25 expõe a disposição dos agregados na obra C2 também em terreno desocupado vizinho a obra, em que se verifica o contato dos materiais diretamente com o solo e materiais de descarte.

Figura 25 - Armazenamento de materiais na obra C2



Fonte: Autor (2019).

A Figura 26 mostra a estocagem dos materiais utilizados no concreto da obra C3, dispostos em terreno vizinho e sem a presença de separação física.

Figura 26 - Armazenamento de materiais na obra C3



Fonte: Autor (2019).

Percebe-se também o armazenamento inadequado da água de amassamento do concreto, com ausência de proteção contra contaminação.

4.1.2 Obra A1

A obra A1 possui projeto estrutural, o qual informa as especificidades do concreto, como grau de agressividade, traço, cobrimento do concreto, e ART. Todavia, ainda que exista engenheiro para o acompanhamento da obra, o mesmo não está diariamente, limitando-se a alguns dias da semana em um período do dia. Cabe ao mestre de obras a supervisão da execução do concreto armado e do controle tecnológico. São feitas verificação da consistência por meio do *slump test* diariamente e confecção de corpos de prova para ensaiar a resistência a compressão

Segundo o mestre de obras entrevistado, está indicado em projeto a resistência característica de 30 MPa e outras especificações, de acordo com o estabelecido pela NBR 6118 (ABNT, 2014). Na Tabela 2, é apresentado os parâmetros presentes no projeto estrutural da obra A1.

Tabela 2 - Especificações de projeto da obra A1.

Projeto calculado para as seguintes condições	
Resistência característica do concreto (f_{ck})	> 30 Mpa
Módulo de elasticidade do concreto (E_c)	> 30, 670 Mpa
Classe de agressividade	3 (Marinha)
Cobrimento	Fundações – 5 cm
	Pilares – 4 cm
	Vigas – 4 cm
	Lajes – 3 cm

Fonte: Projeto estrutural de domínio público.

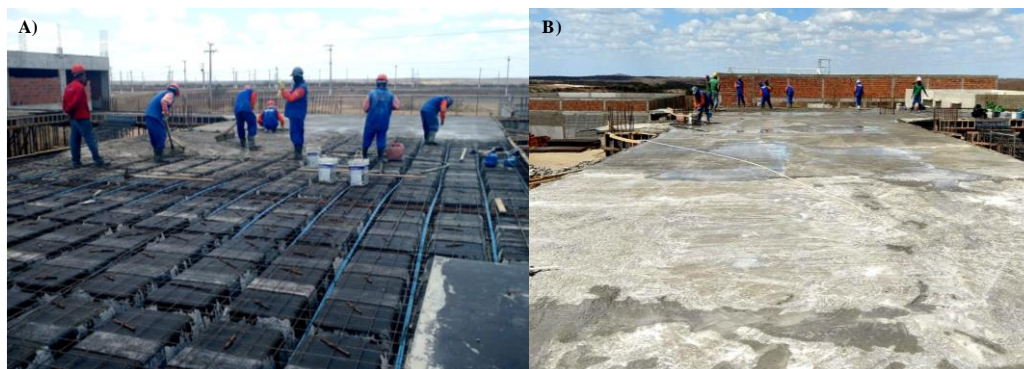
É previsto no projeto estrutural a quantidade de água do traço, variando entre 18 e 20 litros, dependendo da umidade do agregado na obra. A determinação da quantidade de água é feita a partir de análise visual e conhecimento empírico do responsável pela mistura do concreto na betoneira.

Esta obra é a única, entre as analisadas, a adotar medidas para minimizar os efeitos geração de calor de hidratação do cimento, limitando a concretagem ao período de 14 às 19 horas, a fim de que o pico de temperatura da mistura não coincida com a maior temperatura do ambiente (geralmente no período da tarde), fator positivo na prevenção de fissuras no concreto. Essa precaução é confirmada pela NBR 14931 (ABNT, 2004), que determina o emprego de soluções que evitem a perda de água por evaporação logo após o lançamento e adensamento do concreto fresco para ambientes de concretagem muito quentes.

Para o deslocamento do concreto na obra é empregado um trator retroescavadeira. Conforme verificado, para pavimentos superiores é feito um talude para o trator se aproximar do pavimento, descarregando a mistura em baldes e em seguida lançando na laje. Pode-se verificar que tal procedimento pode favorecer a ocorrência de segregação dos materiais e exsudação. A NBR 14931 (ABNT, 2004) recomenda ações que não comprometam a homogeneidade da mistura em razão do tipo de transporte, evitando sujeitá-la a inclinações e permitindo o lançamento direto nas fôrmas.

Na Figura 27a é mostrado o lançamento de do concreto na laje nervurada com o auxílio de baldes e na Figura 27b apresenta a superfície em processo de cura úmida.

Figura 27 – A) Lançamento e espalhamento do concreto em laje; B) Cura de laje



Fonte: Autor (2019).

Segundo a Secretaria de Recursos Hídricos do Ceará em 2018, o estado está inserido em região com características climáticas com elevadas taxas de evaporação. Nesse sentido, a realização da cura do concreto na obra a partir de ciclos de molhagem não seria a melhor alternativa à qualidade do concreto para esse cenário. Dessa forma, elementos estruturais como lajes (Figura 26b), por exemplo, é recomendado a cura por recobrimento com lonas plásticas ou mantas térmicas, em razão desses materiais reterem melhor a umidade e protegerem da ação de sol e vento.

No contexto da cidade de Crateús, com alta temperatura, baixa umidade e ventos fortes, é imprescindível a adoção de medidas para evitar a retração térmica, em razão do surgimento de fissuras ser bastante prejudicial a durabilidade da estrutura, previsto em Helene e Andrade (2010).

4.1.3 Obra A2

A presente obra possui projeto, em que se faz presente as especificidades do concreto utilizado em obra e ART, assim como o responsável técnico pela obra é um engenheiro, o qual não estava presente durante a realização da visita, logo, o responsável entrevistado foi o mestre de obras.

Para a obra A2, o procedimento de preparo do concreto não possui especificação em projeto em relação à adição de água para melhoria da trabalhabilidade, sendo feito empiricamente a variação da quantidade de água no traço, além de não ser realizado o controle da consistência do concreto pelo abatimento de tronco de cone (*slump test*), sendo

apenas preparados corpos de prova para análise da resistência a compressão em circunstâncias de laboratório no município de Sobral.

Além disso, o mestre de obras responsável relatou a substituição da brita de 19 milímetros por uma de 25 milímetros, com a finalidade de reduzir o consumo de cimento, e, conseqüentemente, o custo do concreto. Nesse contexto, ainda que existam pesquisas científicas buscando desenvolver concretos de baixo consumo de cimento que atendam a exigência de resistência característica, estes são viabilizados com a adição de fíller e materiais pozolânicos, assim como, com o uso aditivos superplastificantes na mistura nas devidas proporções (PEREIRA, 2010; REBMANN, 2011). Assim, o aumento do tamanho da brita e a diminuição da quantidade de cimento afetam as propriedades do concreto fresco e endurecido. Contudo, o racionamento de cimento é benéfico em termos de custo e sustentabilidade, desde que não afete a trabalhabilidade e resistência final (MEHTA; MONTEIRO, 2014).

Após o adensamento da mistura com agulha de vibração, o concreto é molhado em intervalos de duas horas, todavia, durante a visita técnica, constatou-se que a superfície de fundações ainda com a forma, estava exposta ao sol e vento continuamente (Figura 28).

Figura 28 - Elemento de fundação ainda com fôrmas



Fonte: Autor (2019)

Essa situação é semelhante à obra A1, em que método de cura por aspersão de água em intervalos não é o mais adequado às condições climáticas da região.

4.1.4 Obra A3

A terceira obra pública possui ART e apresenta em seu projeto os parâmetros necessários à qualidade do concreto, como classe de agressividade, traço, cobrimento e quantidade de água. Todavia, ambos engenheiro e mestre de obras estavam ausentes no momento da entrevista, este último, de acordo com o encarregado, estava viajando. O funcionário afirmou existir controle tecnológico do concreto a partir da confecção de corpos de prova cada vez que são concretadas lajes, vigas ou pilares e enviados para serem ensaiados em Fortaleza, como também é feito o ensaio de abatimento de tronco de cone (*slump test*) no canteiro.

Segundo o encarregado da obra, é seguido as instruções de projeto, como o traço determinado, e não há variação na quantidade de água, assim como, não se usa aditivos plastificantes, independente da umidade dos agregados. Logo, não há uma correção da quantidade de água a partir do grau de umidade da areia.

No canteiro de obras são adotadas medidas para o controle da qualidade dos agregados. Previamente à concretagem, é feita a lavagem da brita e peneiramento da areia quando se constata a presença de materiais prejudiciais advindos da jazida. Todavia, a efetividade desse processo é incerta, devido a solução de armazenamento de materiais adotada no canteiro ser inadequada, conforme apresentado na Figura 29.

Figura 29 - Estocagem de materiais feita na obra A3.



Fonte: Autor (2019).

Após a homogeneização da mistura com a betoneira, é utilizado trator retroescavadeira (Figura 30) para o transporte, assim como na obra A1.

Figura 30 - Trator retroescavadeira utilizado no transporte de concreto.



Fonte: Autor (2019).

Outro fator interveniente é o modo de lançamento do concreto, feito em alguns casos diretamente da pá do trator, sendo lançado em queda livre em pontos localizados todo o volume, sendo prejudicial ao processo de adensamento da peça e estando em desacordo com o indicado na NBR 14931 (ABNT, 2004).

4.1.5 Obra B1

No canteiro de obra, estava ausente engenheiro e mestre de obras, sendo assim realizado a entrevista com o encarregado da obra. A obra B1 ainda que possua projeto apresentando traço, tipo de brita e cobrimento mínimo e ART, não é especificado em projeto a resistência característica (f_{ck}) do concreto. Conforme a NBR 12655 (ABNT, 2015) é obrigatório a identificação da resistência característica à compressão (f_{ck}) em todos os desenhos e memórias de descrição técnica do projeto estrutural.

Ainda se verificou que não são confeccionados corpos de prova para ensaio de resistência a compressão, todavia, diante desse cenário, o ensaio seria imprescindível para verificar a conformidade da resistência mecânica do concreto preparado nesse canteiro, em vista do concreto ser condicionado a elevada variabilidade na sua mistura. Além disso,

segundo relato, o controle de consistência do concreto (*slump test*) é feito esporadicamente, como afirmado foi realizado apenas para a concretagem de escada.

4.1.6 Obra B2

A entrevista foi realizada com o encarregado da obra, que relatou que o engenheiro realiza visitas esporádicas e o mestre de obra vem diariamente às manhas. O mesmo informou haver projeto especificando traço, agressividade, resistência do concreto, assim como ART.

Segundo relato do encarregado pela obra, para o traço do concreto há uma quantidade fixa de areia, brita e cimento, sendo a água adicionada conforme a experiência do responsável pela mistura. Além disso, não é feito qualquer verificação das propriedades do concreto no seu estado fresco e endurecido.

Ademais, a água utilizada para amassamento do concreto está desprotegida contra contaminações, na ocasião da visita apresentava coloração verde (Figura 31), indicando a possível presença de elevada matéria orgânica, estando em desacordo com a NBR 14900-1 (ABNT, 2009), que especifica a coloração da água deve ser amarela claro a incolor e adequado armazenamento.

Figura 31 - Armazenamento de água para amassamento da obra.



Fonte: Autor (2019).

Nesse contexto, a qualidade da água do concreto pode afetar a pega do cimento, ocasionar corrosão da armadura e manchas na concretagem, sendo aspecto prejudicial a resistência e durabilidade da edificação (NEVILLE; BROOKS, 2013).

4.1.7 Obra B3

Na visita ao canteiro de obras, o engenheiro estava ausente, ainda que o mestre responsável pela obra tivesse afirmado que o engenheiro realiza o acompanhamento ininterrupto da obra. Além disso, o mestre de obras afirmou haver ART e existir projeto da edificação, todavia, fica a encargo do engenheiro determinar os parâmetros como traço, resistência do concreto, cobrimento mínimo.

Nessa edificação foi adotada a mistura manual do concreto em superfície em contato com solo, materiais cerâmicos e outros agentes deletérios à mistura (Figura 32). Tal solução, além de menos benéfica para a homogeneização do concreto, exige um consumo maior de cimento e cuidados no processo de mistura dos componentes do concreto

Figura 32 - Mistura manual do concreto na obra B3



Fonte: Autor (2019).

Assim como a edificação anterior, não são feitos ensaios de controle da consistência e resistência a compressão do concreto previstos pela NBR 12655 (ABNT, 2015).

4.1.8 Obra C1

A presente obra possui ART e projeto, entretanto, o engenheiro encarregado pela obra é responsável por determinar os parâmetros como traço, resistência do concreto, cobrimento mínimo, entre outros. Além disso, o acompanhamento diário fica a cargo do mestre de obras.

Assim como em grande parte das obras visitadas, é feita a adição de água no traço empiricamente, visando a melhoria da consistência da mistura. Também não é feito controle tecnológico do concreto no estado fresco e endurecido.

A Figura 33 mostra a mistura do concreto feita sobre o asfalto da rua em que se localiza a obra, expondo o concreto fresco à contaminação por materiais nocivos.

Figura 33 - Mistura manual do concreto na obra C1



Fonte: Autor (2019).

Durante a visita estava sendo executado a concretagem de pilar, a qual não apresentava cobrimento mínimo para a armaduras e adensamento do concreto. Segundo a NBR 6118 (ABNT, 2014), as características do concreto e a qualidade do concreto de cobrimento são parâmetros bastante influentes na durabilidade de uma estrutura, os quais garantem a proteção física e química das armaduras, a ausência dessa defesa significa sujeitar a estrutura a agressividade do ambiente.

4.1.9 Obra C2

Para a concepção dessa edificação, há projeto e ART, todavia o responsável técnico, mestre de obras, informou ser comprometido apenas pela execução da fundação, para os demais elementos em concreto armado, como pilares e vigas, são encarregados outros profissionais. Nesse contexto, com a divisão da execução da estrutura em concreto armado, cada encarregado utiliza o traço a qual está habituado, não havendo padronização nos processos executivos e propriedades do concreto armado.

Assim como na maioria das edificações analisadas na cidade de Crateús, durante o processo de lançamento é adicionada água para melhoria da consistência do concreto em espera para o lançamento nas fôrmas. Desse modo, para um mesmo traço, partes do concreto apresentam resistência diferentes, permeabilidades diferentes, assim como os demais elementos em concreto armado, ocasionando elevada variabilidade na estrutura.

O responsável informou ainda existir uma preocupação em utilizar o concreto em um período máximo de duas horas, sendo um fator positivo em razão de a NBR 14931 (ABNT, 2004) definir o tempo máximo entre o contato da água com o cimento e fim da concretagem não ultrapassar duas horas e meia. Todavia, não é realizada verificação da consistência do concreto e da resistência a compressão.

4.1.10 Obra C3

A terceira obra de edificação residencial do grupo C possui projeto e ART, não havendo determinado em projeto o traço, a resistência, o cobrimento mínimo e classe de agressividade. Além disso, a responsabilidade da execução da obra é exercida pelo encarregado, uma vez, que o engenheiro e o mestre de obras estavam ausentes, os mesmos realizam visitas esporádicas à obra.

No processo de mistura dos componentes do concreto relatou-se haver quantidade específica para os materiais do concreto, todavia, são acrescentados água e cimento conforme o julgamento do responsável pela concretagem. Esse procedimento, altera a relação água/cimento da mistura, interferindo em diversas propriedades.

Assim como na obra B2, a água de amassamento do concreto apresenta cor e turbidez, indicando presença de material sólido e matéria orgânica, sendo necessário a realização de ensaios para a verificação dos parâmetros de aceitabilidade dessa água para o uso em concreto armado de acordo com a NBR 15900 (ABNT, 2009).

A Figura 34 mostra o local de mistura do concreto, próximo ao local de armazenamento dos agregados e da água utilizada na concretagem.

Figura 34 - Local de armazenamento e mistura de materiais componentes do concreto.



Fonte: Autor (2019).

Além disso, não é efetuado na obra a confecção de corpos de prova ou *slump test* para a verificação da consistência do concreto fresco.

4.2 Discussão dos aspectos críticos

Os quadros 2, 3 e 4 resume os aspectos críticos a serem discutidos referentes aos grupos A, B e C, respectivamente.

Quadro 2 - Síntese dos pontos críticos do Grupo A

Grupo A			
Aspecto analisado	Obra A1	Obra A2	Obra A3
Projeto	Sim	Sim	Sim
Responsável técnico	Mestre	Mestre	Encarregado
Armazenamento de materiais	Canteiro	Canteiro	Canteiro
Mistura	Mecânica	Mecânica	Mecânica
Controle da relação a/c	Sim	Não	Sim
Controle de umidade da areia	Não	Não	Não
Ensaio de consistência	Sim	Não	Sim
Controle da resistência	Sim	Sim	Sim

Fonte: Autor (2019).

Quadro 3 - Síntese dos pontos críticos do Grupo B

Grupo B			
Aspecto analisado	Obra B1	Obra B2	Obra B3
Projeto	Sim	Sim	Sim
Responsável técnico	Encarregado	Encarregado	Mestre
Armazenamento de materiais	Canteiro	Canteiro	Canteiro
Mistura	Mecânica	Mecânica	Manual/ Mecânica
Controle da relação a/c	Não	Não	Não
Controle de umidade da areia	Não	Não	Não
Ensaio de consistência	Sim	Não	Não
Controle da resistência	Não	Não	Não

Fonte: Autor (2019).

Quadro 4 - Síntese dos pontos críticos do Grupo C

Grupo C			
Aspecto analisado	Obra C1	Obra C2	Obra C3
Projeto	Sim	Sim	Sim
Responsável técnico	Mestre	Encarregado	Encarregado
Armazenamento de materiais	Canteiro	Canteiro	Canteiro
Mistura	Manual	Manual	Manual
Controle da relação a/c	Não	Não	Não
Controle de umidade da areia	Não	Não	Não
Ensaio de consistência	Não	Não	Não
Controle da resistência	Não	Não	Não

Fonte: Autor (2019).

Consta-se que nenhuma obra visitada tem engenheiro residente, sendo gerida diariamente por mestres e encarregados. Todas apresentam projeto arquitetônico, contudo, somente em obras públicas existem os projetos estruturais.

Em todas as obras verificou-se a ausência de baias para o armazenamento de agregados miúdo e graúdo, esse aspecto pode ser prejudicial ao concreto. Nessa perspectiva, segundo Meier (2011), os agregados contaminados com impurezas orgânicas, presença de torrões de argila e elevado teor de material pulverulento, resultam em menor resistência a compressão na idade de 28 dias e interferem na granulometria do agregado, ultrapassando a zona utilizável das curvas granulométricas estabelecidas pela NBR 7211 (ABNT, 2009). Conforme Barbosa, Coura e Mendes (2008), o teor de material pulverulento é positivo dentro de limites estabelecidos em norma, quando excessivos, ocasiona perda da trabalhabilidade e dificulta a homogeneização da mistura, provocando queda na resistência.

Além disso, Moravia *et al.* (2004) verificaram a absorção elevada de água por torrões de argila, que ocasionam a perda da trabalhabilidade do concreto e resistência mecânica. Por outro lado, Weidmann (2008) concluiu que alterações nas composições granulométricas podem influenciar consideravelmente o desempenho do concreto. Desse modo, é necessária a caracterização tecnológica previamente à concretagem e estocagem adequada (BUEST NETO, 2006).

Em todas as obras analisadas não se observou a utilização de insumos para melhoria das propriedades do concreto, como aditivos plastificantes e superplastificantes. Os componentes do concreto são os usuais: cimento, areia, brita e água. Todavia, Sobhani, Najime e Pourkhorshidi (2001) em sua pesquisa alcançaram acréscimo na resistência à compressão a partir da inclusão de superplastificante na mistura para o ganho de fluidez do concreto fresco, obtendo-se o oposto com a adição de água. Além disso, segundo Weidmann *et al.* (2007) é inquestionável as vantagens do uso de aditivos para a fluidez e resistência do concreto, desde que sejam realizados estudos experimentais considerando os materiais empregados, processo executivo e condições climáticas.

Além disso, entre as obras visitadas, apenas as pertencentes ao grupo A realizavam algum controle da relação a/c. Nas demais obras, a quantidade de água é determinada empiricamente, de acordo com o julgamento da trabalhabilidade adequado, que por sua vez, depende da expertise do operador. Ainda, não era realizado o controle de umidade da areia, para correção do traço em nenhuma obra, o que torna impreciso a real quantidade de água utilizada. Portanto, não é possível determinar com exatidão a relação água/cimento dos concretos utilizados nas edificações, sendo esta um fator intrínseco à qualidade do concreto (TUTIKIAN; HELENE, 2011).

Nessa perspectiva, o concreto preparado *in loco* nas obras de edificações privadas apresentará maior variabilidade em suas propriedades, em razão da imprecisão da relação água/cimento do concreto e da incerteza da consistência ser a ideal para o correto adensamento da mistura. Ainda se destaca o procedimento realizado na Obra C3, que para melhoria da consistência da mistura em espera para ser lançada, são adicionados água e cimento sem embasamento científico. Nesse sentido, é bastante citado na literatura o aumento na relação água/cimento, para a melhoria da fluidez, como fator determinante na diminuição da resistência à compressão do concreto (TEIXEIRA, PELISSER, 2007; BARBOSA *et al.* 2017; POLESELLO *et al.*, 2013; MEHTA, MONTEIRO, 2014).

De modo geral, a relação água/cimento exerce influência direta sobre a porosidade da pasta de cimento hidratado, a qual interfere na resistência e permeabilidade, para tanto, a

dosagem adequada dos componentes do concreto visa atender os requisitos do projeto estrutural e as condições do canteiro de obra (MEHTA; MONTEIRO, 2014; NEVILLE, 2016).

Conforme a NBR 12655 (ABNT, 2015), a dosagem empírica limita-se a concretos de classe C10 e C15, com consumo mínimo de 300 kg de cimento por metro cúbico, todavia, essas classes de concreto, segundo a NBR 6118 (ABNT, 2014), podem ser utilizadas apenas em obras sem fins estruturais ou estruturas provisórias e não em concreto armado, como no caso das obras analisadas.

No tocante ao controle tecnológico, percebe-se a predominância da ausência de procedimentos que atestem e registrem a qualidade da estrutura em concreto armado das edificações nas obras do grupo B e C, exceto a obra B1, que realiza o ensaio de consistência (*slump test*). As obras do grupo A, com exceção da obra A2, realizam tanto o ensaio de consistência quanto o controle da resistência. Nesse sentido, constatou-se que nas obras privadas predomina a cultura arcaica na produção e controle da qualidade do concreto.

É provável que isto seja justificável pela carência de fiscalização do cumprimento do que é estabelecido em projeto e das normas técnicas brasileiras, a partir da ação das instituições a qual é atribuída essa função. Além disso, o provedor financeiro em muitos casos não possui conhecimento técnico na área, priorizando o produto final e confiando o processo de execução a empresa contratada. Mas vale ressaltar que é previsto pela NBR 12655 (ABNT, 2015) a realização do ensaio de resistência a compressão para cada tipo e classe de concreto locado na edificação, assim como, a efetuação do ensaio de consistência, geralmente realizado pelo abatimento do tronco de cone (*slump test*) para situações previstas pela mesma norma. Portanto, esses ensaios são denominados de ensaios de aceitação do concreto.

Nesse contexto, uma das principais contribuições do ensaio de abatimento de tronco de cone é o controle da variação da condição dos materiais carregados na betoneira entre amassamentos, como o grau de umidade e a granulometria dos agregados, para que seja possível a devida correção. Portanto, a não realização desse ensaio pode ser prejudicial às etapas subsequentes da execução do concreto armado (NEVILLE, 2016). Além disso, a não verificação da resistência à compressão representa a ausência da conferência da qualidade da execução do concreto. Portanto, não é possível atestar o atendimento ou não das especificações determinadas em projeto.

Ademais, em nenhum dos grupos os entrevistados manifestaram conhecimento da NBR 12655 (ABNT, 2014). Segundo Silva (2011), uma das principais finalidades de norma técnicas é a padronização do grau de qualidade dos materiais e procedimento de serviços, o não conhecimento da normatização pelo responsável técnico na fase de projeto e execução

muitas vezes está relacionado ao surgimento de manifestações patológicas, que interferem na qualidade da edificação finalizada.

Segundo as NBR 12655 (ABNT, 2015) e NBR 14931 (ABNT, 2004), ao responsável técnico pela execução da estrutura cabe a escolha da modalidade de preparo do concreto, atendimento dos requisitos de projeto, procedimentos como retirada de fôrmas, concretagem em temperaturas muito quentes e outras tomadas de decisão. Todavia, todos os entrevistados não possuíam formação técnica para a execução de estruturas de concreto, prevalecendo o conhecimento majoritariamente empírico na concepção dessas edificações em Crateús.

4.3 Guia de boas práticas de serviços de concretagem

O guia de boas práticas reúne as principais considerações sobre os procedimentos de concreto moldado *in loco*. Visando a demanda de melhorias na execução de concreto armado em Crateús, reúne-se as considerações da literatura desde o recebimento dos materiais até a cura do concreto.

4.3.1 Recebimento e armazenamento dos componentes do concreto armado

Ao receber os materiais que compõem a mistura do concreto, o agregado miúdo deve ter separação física através de baias com piso de concreto e drenagem, assim como o graúdo deve-se encontrar em baias separadas em granulometrias diferentes de brita (Figura 35). Todos os materiais devem estar indicados com placas suas características e data de recebimento.

Figura 35 - Esquema de armazenamento de agregados em obra.

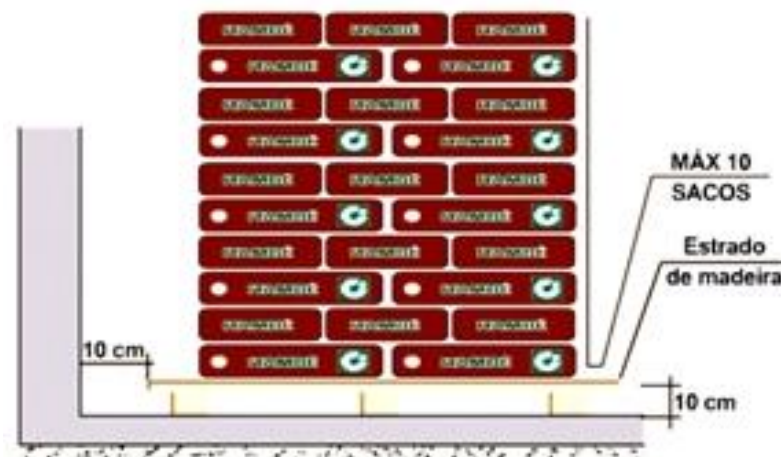


Fonte: Adaptado de www.portaldoconcreto.com.br/agregados.

O armazenamento do cimento visa conservar suas propriedades físicas e químicas até a sua utilização, devendo ser estocado em local seco e impedindo o contato com umidade (RIBEIRO; PINTO; STARLING, 2013). Para curto período, pode-se utilizar lonas para cobrir os sacos, os quais devem ser colocados sobre estrados de madeira a 10 cm do chão em pilhas de até dez sacos (BAUER, 2018).

A Figura 36 apresenta o modo de armazenamento do cimento em pilhas, devendo-se realizar a rotatividade do estoque.

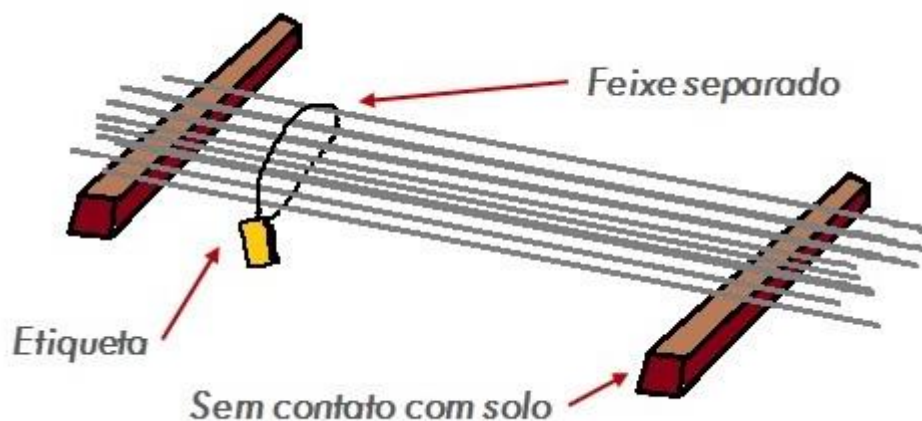
Figura 36 - Empilhamento de sacos de cimento



Fonte: <https://www.cimentoitambe.com.br/armazenagem-do-cimento/>.

Assim como os demais materiais, para o estoque de aço deve ser evitado o contato direto com o solo, a partir do uso de caibros, devendo-se as pilhas estarem catalogadas com etiquetas visíveis (Figura 37). O material deve estar protegido de intempéries, caso armazenado a céu aberto, cobrir com lona plástica.

Figura 37 - Armazenamento de aço em canteiros.



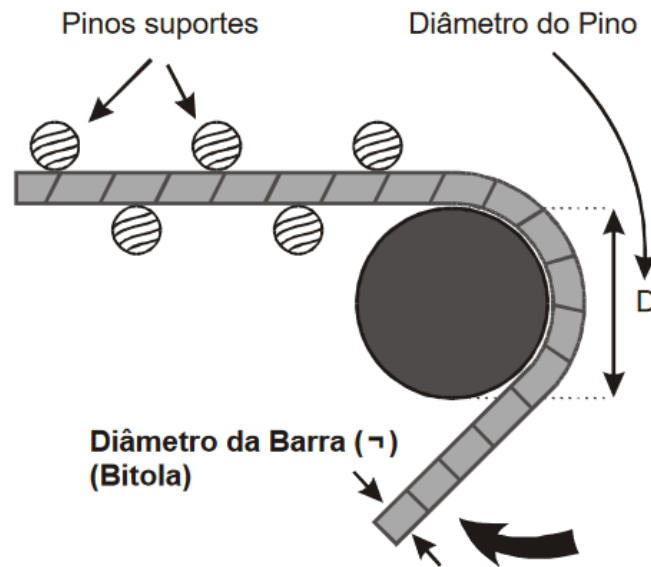
Fonte: Adaptado de www.engenheironocanteiro.com.br/estoque-aco-de-construcao/.

4.3.2 Corte, dobra e posicionamento das armaduras

Para a garantia do trabalho conjunto do sistema concreto e aço há alguns cuidados a serem tomados em relação ao manuseio de armaduras empregadas nos elementos em concreto armado.

Para o corte de fios e barras utiliza-se talhadeiras, tesourões especiais, máquinas de corte e discos de corte, devendo-se avaliar a demanda de corte de armaduras e o diâmetro das mesmas, para escolher a opção mais efetiva para essa operação. A talhadeira é recomendada para fios de até 6,3 mm, os tesourões para fios e barras de até 16 mm, para grande quantidade de aço é indicado o uso de máquinas de corte manuais ou motorizadas (BARROS; MELHADO, 1998).

O processo de dobramento se dá preferencialmente em bancadas de madeiras grossas, contendo elementos que assegurem a dobra do material sem o seu rompimento ou danificação na região dobrada (Figura 38).

Figura 38 - Esquema de mesa de dobramento vista por cima

Fonte: Andrade (2019).

Os pinos suportes são utilizados de apoio, impedindo o deslocamento da barra na mesa ao fazer esforço para a dobra, assim como o pino é o ponto de dobramento, o qual que deve ter diâmetro igual ou próximo do diâmetro da barra. Segundo a NBR 6118 (ABNT, 2014), o diâmetro dos pinos de dobramento segue a especificações da Tabela 3.

Tabela 3 - Diâmetro dos pinos de dobramento

Bitola da barra a dobrar	Diâmetro do pino para cada tipo de aço		
	CA25	CA50	CA60
Menor que 20 mm	2 Φ	4 Φ	5 Φ
Maior que 20 mm	4 Φ	6 Φ	

Fonte: Adaptada de NBR 6118 (ABNT, 2014).

Após realizados os corte e dobra do aço, é executada a ligação entre as barras e estribos através de arame recozido, devendo-se considerar aspectos como dimensões e método de transporte para decidir entre a montagem de armaduras na central de armação ou diretamente nas fôrmas (BARROS; MELHADO, 1998). Para garantir o posicionamento adequado nas fôrmas pode-se utilizar espaçadores (Figura 39) ou pastilhas fixadas à armadura, feitos de concreto, argamassa, plástico ou metal (Figura 40).

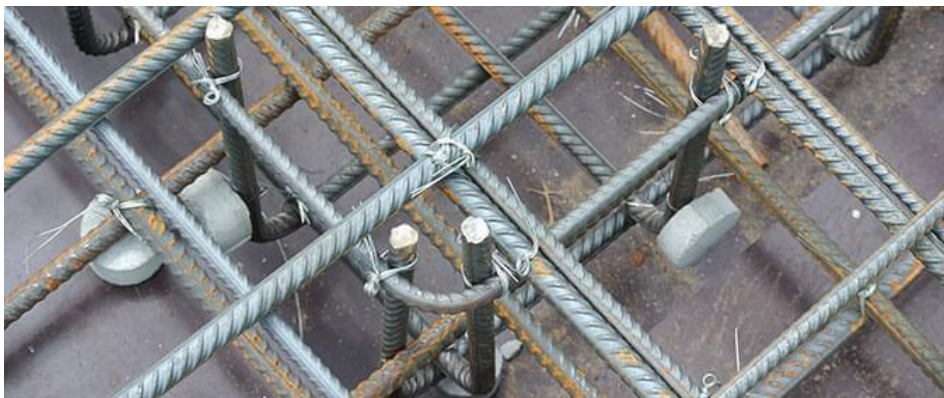
Figura 39 - Espaçadores em pilar



Fonte: www.sumeriaconstrucoes.com.br/espacadores/

Os espaçadores devem ser distribuídos para que toda a armadura apresente o cobrimento mínimo estabelecido, assim como resista as movimentações durante o processo de execução.

Figura 40 - Utilização de espaçadores de concreto no posicionamento das armaduras



Fonte: www.aecweb.com.br.

Com a devida locação das armaduras nas fôrmas, a etapa subsequente é a aplicação do desmoldante adequado e, por fim, o preenchimento com concreto, adotando o procedimento adequado de execução do concreto a partir das condições impostas em projeto e em canteiro de obra.

4.3.3 Mistura, transporte, lançamento, adensamento e cura do concreto

Os materiais que compõem o concreto devem ser misturados até formar um conjunto homogêneo, dando preferência ao uso de equipamentos para a mistura mecânica. A betoneira de eixo inclinado (Figura 41) é um dos equipamentos mais eficientes para esta etapa, além de proporcionar homogeneidade e rapidez no processo, pode ser deslocada dentro do canteiro de obras.

Figura 41 - Betoneira de eixo inclinado



Fonte: Cordeiro *et al.* (2017).

Segundo a NBR 12655 (ABNT, 2015), a utilização de equipamentos deve seguir as orientações do fabricante quanto a capacidade de carga, operação, velocidade e tempo de mistura. A NBR 14931 (ABNT, 2004), recomenda a verificação das condições operacionais dos equipamentos disponíveis e sua adequação à quantidade de concreto a ser produzido e transportado.

Para a situação de obra, a medida do traço para um saco de cimento deve ser feita com auxílio de padiolas próprias para cada agregado. Assim como dever ser previsto a correção da quantidade de água do traço devido ao grau de umidade dos agregados através do método *speedy* ou método da frigideira para períodos chuvosos, ou buscar proteger os agregados contra a umidade.

A utilização da frigideira é acessível e consiste na colocação de 100 gramas de agregado em uma frigideira, sujeitando a amostra ao fogo por dez minutos, revolvendo

durante o processo. A determinação da umidade é feita a partir da diferença entre massa, solo úmido e solo seco, dividida pela massa de solo seco, obtidas utilizando uma balança móvel (TAVEIRA,2006). Assim, é feita uma estimativa da quantidade de água a ser descontada no amassamento para situações de presença da umidade nos agregados, ficando a critério do responsável técnico pela obra.

Vale enfatizar que o conhecimento das características e propriedades dos componentes do concreto, como massa específica, inchamento do agregado miúdo, absorção de água, teor de material pulverulento, entre outras, são de suma importância para a correta dosagem do concreto. Assim, é necessário a caracterização dos materiais, seguindo as especificações das normas, a partir do auxílio de laboratório de tecnologia de materiais de construção mais próximo.

Também é indicado o uso de balde graduado (Figura 42) para melhor controle e precisão do volume de água empregado no amassamento do concreto.

Figura 42 - Balde com graduação de volume em litros



Fonte: www.bremenimportadora.com.br.

Além disso, no contexto da cidade é recomendado a utilização de aditivos redutores de água (plastificantes) tipo 1 (RA1) (NBR 11768-1, 2019). Conhecido comercialmente como plastificantes, polifuncionais e multifuncionais, em virtude da redução da relação água/cimento, assim como, no retardamento da pega devido às elevadas temperaturas. Ressalta-se que é fundamental avaliar e testar o comportamento do concreto em traço piloto com o uso desse tipo de aditivo. Para tanto, é relevante a escolha do cimento, dos agregados, da água e os fatores externos, como a temperatura do ambiente, avaliando o

desempenho do aditivo em dosagens entre 0,5 e 1,2 % da massa de cimento (WEIDMANN *et al.*, 2007).

Após a homogeneização dos componentes do concreto, adota-se a solução de transporte mais adequada para o deslocamento no canteiro de obras. Para o transporte horizontal, limitar as distâncias em até 60 metros em carrinhos de mão (Figura 43a) ou jericas (Figura 43b) com pneus com câmaras de ar, estabelecendo caminhos próprios para o transporte (Figura 43c) para evitar trepidação e vibrações excessivas (BASTOS, 2019).

Figura 43 - Equipamentos para transporte horizontal de concreto: A) carrinhos de mão; B) jericica; C) passarelas de movimentação de concreto.



Fonte: Adaptado de Araújo e Freire (2004).

Segundo a NBR 14931 (ABNT, 2004), o processo de lançamento do concreto dever ser realizado com técnica que minimize a segregação ocasionada pelo transporte a partir do uso de funis (Figura 44), calhas e trombas, preenchendo-se uniformemente as peças e tendo maior cuidado no lançamento a altura superior a 2 metros. A mesma norma ainda caracteriza o processo imediatamente após o lançamento, em que o concreto deve ser vibrado ou apiloado com equipamento adequado.

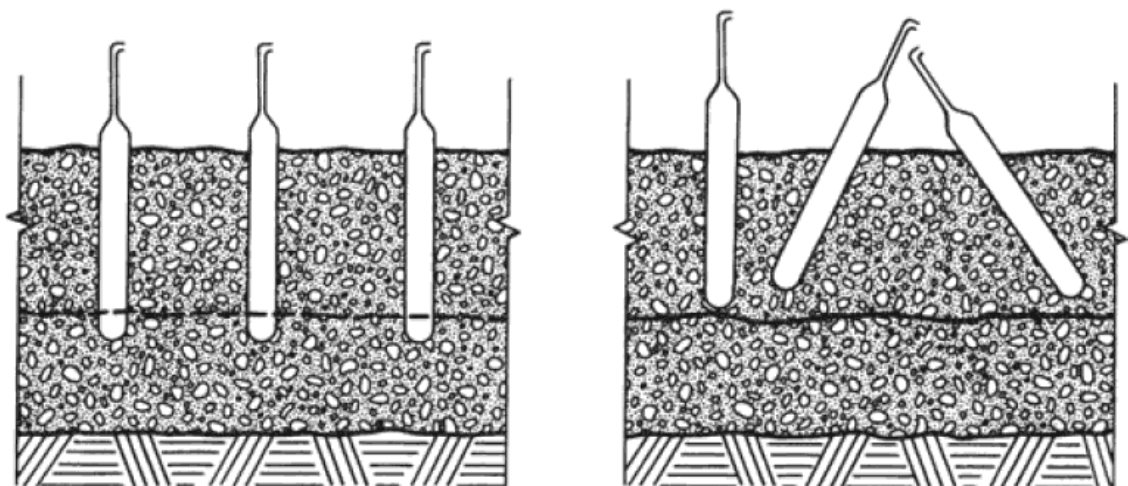
Figura 44 - Funil para lançamento de concreto



Fonte: www.ufrgs.br.

O adensamento, usualmente, deve ser feito em lajes, vigas e pilares com o auxílio de vibradores de imersão em camadas de até 20 cm, devendo-se ter o cuidado em dispor a agulha na vertical (Figura 45), não a movendo na horizontal, evitando contato com fôrmas e armaduras (MEHTA; MONTEIRO, 2014). Além disso, deve ser feita a vibração a cada 0,5 ou 1 metro entre cinco e trinta segundos, dependendo da consistência da mistura, retirando-se gradualmente da agulha (NEVILLE, 2016).

Figura 45 - Posicionamento de vibradores agulha em concreto fresco



Correto

Incorreto

Fonte: Neville (2013).

Para o processo de cura do concreto, uma das propostas ideais para as condições climáticas da região é o uso de mantas úmidas e lonas (Figura 46) para minimizar as perdas de água devido a insolação e ação do vento, principalmente em superfícies planas e extensas, cobrindo com o material impermeável a área previamente molhada.

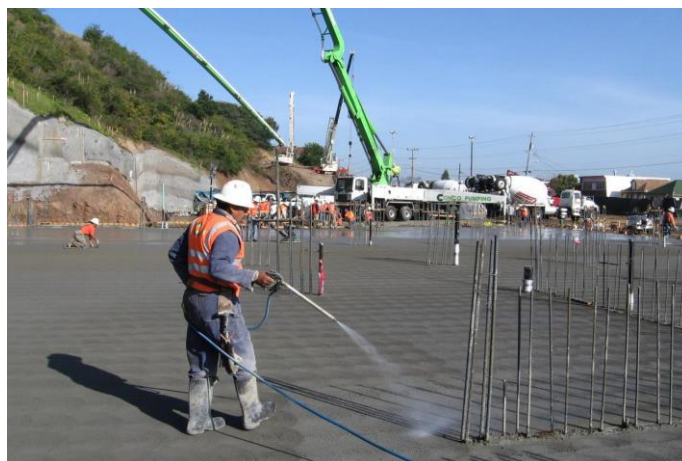
Figura 46 - Cura por recobrimento úmido de laje.



Fonte: www.comunidadeconstrucao.com.br.

A sugestão alternativa é a cura por aspersão na superfície em intervalos intercalados, indicado para elementos de concreto armado menores em razão de demandar maior frequência para obter-se resultados satisfatórios (Figura 47).

Figura 47 - Cura por aspersão de água na superfície do concreto



Fonte: www.geocontract.com.br/.

Nessa perspectiva, além da correta realização das etapas executivas do concreto armado, é imprescindível aferir as propriedades do concreto no seu estado fresco e endurecido, a fim de garantir a resistência e durabilidade esperadas da estrutura.

4.3.4 Controle tecnológico do concreto

A NBR 12655 (ABNT, 2015), prevê a realização de ensaios de controle tecnológico e qualidade do concreto para cada tipo e classe de concreto a ser locado na estrutura. Nesse sentido, é especificado em norma a efetuação de ensaio de consistência a partir do abatimento de tronco de cone (*Slump Test*) e ensaios de resistência a compressão.

O *Slump* test é um método simples para atestar a uniformidade entre betonadas, uma variação maior que a usual de abatimento, podendo indicar alteração na proporção de componentes e granulometria de agregados, por exemplo, e possibilitar a sua correção (MEHTA; MONTEIRO, 2014). Esse ensaio deve ser realizado sempre na primeira amassada do dia, na troca de operadores, moldagem de corpos de prova e ao reiniciar o preparo após interrupção de duas horas.

O procedimento para o ensaio se dá a partir do preenchimento de fôrma de tronco de cone em três camada adensadas cada uma com 25 golpes, da retirada do molde verticalmente e da medição da diferença entre a altura do molde e a altura da massa de concreto (Figura 48).

Figura 48 - Medição do abatimento do concreto com auxílio de trena



Fonte: www.visualconcretos.com.br/ue-e-o-slump-test/.

Segundo NBR 12655 (ABNT, 2015), a determinação da resistência a compressão do concreto deve ser determinada a partir da confecção de corpos de prova, dividindo a estrutura em lotes que contemplem um volume de 50 m³ de concreto, um pavimento ou uma concretagem de três dias de duração. A amostragem pode ser total, para cada betonada um corpo de prova, ou amostragem parcial, com confecção de no mínimo seis exemplares para concretos de classes até C50 e doze para classes superiores a C50.

Nessa perspectiva, é recomendado a aquisição de kit de *slump test* e treinamento do operador da betoneira para a realização do ensaio, assim como a aquisição de moldes de aço para a moldagem de corpos de prova e o acompanhamento na moldagem dos corpos de prova (Figura 49), os quais devem ser enviados para serem rompidos no laboratório de controle tecnológico mais próximo.

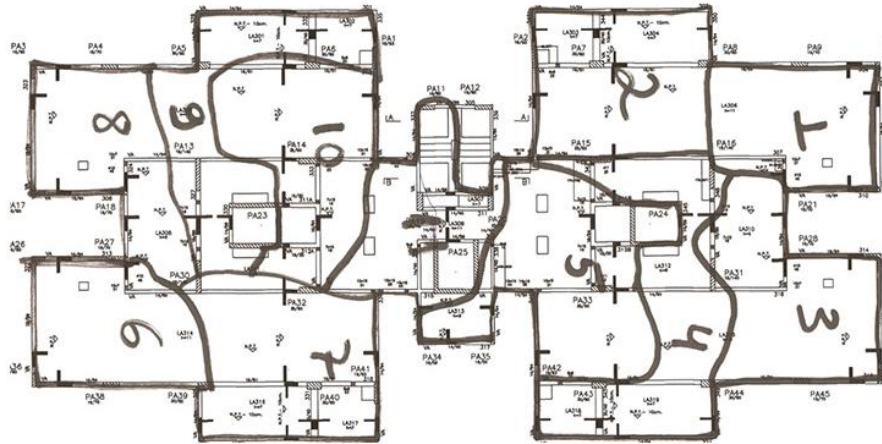
Figura 49 - Moldagem de corpos de prova. A) Preenchimento em camadas B) Adensamento C) Arrasamento do corpo de prova



Fonte: Adaptado de Dallabrida e Veigas (2014).

A moldagem dos corpos de prova deve ser feita em camadas variando de acordo com a determinação da NBR 5738 (ABNT, 2015), assim como o método de adensamento e número de golpes por camada. Ressalva-se que os moldes devem estar previamente revestidos internamente com fina camada de óleo mineral ou outro lubrificante inerte ao cimento.

Além disso, deve ser feito mapa da concretagem (Figura 50), que consiste em documento identificando em qual parte da estrutura o concreto de cada betoneira foi lançado, contribuindo para o controle da qualidade final da estrutura, caso ocorra baixa resistência com o resultado da ruptura dos corpos de prova, o responsável técnico saberá a região prejudicada e a medida a ser adotada dependendo do local afetado, com auxílio do engenheiro responsável pelo projeto estrutural.

Figura 50 - Mapa de concretagem

Fonte: www.mapadaobra.com.br.

Recomenda-se o mapeamento conforme é lançado o concreto em planta de área com a divisão por cores ou números, criando planilhas de controle contendo informações como tipo de concreto, data e hora da concretagem, resistência alcançada com os corpos de prova. Seguindo esse procedimento é possível efetuar a rastreabilidade do concreto e saber as características do concreto de cada elemento estrutural na edificação, além de ser documentação comprobatória da qualidade da estrutura.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve por objetivo realizar o levantamento do procedimento de controle de qualidade de estruturas de concreto armado em obras na cidade de Crateús – CE, para tanto efetuou-se estudo de caso múltiplo em nove obras.

Assim é possível identificar os materiais empregados na produção de concreto são: cimento, areia, brita e água. Além disso, não se constatou a utilização de aditivos químicos para melhoria das propriedades do concreto, assim como, de adições minerais suplementares ao cimento Portland, para redução do consumo de cimento

Não se verificou procedimentos de controle de qualidade dos materiais do concreto, como a caracterização e avaliação das propriedades desses materiais. Desse modo, não são conhecidas as propriedades dos agregados miúdos, graúdos e da água. Também não se verificou estudo de dosagem do traço para adequação das propriedades do concreto, em função das propriedades de seus componentes. Nas obras do grupo A, apesar de seguir o proporcionamento do concreto indicado em projeto, nenhum estudo das características dos componentes foi realizado.

Os procedimentos para o serviço de concretagem seguem o fluxo comum: mistura, transporte, lançamento, adensamento, acabamento e cura. Contudo, os procedimentos para cada uma dessas etapas variam de acordo com as circunstâncias de obra e tomada de decisão do responsável pela mesma. Verificou-se a predominância de práticas manuais e tomadas de decisão com fundamentação empírica em todas obras analisadas. Tais comportamentos podem ser prejudiciais aos principais parâmetros de qualidade do concreto armado, como resistência e durabilidade, em parte ocasionada pela ausência de parametrização das etapas executivas do concreto armado, conseqüentemente, a variabilidade na qualidade do produto final.

A maneira de armazenamento dos materiais do concreto armado, a adição de água para melhoria de trabalhabilidade da mistura fresca, a ausência de controle tecnológico, entre outros, são aspectos que interferem na qualidade da estrutura e demandam adequada administração, todavia, verificou-se a permanência dessa conjuntura na concepção da maioria das edificações em concreto armado de subsidio privado em Crateús. No entanto, observou-se que as obras de financiamento público possuíam maior cuidado na execução do concreto, apresentando procedimentos de controle de qualidade, isso deve-se, possivelmente, a presença de fiscalização e a dependência de aprovação da mesma para o recebimento de recurso

financeiro para continuidade da obra. Ainda assim, é possível melhorias também para esse grupo.

Um outro aspecto é a ausência de responsável com formação técnica para o exercício da função em todas obras analisadas durante a visita, em grande parte das construções a supervisão por engenheiro é feita esporadicamente. Esse fato, corrobora para a permanência de procedimentos empíricos e defasados na construção civil de Crateús.

Por fim, a elaboração do guia de boas práticas compreendeu processos indispensáveis à qualidade de estruturas em concreto armado e salientou os aspectos que demandam atenção para a conjuntura da cidade de Crateús.

Sugere-se para trabalhos futuros a análise das estruturas após a concretagem e a investigação de manifestações patológicas nos elementos em concreto armado. Assim como a verificação dos procedimentos de dosagem do concreto e levantamento dos traços empregados para a execução de estruturas em concreto armado em Crateús –CE.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12655**: Concreto de cimento Portland - Preparo, controle, recebimento e aceitação - Procedimento. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto — Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7680**: Concreto - Extração, preparo, ensaio e análise de testemunhos de estruturas de concreto. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15900-1**: Água para amassamento do concreto. Parte 1: Requisitos. Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 67**: Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, **NBR 16697**: Cimento Portland – Requisitos. Rio de Janeiro, 2018.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, **NBR 14931**: Execução de estruturas de concreto armado – Procedimento. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, **NBR 7680 - 1**: Concreto – Extração, preparo, ensaio e análise de testemunhos de estruturas de concreto. Parte 1 – Resistência à compressão axial. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, **NBR 9935**: Agregados – Terminologia. Rio de Janeiro, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, **NBR 12653**: Materiais Pozolânicos – Requisitos. Rio de Janeiro 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, **NBR 14931**: Execução de estruturas em concreto – Procedimento. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, **NBR 5738**: Concreto – Procedimento para moldagem e cura dos corpos de prova. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, **NBR 5739**: Concreto – Ensaio de compressão dos corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, **NBR 8953**: Concreto para fins estruturais - Classificação pela massa específica, por grupos de resistência e consistência. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, **NBR 11768-1**: Aditivos químicos para concreto de cimento Portland. Parte 1 – Requisitos. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, **NBR 9778**: Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica. Rio de Janeiro, 2005.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM C 125**: Standart terminology relating to concrete and concrete aggregates. In: AAnnual Book of ASTM, 2015.

AZEREDO, H. A. **O edifício até sua cobertura**. 2ª edição revisada. São Paulo: Blucher, 1997.

ANDRADE, T. Tópicos sobre Durabilidade do Concreto. In: ISAIA, G. C. (Editor), **Concreto: Ensino, Pesquisa e Realizações**. São Paulo: IBRACON, 2005. cap.25, vol.1, p. 753-792.

ANDRADE, J. L. M. **Dobramento do aço para a construção civil**. Disponível em: www.belgo.com.br/pro/dobramento.pdf. Acesso em: 5 de dezembro de 2019.

ANDOLFATO, R. P. **Controle tecnológico básico do concreto**. Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. Ilha Solteira, 2002.

BARDELLA, P. S. BARBOSA, D. C. CAMARINI, G. **Sistemas de curas em concretos produzidos com cimento Portland de alto forno com utilização de sílica ativa**. 1 Encontro nacional de Pesquisa-Projeto-Produção em concreto pré-moldado. São Carlos, 2005

BARBOSA, M. T. G. COURA, C. V. G. Estudo sobra a areia artificial em substituição à natural para confecção de concreto. **Rev. Ambiente Construído**. v. 8, n. 4, p. 51-60, 2008.

BARBOSA, L. S. GONÇALVES, E. C. SANTOS, T. M. S. SARTORI, A. L. Influência do tempo máximo de mistura e transporte especificado pela ABNT NBR 7212:2012 na resistência a compressão de concretos usinados. **Rev. de engenharia civil IMED**, v. 4, n. 2, p. 20-33. Passo Fundo, 2017.

BATAGIN, A. F. CURTI, R. SILVA, C. O. MUNHOZ, F. A. C. **Influência das condições de cura em algumas propriedades dos concretos convencionais e de alto desempenho**. 44 Congresso brasileiro. São Paulo: IBRACON, 2002

BARROS, M. M. S. B. MELHADO, S. B. **Recomendações para a produção de estruturas de concreto armado em edifícios**. São Paulo, 1998, EPUSP – SENAI.

BAUER, L. A. F. **Materiais de Construção I**. 5. ed revisada. Rio de Janeiro: Editora LTC, 2018.

BASTOS, P. S. S. **Fundamentos do concreto armado**. Notas de aula – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista. Bauru, 2006

BASTOS, P. K. X. **Construção de edifícios**. Apostila – Faculdade de Engenharia, Universidade de Juiz de Fora. Juiz de Fora, 2019.

BOTELHO, H. C. MARCHETTI, O. **Concreto armado eu te amo**. São Paulo: Edgar Bluncher, 2004

BERTOLINI, L. **Materiais de construção: patologia, reabilitação e prevenção**. 1 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

CECCONELLO, V.; TUTIKIAN, B. A influência das baixas temperaturas na evolução das resistências do concreto. **Rev. IBRACON Estrut. Mater.**, São Paulo, v. 5, n. 1, p. 68-83, Fev. 2012. Disponível em: www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1983-41952012000100006&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 25 out. 2019.

CARASEK, Helena; *et al.* Parâmetros da areia que influenciam a consistência e a densidade de massa das argamassas de revestimento. **Matéria (Rio J.)**, Rio de Janeiro, v. 21, n. 3, p. 714-732, Setembro, 2016. Disponível em: www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1517-70762016000300714&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 9 de out. 2019.

CARVALHO, R. C. FILHO, J. R. F. **Cálculo e detalhamento de Estruturas Usuais de Concreto Armado – Segundo a NBR 6118:2003**. São Carlos, São Paulo, 2013.

COOPER, D. R. SCHINDLER, P. S. **Métodos de pesquisa em administração**. 12 ed. São Paulo: AMGH Editora Ltda, 2016

DAL MOLIN, D. C. C. Adições minerais para concreto estrutural. **Concreto: Ensino, pesquisa e realizações**. 1 ed. São Paulo: IBRACON, 2005.

DIÁRIO DO NORDESTE. **Mercado imobiliário de Crateús se expande**. Disponível em: www.diariodonordeste.verdesmares.com.br/editorias/regiao/mercado-imobiliario-de-crateus-se-expande-1.352575. Acesso em: 29 de jun. 2019.

DIÁRIO DO NORDESTE. **Stand: mercado imobiliário tem 1º bimestre positivo em 2018**. Disponível em: www.diariodonordeste.verdesmares.com.br/editorias/negocios/coluna/stand-1.214/stand-mercado-imobiliario-tem-1-bimestre-positivo-em-2018-1.1932591. Acesso em 29 de junho de 2019.

ELONEN, S. ARTTO, K. A. Problems in managing internal development projects in multi-project environments. **International Journal of Project Management**, v. 2, n. 6, p. 395-402. Agosto de 2003.

EVANGELISTA, A. C. J. Avaliação da resistência do concreto usando diferentes ensaios não destrutivos. Tese (Doutorado). Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2002.

FABRO, Fabiana et al. Influência da forma dos agregados miúdos nas propriedades do concreto. **RIEM - IBRACON Structures and Materials Journal**, [S.l.], v. 4, n. 2, mar. 2011. ISSN 1983-4195. Disponível em: www.revistas.ibracon.org.br/index.php/riem/article/view/174. Acesso em: 07 out. 2019.

FERREIRA, G. A. JUNIOR, C. A. F. **Mercado de Agregados no Brasil**. XV Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Metalurgia Extrativa & VIII Meeting of the Southern Hemisphere on Mineral Technology, Goiânia, 2013.

FERRAZ, H. Aço na construção civil. **Rev. Eletrônica de Ciências**, 22.

FIESS, J. R. OLIVEIRA, L. A. BIANCHI, A. C. THOMAZ. E, **Causas da ocorrência de manifestações patológicas em conjuntos habitacionais do estado de São Paulo**. Conferência latino-americana de construção sustentável, encontro nacional de tecnologia do ambiente construído, 2004.

FIGUEIREDO, E. P., Inspeção e Diagnóstico de Estruturas de Concreto com Problemas de Resistência, Fissuras e Deformações. In: ISAIA, G. C. (Editor), **Concreto: Ensino, Pesquisa e Realizações**. São Paulo: IBRACON, 2005. cap. 33, vol. 2, p. 985-1015.

FILHO, C. A. N. **Contribuição ao controle tecnológico de concretos estruturais de cimento Portland, em ambientes marítimos**. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2010

FREIRE, T. M. **Produção de estruturas de concreto armado, moldadas in loco, para edificações: caracterização das principais tecnologias e formas de gestão adotadas em São Paulo**. São Paulo, 2001.

FONSECA, G. C. **Adições minerais e as disposições normativas relativas à produção de concreto no Brasil: uma abordagem epistêmica**. Dissertação (MESTRADO) – Universidade Federal de Minas Gerais. Minas Gerais, 2010

HELENE, P. ANDRADE. T. Concreto de Cimento Portland. **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais**. Cap. 29. IBRACON, 2010.

HELENE, P. R. L. Introdução da durabilidade do concreto. **Revista Ambiente Construído**. v.1 n. 2, p. 45-57. São Paulo: IBRACON, 1997.

HONÓRIO, D. E. **A qualidade de vida do operário da construção civil e sua importância na qualidade e produtividade em obras**. 2002. 128f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2002.

MEIER D. **Análise da qualidade do agregado miúdo fornecido em Curitiba e região metropolitana**. Trabalho de conclusão de curso. Universidade Tecnológica do Paraná. Curitiba, 2011.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concrete: Microstructure, Properties, and Materials**. 4 ed. McGraw-Hill Education 2014.

MORAVIA, W. G. OLIVEIRA, C. A. S. VASCONCELOS, W. L. GUMIERI, A. G. **Caracterização microestrutural de argila expandida para aplicação como agregado em concreto estrutural leve**. Anais do 48 Congresso brasileiro de cerâmica. Curitiba, 2004.

NEVILLE, A. M. **Propriedades do Concreto**, 5 ed. Porto Alegre: Bookman, 2016.

NEVILLE, A. M. BROOKS, J. J. **Tecnologia do concreto**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

NETO, G. T. B. **Estudo da substituição de agregados miúdos naturais por agregados miúdos britados em concretos de cimento Portland**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2006.

OLIVEIRA, J. A. J. *et. al.* Análise da eficiência das empresas de construção civil listadas na BM&F Bovespa: uma aplicação da análise envoltória de dados. **REFICON – Revista de finanças e contabilidade da UNIMEP**. v. 4 n. 2, p. 54-72. Julho de 2017.

PEDROSO, F. L. Concreto: as origens e a evolução do material construtivo mais usado pelo homem. **Revista Concreto e Construções**. n. 53. São Paulo: IBRACON, 2009.

PEREIRA, T. A. Z. C. **Concreto auto adensável, de alta resistência, com baixo consumo de cimento Portland e com adições de fibras de lã de rocha ou poliamida**. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo. São Carlos, 2010.

PEURIFOY et al. **Planejamento, equipamentos e métodos para a construção civil**. 8 ed. Porto Alegre: Bookman, 2015

PINHEIRO, L. M. **Fundamentos do concreto e projeto de edifícios**. Escola de engenharia de estruturas, Universidade de São Carlos. São Carlos, 2007.

PINHEIRO, L. M. MUZARDO, C. D. SANTOS, S. P. **Fundamentos do concreto e projeto de edifícios**. USP. São Carlos, 2003

POLESELLO, E. ROHDEN, A. B. DAL MOLIN, D. C. C. MASUERO, A. B. O limite de tempo especificado pela NBR 7212, para mistura e transporte do concreto, pode ser ultrapassado?. **Rev. IBRACON de estruturas e materiais**. v. 6, n. 2, p. 339-359. IBRACON, 2013

PUGLIESE, N. **Cimento Diferentes Tipos e Aplicações**. Associação Brasileira de Cimento Portland. Disponível em: www.abcp.org.br/cms/imprensa/artigos/cimento-diferentes-tipos-e-aplicacoes/. Acesso em 5 de outubro de 2019.

QUEIROZ, M. N. **Programação e Controle de Obras**. Faculdade de Engenharia, Universidade Federal de Juiz de Fora. Juiz de Fora, 2001.

REBMAN, M. S. **Durabilidade de concretos estruturais com baixo consumo de cimento Portland de alta resistência**. Dissertação (Mestrado). Escola de engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo. São Carlos, 2011.

RIBEIRO, C. C. PINTO, J. D. S. STARLING, T. **Materiais de Construção Civil**, 4 ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2013.

ROMANO, R. C. O. CARDOSO, F. A. PILEGGI, R. G. Propriedades do concreto no estado fresco. **Concreto: Ciência e tecnologia**. São Paulo: IBRACON, 2011.

SECRETARIA DE RECURSOS HÍDRICOS. **Plano de ações e estratégias de recursos hídricos do Ceará**. Disponível em: www.srh.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/90/2018/07/PLANO-DE-ACOES-ESTRATEGICAS-DE-RECURSOS-HIDRICOS-CE_2018.pdf. Acesso em: 2 de dezembro de 2019.

SILVA, F. B. **Patologias das construções: uma especialidade na engenharia civil**. Artigo Téchné. ed 174. Setembro de 2011.

SOBHANI, J. NAJIME, M. POURKHORSHIDI, A. R. Effects of retempering methods on the compressive strenght and water permeability of concrete. **Rev. Scientia Iranica A**, p. 211-217. 2012

TAVEIRA, M. R. SANTOS, M. TAVARES, A. C. S. ALVES, J. EVANGELISTA, A. W. P. **Determinação do conteúdo de água de solo pelo método da frigideira em um latossolo vermelho escuro**. Disponível em: www.sbpcnet.org.br/livro/63ra/conpeex/mestrado/trabalhos-mestrado/mestrado-marcio-rodrigues.pdf. Acesso em: 6 de dezembro de 2019.

TEIXEIRA, R. B. PELISSER, F. Análise da perda de resistência a compressão do concreto com adição de água para correção da perda de abatimento ao longo do tempo. **Rev. de iniciação científica da UNESC**, v. 5, n. 1, 2007.

TUTIKIAN, B. F. HELENE, P. Dosagem dos concretos de cimento Portland. **Rev. Concreto: Ciência e Tecnologia**. IBRACON, 2011.

VALVERDE, F. M. **Agregados para a Construção Civil**. Balanço Mineral Brasileiro, 2001.

VIEIRA, V. A. As tipologias, variações e características da pesquisa de marketing. **Rev. FAE**. v. 5, n. 1, p. 61-70. Curitiba, 2002

WEIDMANN, D. F. **Contribuição ao estudo da influência da forma e da composição granulométrica de agregados miúdos de britagem nas propriedades do concreto de cimento Portland**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2008.

WEIDMANN, D. F. OLIVEIRA, A. L. SOUZA, J. PRUDÊNCIO, L. R. BIANCHINI, M. **Avaliação do desempenho de aditivos redutores de água para uso em centrais de concreto: Estudo de caso**. Anais 49 Congresso brasileiro do concreto. IBRACON, 2007.

ANEXO A – ROTEIRO DE ENTREVISTA

CONTROLE TECNOLÓGICO DO CONCRETO ARMADO IN LOCO		
1	DADOS GERAIS	COMENTÁRIO
	DATA	
	ENDEREÇO	
	TIPO DE OBRA	

2	RESPONSABILIDADES DE PROJETO	ANÁLISE		COMENTÁRIO
	Existe projeto?	Sim ()	Não ()	
	O Fck é expresso no projeto?	Sim ()	Não ()	
	É especificado a classe de agressividade ambiental (CAA)?	Sim ()	Não ()	
	É especificado o traço? Qual o traço de concreto? Quantidade de água no traço?	Sim ()	Não ()	
	A relação a/c máxima é expressa no projeto?	Sim ()	Não ()	
	É especificado o cobrimento mínimo? Qual é o cobrimento do concreto utilizado?	Sim ()	Não ()	
	É especificada o tipo de brita? Qual a brita utilizada?	Sim ()	Não ()	
	Há conhecimento da NBR 12655?	Sim ()	Não ()	

3 RESPONSÁVEIS PELA EXECUÇÃO DA OBRA					
3.1	CONTROLE DOS PARÂMETROS DO CONCRETO ARMADO	ANÁLISE			COMENTÁRIO
3.1.1 AGREGADOS					
	Qual o critério para a escolha de agregados?	Preço ()	Distância ()	Outro ()	
	Onde é a jazida dos agregados?	Crateús ()	Outro ()		
	Os agregados estão armazenados de que forma?	Baías ()	Depósito ()	Calçadas ()	Outro ()
	É realizado algum tratamento nos agregados?				
	São realizados ensaios?	Sim ()	Não ()		
3.1.2 ARMADURAS					
	Como é feita a acomodação de armaduras?	Baías ()	Depósito ()	Calçadas ()	Outro ()
	Como é feito o corte e a dobra do aço?				
3.1.3 PREPARO DO CONCRETO					
	Quem é responsável pelo preparo do concreto?	Proprietário ()	Resp. técnico ()	Ambos ()	Nenhum ()
	É utilizado aditivo químico para melhorar a trabalhabilidade?				
	É adicionada água para melhorar a trabalhabilidade?				
	Qual a origem da água para a concretagem?	CAGECE ()	Poço ()	Rio ()	Outro ()

4 CONTROLE TECNOLÓGICO DO CONCRETO				
4.1	ENSAIOS	FOI REALIZADO		COMENTÁRIO
	É realizado algum tipo de ensaio?	Sim ()	Não ()	
	Quem realiza?	Terceirizado ()	Própria obra ()	
	Resistência a compressão?	Sim ()	Não ()	
	Slump test?	Sim ()	Não ()	
4.2 OUTROS		COMENTÁRIO		
	Houve análise de desagregação, exsudação?			
	Houve verificação da temperatura do concreto?			
	Houve verificação da temperatura do ambiente?			
	Existe alguma rotina de cuidado com o concreto armado do preparo até a desmoldagem?			