

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
SETOR DE ENGENHARIAS, CIÊNCIAS AGRÁRIAS E DE TECNOLOGIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

MATEUS SERRATO
VITOR AUGUSTO RIBEIRO

ANÁLISE DO CONTROLE TECNOLÓGICO DO CONCRETO PRODUZIDO EM
OBRAS PARA ELEMENTOS ESTRUTURAIS MOLDADOS *IN LOCO* NO
MUNICÍPIO DE PONTA GROSSA - PR

PONTA GROSSA
2022

MATEUS SERRATO
VITOR AUGUSTO RIBEIRO

ANÁLISE DO CONTROLE TECNOLÓGICO DO CONCRETO PRODUZIDO
EM OBRAS PARA ELEMENTOS ESTRUTURAIS MOLDADOS *IN LOCO* NO
MUNICÍPIO DE PONTA GROSSA - PR

Trabalho apresentado à disciplina de OTCC como
requisito parcial para a obtenção do título de
Bacharelado em Engenharia Civil, da Universidade
Estadual de Ponta Grossa.
Orientadora: Profa. Dra. Patrícia Krüger

PONTA GROSSA
2022

MATEUS SERRATO
VITOR AUGUSTO RIBEIRO

ANÁLISE DO CONTROLE TECNOLÓGICO DO CONCRETO PRODUZIDO
EM OBRAS PARA ELEMENTOS ESTRUTURAIS MOLDADOS *IN LOCO* NO
MUNICÍPIO DE PONTA GROSSA – PR

Trabalho apresentado à disciplina de OTCC como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharelado em Engenharia Civil, da Universidade Estadual de Ponta Grossa.

Ponta Grossa, ____ de dezembro de 2022.

Prof.^a Dra. Patrícia Krüger – orientadora
Departamento de Engenharia Civil – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Prof.^a Ma. Eloise Aparecida Langaro
Departamento de Engenharia Civil – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Prof. Me. Elias Pereira
Departamento de Engenharia Civil – Universidade Estadual de Ponta Grossa

RESUMO

O concreto é um elemento de propriedades físicas e mecânicas essenciais à construção civil e a sua correta produção é de suma importância para a efetiva vida útil das estruturas. A fim de garantir um controle de qualidade, é necessário entender seu processo de fabricação, levando em conta a particularidade de cada obra e sua execução. A dosagem, mistura e transporte deste material podem ser executados por empresas especializadas, chamadas usinas ou centrais de concreto, ou podendo também ser feito diretamente no local que será utilizado, chamado assim de concreto produzido *in loco*. A utilização deste segundo método traz consigo algumas problemáticas devido a falhas no momento da produção, as quais podem alterar as propriedades do concreto endurecido e não endurecido especificadas em projeto. A segurança e estabilidade das estruturas feitas em concreto devem seguir rigorosos procedimentos prescritos por normas vigentes, no entanto, a falta de controle tecnológico dentro do canteiro, na armazenagem, dosagem e mistura do concreto pode acarretar em uma queda da resistência requerida para a estrutura. O trabalho teve como objetivo evidenciar e analisar as variáveis diretas que afetam a resistência à compressão do concreto com a produção *in loco*, identificando as falhas no controle de qualidade adotado em 07 obras distintas no município de Ponta Grossa, Paraná. Foram coletados 03 corpos de prova por obra, que aos 28 dias foram ensaiados à compressão a fim de verificar se as resistências de projeto foram atingidas. Durante os acompanhamentos foram avaliados e registrados os materiais utilizados e procedimentos de preparo adotados. Por fim, concluiu-se que o concreto produzido em obra apresentou baixo controle tecnológico em sua produção, favorecendo assim uma deficiência no desempenho e durabilidade das estruturas.

Palavras-chave: Concreto. Resistência à compressão. Trabalhabilidade. Concreto produzido *in loco*.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Tipos de britas e suas aplicações.	13
Figura 2 - Formas dos agregados.	13
Figura 3 - Procedimento <i>Slump Test</i>	24
Figura 4 - Fluxograma da metodologia.	25
Figura 5 - Realização do ensaio da consistência pelo abatimento do tronco de cone.	29
Figura 6 - Realização do ensaio da coesão.	29
Figura 7 - Ensaio de coesão - alisamento da superfície com colher de pedreiro.	30
Figura 8 - Preparo dos corpos de prova para rompimento.	31
Figura 9 - Ensaio de resistência à compressão axial do concreto.	31
Figura 10 - Agregado graúdo - Obra 03.	34
Figura 11 - Agregado graúdo - Obra 05.	35
Figura 12 - Interação entre as diferentes graduações dos agregados.	36
Figura 13 - Sacos de cimento armazenados próximos a parede de alvenaria.	37
Figura 14 - Armazenagem da água para amassamento do concreto.	37
Figura 15 - Adição de agregado miúdo com pá - Obra 05.	39
Figura 16 - Adição de aditivo sobre os agregados.	41
Figura 17 - Abatimento do concreto pelo tronco de cone das obras acompanhadas.	42
Figura 18 - Verificação da coesão do concreto após golpes com a haste de adensamento.	43
Figura 19 - Análise visual do concreto da obra 06.	44
Figura 20 - Limpeza das betoneiras.	44
Figura 21 - Resultados dos ensaios de resistência à compressão axial do concreto das obras acompanhadas.	45

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Requisitos físicos e mecânicos do cimento Portland.....	11
Tabela 2 - Requisitos e procedimentos de ensaio para inspeção preliminar de água destinada ao amassamento de concreto.....	14
Tabela 3 - Classes de resistência de concretos estruturais.	19
Tabela 4 - Dados das obras acompanhadas.....	26
Tabela 5 - Relação de materiais da mistura.	38
Tabela 6 - Resultado do ensaio da consistência pelo abatimento do tronco do cone (<i>Slump test</i>).....	41
Tabela 7 - Resultados dos ensaios de resistência à compressão axial do concreto.	46

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	7
1.1	OBJETIVO GERAL	8
1.1.1	Objetivos Específicos.....	8
1.2	JUSTIFICATIVA.....	8
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	10
2.1	CONCRETO DE CIMENTO PORTLAND	10
2.1.1	Cimento Portland.....	10
2.1.2	Agregados	12
2.1.3	Água	14
2.1.4	Aditivos	15
2.2	PROPRIEDADES DO CONCRETO.....	16
2.2.1	Propriedades do concreto no estado fresco	16
2.2.2	Propriedades do concreto endurecido	18
2.3	DOSAGEM	19
2.4	ARMAZENAMENTO DOS MATERIAIS CONSTITUINTES	20
2.5	PRODUÇÃO DO CONCRETO <i>IN LOCO</i>	22
2.6	CONTROLE DE QUALIDADE DO CONCRETO	23
3	METODOLOGIA.....	25
3.1	MATERIAL DE ESTUDO	25
3.2	AVALIAÇÃO <i>IN LOCO</i>	26
3.2.1	Tipo de Material	26
3.2.2	Armazenagem	27
3.2.3	Dosagem	27
3.2.4	Procedimentos de preparação do concreto	27
3.3	ENSAIOS.....	28

3.3.1	Ensaio da consistência pelo abatimento do tronco de cone	28
3.3.2	Ensaio de Coesão	29
3.3.3	Ensaio de resistência à compressão axial do concreto	30
3.4	PROCEDIMENTOS DE ANÁLISE	32
4	RESULTADOS E ANÁLISES.....	34
4.1	ANÁLISE DOS MATERIAIS.....	34
4.2	ANÁLISE DA ARMAZENAGEM.....	36
4.3	ANÁLISE DA DOSAGEM	38
4.4	ANÁLISE DOS PROCEDIMENTOS DE MISTURA	40
4.5	ANÁLISE DOS RESULTADOS DE RESISTÊNCIA.....	45
5	CONCLUSÃO.....	47
	REFERÊNCIAS.....	49
	APÊNDICE A – CHECKLIST DE VERIFICAÇÃO EM OBRA	52

1 INTRODUÇÃO

Segundo a ABCP *et al.* (2021, p. 01), as vendas de cimento no Brasil em dezembro de 2020 somaram 4,7 milhões de toneladas, “um crescimento de 16,6% em relação ao mesmo mês de 2019 de acordo com o Sindicato Nacional da Indústria de Cimento (SNIC)”. Conforme o Conselho Administrativo de Defesa Econômica (RESENDE, 2019), o pequeno volume de concreto utilizado em projetos de pequena escala, como reformas e pequenas obras, torna a contratação de usinas de concreto inviável técnica e economicamente, desta forma, a compra de cimento para a produção de concreto neste segmento é a melhor solução.

Para Mehta e Monteiro (2008) o concreto de cimento Portland tem larga escala de utilização por três razões principais, sendo: a boa resistência à ação da água, a facilidade de conformação à diferentes formas e tamanhos de estruturas e o fácil acesso com baixo custo do material.

Para a preparação do concreto existem atualmente duas modalidades utilizadas no ramo da construção civil, uma delas é preparação mecânica em betoneiras no canteiro de obras, também chamado de concreto produzido *in loco*, e a outra é a preparação feita em centrais dosadoras chamadas de usinas de concreto, empresas especializadas na dosagem e mistura dos materiais componentes, o qual recebe o nome de concreto usinado ou pré-misturado (DIAS, 2020). A norma que regulamenta o preparo, controle, recebimento e aceitação do concreto, a ABNT NBR 12655 (2022), denomina o concreto feito *in loco* aquele preparado pelo executante da obra.

De acordo com Santiago e Beck (2011), concretos produzidos *in loco* tem, em geral, variabilidade de resistência maior que os concretos produzidos em usinas, sendo necessário assim, compreender as falhas na produção e suas implicações diretas na qualidade final do concreto.

Em um estudo feito de forma experimental, que acompanhou e executou ensaios de resistência à compressão de concreto moldados *in loco* em obras do município de Cajazeiras, na Paraíba, foi possível observar em média resultados de resistência 35,9% inferior aos desejados em projeto (DIAS, 2020).

As estruturas de concreto são planejadas para resistir às solicitações da edificação, sendo elas cargas estáticas ou dinâmicas. Quando os elementos que

constituem as estruturas não detêm as propriedades necessárias, como as baixas resistências à compressão do concreto, pode-se considerar a existências de possíveis problemas futuros.

O concreto produzido em canteiro de obras apresenta a resistência inferior comparado a concretos produzidos por centrais de concreto, sendo a relação água/cimento o principal fator dessa diferença, conforme estudos feitos por Maxoel Habitzreiter (2015).

1.1 OBJETIVO GERAL

Este trabalho tem como objetivo principal avaliar as variáveis diretas que alteram a qualidade do concreto produzido *in loco* em obras de 150 à 450 m² na cidade de Ponta Grossa-PR, fazendo uso dos ensaios de controle tecnológico de consistência e resistência à compressão.

1.1.1 Objetivos Específicos

- I. Analisar o controle de qualidade adotado na armazenagem e dosagem dos materiais para a produção do concreto;
- II. Avaliação dos procedimentos para a produção e o controle da consistência e coesão do concreto fresco;
- III. Executar os ensaios de consistência e coesão *in loco* e avaliar seus resultados;
- IV. Comparar através de ensaios de resistência à compressão o valor atingido aos 28 dias dos corpos de prova coletados em relação ao definido em projeto;
- V. Correlação dos procedimentos adotados com os valores obtidos nos ensaios, enumerando as possíveis causas de uma discrepância dos valores previstos em projeto.

1.2 JUSTIFICATIVA

A visível falta de parâmetros para um controle de qualidade efetivo dentro dos canteiros de obras no Brasil evidencia o notável surgimento de problemas nas

edificações, fazendo com que as estruturas de concreto armado sejam vistas de forma negativa (DA SILVA, 2006).

A grande utilização do concreto produzido *in loco* para elementos estruturais pode ser considerada ainda uma prática muito utilizada, dada a vantagem de produzir a quantidade desejada sem a dependência de disponibilidade de usinas de concreto assim como o fácil acesso de materiais e maquinários. Porém, este método quando não devidamente supervisionado traz consigo um possível controle de qualidade deficiente para sua produção resultando em estruturas de desempenho e segurança abaixo do esperado. Logo, entender e evidenciar os procedimentos que podem acarretar em resistências do concreto inferiores são de grande importância para a eficiência e segurança das obras.

A baixa resistência após o endurecimento do concreto tem como principais contribuintes, a falta de controle da relação água/cimento na realização do traço, a exposição dos agregados graúdos e miúdos ao tempo e a agentes agressores, evidenciando a falta de parâmetros técnicos no momento de dosagem e preparo do concreto por parte da mão de obra empregada (DIAS, 2020).

Dado este cenário o presente trabalho tem por motivação evidenciar através de dados obtidos em acompanhamentos a obras na região de Ponta Grossa-PR e a partir dos resultados obtidos, destacar os procedimentos relacionados que devem ser repensados, a fim de mitigar futuras falhas e problemas nas estruturas de concreto.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 CONCRETO DE CIMENTO PORTLAND

De acordo com Pedroso (2009), o concreto pode ser comparado a uma pedra artificial, a qual pode atingir resistências semelhantes a rochas naturais, tendo como vantagem a fácil modelagem em diversos formatos e tamanhos. Ainda, no Brasil apresenta fácil acesso e baixo custo aos materiais que o constituem comparado a outros métodos construtivos, como por exemplo estruturas metálicas.

Definido pela NBR 12655 (ABNT, 2022) o concreto de cimento Portland deve constituir uma mistura homogênea de cimento, agregados graúdo e miúdo, podendo utilizar aditivos, como fibras, pigmentos, agregados especiais entre alguns minerais, que com adição de água forma a pasta de cimento para desenvolver suas propriedades de endurecimento.

2.1.1 Cimento Portland

É um material constituído de ligante hidráulico obtido através da moagem de clínquer, no qual é adicionado em sua produção em quantidade estabelecida de uma ou mais formas de sulfato de cálcio além de adições minerais, conforme a NBR 16697 (ABNT, 2018).

Segundo a ABCP (2002, p. 05):

O cimento Portland é um pó fino com propriedades aglomerantes, aglutinantes ou ligantes, que endurece sob a ação da água. Depois de endurecido, mesmo que seja novamente submetido à ação da água, o cimento Portland não se decompõe mais.

O cimento Portland sozinho não aglomera os agregados, apenas quando misturado à água que adquire propriedades adesivas, sendo que esta adição da água é denominada de hidratação do cimento, onde o cimento, um composto de uma mistura heterogênea reage simultaneamente durante essa hidratação segundo Mehta e Monteiro (2008). De acordo com os mesmos autores, os compostos irão se hidratar em velocidades diferentes, onde os aluminatos hidratam-se a uma velocidade muito mais rápida que os silicatos, sendo os aluminatos responsáveis

pelo enrijecimento e solidificação da pasta de cimento, já os silicatos, que em média compõe 75% do cimento Portland comum, fazem frente a característica de endurecimento e desenvolvimento da resistência.

Segunda a NBR 16697 (ABNT, 2018) o cimento Portland deve cumprir com os requisitos determinados conforme seu tipo e classe, apresentados na Tabela 1, assim como outras propriedades que devem ser atingidas para sua devida utilização, sendo elas:

Tabela 1 - Requisitos físicos e mecânicos do cimento Portland.

Sigla ^a	Classe	Finura	Tempo de início de pega	Expansividade a quente	Resistência à compressão				Índice de brancura
		Resíduo na peneira 75 µm			Mpa				
			%	min	mm	1 dia	3 dias	7 dias	28 dias
CP I	25	≤ 12	≥ 60	≤ 5	-	≥ 8	≥ 15	≥ 25	-
CP I-S	32	≤ 12	≥ 60	≤ 5	-	≥ 10	≥ 20	≥ 32	
CP II-E									
CP II-F									
CP II-Z	40	≤ 10	≥ 60	≤ 5	-	≥ 15	≥ 25	≥ 40	
CP III CPIV	25	≤ 8	≥ 60	≤ 5	-	≥ 8	≥ 15	≥ 25	-
	32	≤ 8	≥ 60	≤ 5	-	≥ 10	≥ 20	≥ 32	-
	40	≤ 8	≥ 60	≤ 5	-	≥ 12	≥ 23	≥ 40	-
CP V	ARI	≤ 6	≥ 60	≤ 5	≥ 14	≥ 24	≥ 34	-	-
CPB Estrutural	25	≤ 12 ^b	≥ 60	≤ 5	-	≥ 8	≥ 15	≥ 25	≥ 78
	32	≤ 12 ^b	≥ 60	≤ 5	-	≥ 10	≥ 20	≥ 32	
	40	≤ 12 ^b	≥ 60	≤ 5	-	≥ 15	≥ 25	≥ 40	
CPB Não estrutural	-	≤ 12 ^b	≥ 60	≤ 5	-	≥ 5	≥ 7	≥ 10	≥ 82

^a Requisitos aplicáveis também aos cimentos resistentes a sulfatos e de baixo calor de hidratação, identificados pela sua sigla seguida do sufixo RS ou BC, respectivamente.

^b Resíduo na peneira 45 µm.

Fonte: Adaptado de NBR 16697 (ABNT, 2018).

2.1.2 Agregados

Segundo a NBR 7211 (ABNT, 2022, p. 04):

Os agregados devem ser compostos por grãos de minerais duros, compactos, estáveis, duráveis e limpos, e não devem conter substâncias de natureza e em quantidade que possam afetar a hidratação e o endurecimento do cimento, a proteção da armadura contra a corrosão, a durabilidade ou, quando for requerido, o aspecto visual externo do concreto.

Segundo Ribeiro (2002), os agregados são empregados em cerca de 70% do volume das misturas, e possuem grande importância não apenas no desempenho estrutural, mas favorecem na diminuição do custo e auxiliam na durabilidade, menor retração das pastas e resistência ao desgaste superficial.

Conforme Yazigi (2009) a designação do tamanho e diâmetro máximo do agregado é feito pela abertura da malha (mm), correspondendo à porcentagem acumulada igual ou imediatamente inferior a 5%, sendo que os dois tipos de agregados podem ser classificados como:

- I. Filler é o material que atravessa a peneira nº 200; é material que decanta nos tanques das instalações de lavagem de brita nas pedreiras;
- II. Areia é o material encontrado em estado natural passante na peneira 4,8 mm;
- III. Pó de pedra, conhecido também como areia artificial, é o material obtido por fragmentação de rocha passante na peneira de 4.8 mm;
- IV. Seixo rolado é o material encontrado fragmentado na natureza, quer no fundo do leito dos rios, quer em jazidas, retido na peneira de 4,8 mm;
- V. Brita é o material obtido por trituração de rocha e retido na peneira de 4,8 mm.

Como apresentado, os agregados podem possuir diversos tamanhos e diâmetros, isso possibilita a utilização dos mesmos para diferentes finalidades, assim como alterar as características da mistura que irá compor, a Figura 1 exemplifica os tipos de brita e suas aplicações no ramo da construção.




Figura 1- Tipos de britas e suas aplicações.

Fotografia	Produto	Imagem do uso	Faixa granulométrica
	Rachão Primário Base de pavimentações e gabiões		Diâmetro: 100 à 150 mm
	Pedra Britada nº 3 Concreto para fundações, lastros e pavimentações		Diâmetro: 25 à 50 mm
	Pedra Britada nº 2 Concreto Estrutural e não Estrutural		Diâmetro: 19 à 25 mm
	Pedra Britada nº 1 Concreto Estrutural e não Estrutural		Diâmetro: 12,5 à 19 mm
	Pedrisco Limpo Blocos de concreto e pré-moldados, massa asfáltica		Diâmetro: 4,8 à 9,5 mm
	Pó de Pedra Blocos de concreto e pré-moldados, massa asfáltica		Diâmetro: 0,5 à 4,8 mm

Fonte: José de A. Freita Jr, 2013.

As formas dos agregados podem ser classificadas em relação ao comprimento, largura e espessura como, alongados, cúbicos, lamelares e discóides, dado as relações entre as dimensões definindo assim a sua forma.

Figura 2 - Formas dos agregados.

	Classificação	Descrição	
	Lamelar	Material em que a <u>espessura é pequena em relação às outras dimensões.</u>	< resist.
	Cúbicos	Material em que a espessura, comprimento e largura tem valor aproximado.	> resist.
	Alongado-lamelar ou discóide	<u>Comprimento muito maior do que a largura e a largura muito maior do que a espessura.</u>	
	Alongado	<u>Comprimento é bem maior do que as outras dimensões.</u>	

Fonte: UNIP, 2016.

2.1.3 Água

De acordo com Yazigi (2009) a água na mistura tem por função tornar a argamassa suficientemente trabalhável, ou seja, auxiliando no transporte e adensamento, assim como quimicamente reage com o cimento.

A NBR 15900-1 (ABNT, 2009) determina a necessidade de avaliação prévia, seguindo os parâmetros exigidos da tabela 2 apresentada a seguir:

Tabela 2 - Requisitos e procedimentos de ensaio para inspeção preliminar de água destinada ao amassamento de concreto

Parâmetro	Requisito	Procedimento de ensaio
Óleos e gorduras	Não mais do que traços visíveis	ABNT NBR 15900-3
Detergentes	Qualquer espuma deve desaparecer em 2 min	
Cor	A cor deve ser comparada qualitativamente com água potável devendo ser amarelo claro a incolor, exceto para a água classificada em 3.3	
Material sólido	Máximo de 50 000 mg/L	Para água de fontes classificadas em 3.3, utilizar a metodologia do Anexo A ou ABNT NBR 15900-3. Para os demais tipos de água aplica-se o Projeto ABNT NBR 15900-3
Odor	Água de fontes classificadas em 3.3 não devem apresentar cheiro, exceto um leve odor de cimento e, onde houver escória, um leve odor de sulfeto de hidrogênio após a adição de ácido clorídrico	ABNT NBR 15900-3
	Água de outras fontes deve ser inodora e sem odor de sulfeto de hidrogênio, após a adição de ácido clorídrico	
Ácidos	pH \geq 5	
Matéria orgânica	A cor da água deve ser mais clara ou igual à da solução-padrão, após a adição de NaOH	

Fonte: Adaptado de NBR 15900-1 (ABNT, 2009).

Tendo enquadrado em uma ou mais das exigências, o uso só será permitido se comprovado que é adequado através de ensaios comparativos entre a água em questão e água destilada ou deionizada no preparo de pastas, sendo verificada a

resistência média à compressão aos 7 e 28 dias de corpos-de-prova de concreto ou argamassa. Assim como não diferir em mais de 25% no tempo de início e fim de pega, conforme especificado no item 6.3 da NBR 15900-1 de 2009.

Segundo Mehta e Monteiro (2008) a água tem efeito fundamental na hidratação do cimento, que através das reações químicas desenvolvem as propriedades físicas de enrijecimento de pega e de endurecimento, sendo o tempo de início e fim de pega os limites de manuseio do concreto. Afirmam os mesmos autores que água no concreto é um ingrediente necessário que gradualmente é perdida, seja por água absorvida ou a água capilar, a qual evapora deixando poros vazios e não saturados.

Conforme a NBR 15900-1 anexo A (ABNT, 2009) a água recuperada de processos de preparo do concreto pode ser utilizada desde que obtida de:

- I. Reservatórios, com equipamentos de distribuição adequados a distribuição dos materiais sólidos na água;
- II. Bacias de decantação ou instalações similares, com período de armazenagem suficiente para a decantação das partículas sólidas

A água salobra pode ser utilizada apenas para o concreto não armado, devendo ser ensaiada. Já a água proveniente de rede de esgoto, seja tratada ou não, é considerada inadequada para o preparo de concreto (ABNT, 2009).

2.1.4 Aditivos

Aditivos são produtos adicionados ao concreto em pequena quantidade a fim de modificar propriedades específicas, adequando-as à necessidade do projeto (YAZIGI, 2009).

O NBR 11768 (ABNT, 2011) especifica os seguintes aditivos:

- I. Aditivo redutor de água/plastificante;
- II. Aditivo de alta redução de água/superplastificante tipo I;
- III. Aditivo de alta redução de água/superplastificante tipo II;
- IV. Aditivo incorporador de ar (IA);
- V. Aditivo acelerador de pega (AP);
- VI. Aditivo acelerador de resistência (AR);

VII. Aditivo retardador de pega (RP).

Os aditivos quando utilizados na produção de concreto de cimento Portland, devem estar de acordo com os requisitos estabelecidos pela ABNT NBR 11768-1.

Segundo a NBR 12655 (ABNT, 2022) a quantidade utilizada de aditivos não deve exceder a dosagem máxima, conforme as recomendações do fabricante, considerando ter impacto no desempenho e na durabilidade do concreto.

2.2 PROPRIEDADES DO CONCRETO

Segundo Bauer (2000) as propriedades desejáveis para o concreto não endurecido são diretamente responsáveis por uma mistura que garantirá a perfeita execução do transporte até o adensamento, evitando os nichos de concretagem e apresentando o mínimo de vazios quando endurecido.

Assim que preparada a mistura, o concreto deverá apresentar boas propriedades de plasticidade, auxiliando no seu transporte, lançamento e adensamento. Já quando endurecido, deverá atender as propriedades especificadas em projeto, como resistência à compressão, à tração e módulo de deformação (YAZIGI, 2009).

Segundo Mehta e Monteiro (2008), por mais que se busque diferentes dosagens com o interesse de melhores características de resistência do concreto, a durabilidade deve ser um fator considerado pois a potencial de resistir às ações do meio ambiente preservando sua forma, qualidade e capacidade, é o que garante uma longa vida útil da estrutura.

2.2.1 Propriedades do concreto no estado fresco

De acordo com a NBR 12655 (ABNT, 2022, p. 03) concreto fresco é o “concreto que está completamente misturado e que ainda se encontra em estado plástico, capaz de ser adensado por um método escolhido”.

O concreto fresco é compreendido dentro da fase que se refere ao intervalo de tempo necessário entre a produção da mistura, transporte, lançamento e adensamento, tendo como duração de 1 à 5 horas (HELENE; ANDRADE, 2007). Os aditivos podem ser geralmente utilizados com a função de melhorar a

trabalhabilidade, aumentar ou diminuir o tempo de pega, assim como controlar ou potencializar o ganho de resistência, à depender de sua composição físico-química e seu mecanismo de ação (MEHTA; MONTEIRO, 2008).

Segundo Campiteli (2011), pode ser definida como mistura trabalhável um concreto que, além de ter sido misturado adequadamente, possa ser transportado, lançado e adensado de maneira a obter o menor número de vazios possível garantindo um bom acabamento final.

Conforme Bauer (2000) a trabalhabilidade pode ser representada quanto às características adequadas ao tipo de lançamento, de adensamento e o aspecto final desejado. É fundamental no momento de compactação que se garanta a máxima densidade do concreto, com o emprego de trabalho necessário no adensamento.

A trabalhabilidade para Helene e Andrade (2010) pode ser modificada por fatores intrínsecos ao concreto, como a relação água/materiais secos, o tipo do cimento, o traço utilizado, tamanho, textura e forma dos grãos dos agregados. Também por fatores externos, como o meio de transporte, o lançamento, as características das formas, densidade e configuração das armaduras, entre outros fatores.

Dentre os fatores mais importantes da trabalhabilidade, temos a consistência, que por sua vez expressa as propriedades referente a mobilidade da massa do concreto, assim como a coesão dos elementos que o compõe, visando a homogeneidade, a compacidade e a boa execução (BAUER, 2000).

A NBR 16889 (ABNT, 2020) determina a consistência do concreto pelo ensaio de abatimento do tronco de cone, o qual consiste na aplicação em 3 camadas compactadas da mistura no molde. Com a superfície rasada o molde é retirado verticalmente com velocidade contínua, e logo após deve ser medido o abatimento do concreto, tendo como referência à altura do cone. Este método é aplicável aos concretos plásticos e coesos, conforme classe de abatimento no intervalo de 10 mm a 220 mm, conforme a NBR 8953 (ABNT, 2015).

Segundo Bauer (2020), a coesão, seja nos concretos ou argamassas, é a propriedade que garante a estabilidade mecânica da mistura, ou seja, antes do início da pega, e pode ser medida pelo valor de resistência do cisalhamento.

Campiteli (2011) também define a coesão como a propriedade do concreto que impede a separação dos componentes da mistura, onde uma mistura não coesa

apresenta o agregado graúdo com tendência a ficar limpo, sem o envolvimento da argamassa e sobre uma superfície plana. A verificação da coesão e quantidade de argamassa é fundamental para a boa aplicação e adensamento do concreto, pois em peças esbeltas com grande área de forma ou peças com grande quantidade de armaduras o efeito parede é intenso, que consiste nas regiões onde a adsorção de água acaba sendo maior e conseqüentemente o volume de vazios formado entre os agregados é maior (CAMPITELI, 2011).

2.2.2 Propriedades do concreto endurecido

A NBR 12655 (ABNT, 2022, p. 03) classifica concreto endurecido como “concreto que se encontra no estado sólido e que desenvolveu resistência mecânica”.

A fase em que se inicia a hidratação do cimento e por conseqüência o endurecimento do concreto, a qual irá se estender pela vida útil da estrutura concretada é chamada de concreto endurecido (HELENE; ANDRADE, 2010).

De acordo com Yazigi (2009) dentre as propriedades básicas do concreto endurecido tem-se a resistência aos esforços mecânicos, propriedades técnicas, deformações em face das ações extrínsecas e solicitações mecânicas, permeabilidade e durabilidade diante da ação do meio ambiente.

Referente à durabilidade, o concreto deve manter suas características diante as exposições externas, como umidade, chuvas ácidas, maresias, assim como solicitações mecânicas e possíveis impactos. Também, os fatores de produção, como o tipo de cimento utilizado, sua relação água cimento, seus agregados e aditivos devem garantir sua vida útil (TUTIKIAN; HELENE, 2011).

Segundo a NBR 8953 (ABNT, 2015) os concretos com finalidade estrutural são apresentados conforme a Tabela 3 nos grupos I e II dado resistência característica à compressão (f_{ck}) em MPa, sendo que resistências inferiores a classe C20 não são consideradas estruturais, em caso de uso para esses fins devem ter seu desempenho atendido conforme NBR 6118 (ABNT, 2014) e NBR 12655 (ABNT, 2022).

Tabela 3 - Classes de resistência de concretos estruturais.

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

Fonte: Adaptado de NBR 8953 (ABNT, 2015).

2.3 DOSAGEM

Tutikian e Helene (2011) descrevem dosagem do concreto como os procedimentos a serem adotados para obter a melhor proporção entre os materiais constituintes, também chamado de traço.

A fim de manter o controle da produção de concreto, é necessário que o profissional de engenharia tenha pleno conhecimento sobre os princípios básicos das especificações do concreto e a dosagem dos seus elementos, visando garantir o desempenho mecânico, durabilidade e as condições de aplicação (HELENE; ANDRADE, 2010).

É fundamental o estudo da dosagem ideal entre os componentes das argamassas e concretos, partindo da escolha e disponibilidade do cimento, chegando à composição que ofereça bons resultados a um custo baixo. Os traços devem ser elaborados dentro de métodos comprovados experimentalmente e que trabalham dentro das normas técnicas vigentes, quando utilizados aditivos, seguir as orientações do fabricante (ABCP, 2012).

Determina a NBR 12655 (ABNT, 2022) “O traço de concreto pode ser estabelecido empiricamente para o concreto das classes C10 e C15, com consumo mínimo de 300 kg de cimento por metro cúbico”, sendo que essas classes representam as resistências do concreto em Megapascal (MPa).

Para a utilização de concretos de classe C20 ou superior, deve ser adotado o método de dosagem racional e experimental, que para o estudo recomenda-se utilizar os mesmos materiais em condições similares aos que serão utilizados em

obra, assim como deve ser executado com antecedência às atividades de concretagem (ABNT, 2022).

De acordo com a NBR 12655 (ABNT, 2022) “a resistência de dosagem deve atender às condições de variabilidade prevalecentes durante a construção”, como variações na quantidade e qualidade dos materiais utilizados. Esta variabilidade é medida pelo desvio-padrão, (sd), é levada em consideração no cálculo da resistência de dosagem”. Também é determinado que o cálculo da resistência de dosagem do concreto deve avaliar as variáveis de condição de preparo, sendo elas:

- I. Condição A (aplicável às classes C10 até C80): o cimento e os agregados devem ser medidos em massa, a água de amassamento medida em massa ou volume com dispositivo dosador e sendo corrigido em função da umidade dos agregados;
- II. Condição B:
 - a. Aplicável às classes C10 até C25: o cimento é medido em massas, e os agregados medidos em massa combinado com volume e a água em volume sobre dispositivo dosador;
 - b. Aplicável às classes C10 até C20: o cimento deve ser medido em massa, a água de amassamento é medida em volume mediante dispositivo dosador e os agregados medidos em massa combinada com volume;
- III. Condição C (aplicável somente para as classes C10 e C15): o cimento é medido em massa, já os agregados são medidos em volume assim como a água, tendo sua quantidade corrigida em função da estimativa da umidade dos agregados e da determinação da consistência do concreto.

2.4 ARMAZENAMENTO DOS MATERIAIS CONSTITUINTES

Para garantir o correto controle tecnológico dos materiais que compõem o concreto, tendo em vista que o cimento Portland apresenta reações físicas e químicas tanto para estado fresco quanto endurecido do concreto, deve ser feita a correta armazenagem de modo a evitar exposições dos materiais e a hidratação do cimento ainda não utilizado (PEDROSA, 2016).

Iniciando pelo cimento, de acordo com a NBR 12655 (ABNT, 2022) o cimento deve ser armazenado conforme as orientações a seguir:

- I. Armazenamento pela marca, tipo e classe;

- II. Guardado em pilhas, local fechado e protegido de intempéries;
- III. Pilhas separadas por mesma data de recebimento;
- IV. Os sacos devem estar apoiados sobre estrado ou paletes, evitando contato direto com o piso;
- V. Empilhamento máximo de 15 unidades, quando permanecidos por 15 dias ou menos, ou máximo de 10 unidades em período maior;
- VI. Cimento fornecido a granel deve ser estocado em silo estanque apropriado;

Segundo Bauer (2000), quando identificado a existência de nódulos no saco de cimento, os quais não se desmancham com os dedos, este cimento já iniciou a hidratação e não deve ser utilizado para fins estruturais, somente para serviços secundários.

Já para os agregados, conforme a NBR 12655 (ABNT, 2022) devem ser armazenados conforme as orientações a seguir:

- I. Separados conforme sua graduação granulométrica, de acordo com as classificações indicadas na NBR 7211 (ABNT, 2022);
- II. Garantir a não interação físicas entre diferentes graduações;
- III. Dispor os agregados sobre base que favoreça o escoamento da água;
- IV. Evitar contato direto com o solo;
- V. Evitar contato com possíveis contaminantes prejudiciais ao concreto.

Os agregados são compostos por grãos minerais, que devem ser duráveis e limpos, evitando a contaminação por substâncias de natureza e proporção que afetem a hidratação e pega do cimento, a proteção à corrosão das armaduras, a durabilidade da estrutura assim como o aspecto visual do concreto (ABNT, 2009).

A armazenagem da água utilizada na produção do concreto deve ser feita em caixas estanque e com tampa, a fim de evitar contaminação segundo a NBR 12655 (ABNT, 2022).

Segundo a NBR 15900-1 (ABNT, 2009) água potável dentro dos padrões da Portaria nº 518 do Ministério da Saúde, pode ser utilizada para o preparo do concreto, assim como a água fornecida pela rede de abastecimento público. Já as águas recuperadas de processos de preparação de concreto, de fontes subterrâneas, natural de superfície, de captação pluvial e residual de indústrias também podem ser adequadas para o uso em concreto, desde que ensaiadas previamente.

Também de acordo com a NBR 12655 (ABNT, 2022) os aditivos devem ser armazenados conforme as orientações a seguir:

- I. Manter o aditivo em sua embalagem original até o seu uso;
- II. Quando não armazenados em sua embalagem original, os aditivos líquidos devem ser transferidos para embalagens estanques, não corrosivas, evitando contaminantes ambientais providos de agitador.
- III. Quando armazenados em sua embalagem original, a fim de impedir a decantação dos sólidos, o aditivo líquido deve ser homogeneizado energeticamente uma vez ao dia, e logo antes de seu uso;
- IV. Armazenamento em recipientes com identificação permitindo sua rastreabilidade.

2.5 PRODUÇÃO DO CONCRETO *IN LOCO*

Tendo definido o método e a dosagem dos materiais, o primeiro passo para a produção do concreto é a medição dos materiais. A utilização de padiolas é considerada o método mais comum para a medição dos agregados, dado a sua transformação em volume correspondente, porém a sequência de colocação, possíveis erros no quantitativo e o tempo de mistura influenciam diretamente na qualidade da mistura, resistências e durabilidade (PEDROSA, 2009).

Após a medição, os elementos constituintes devem ser misturados até atingirem uma massa homogênea, e o equipamento de mistura deve cumprir com as especificações de fábrica no que se refere ao volume, rotações por minuto e o tempo de mistura (ABNT, 2022).

Conforme Bauer (2000) o método de mistura mecânica é feito através de máquinas especiais, constituídas de um tambor podendo ser fixo ou móvel, comumente chamadas de betoneiras, as quais podem ser de queda livre/ gravidade ou de mistura forçada, diferenciando apenas na movimentação de pás no interior da cuba.

Bauer (2000) também cita que não há uma regra geral sobre a ordem de colocação dos materiais na betoneira, mas existem boas práticas que podem ser verificadas, e aprovadas se testadas, as quais seguem:

- I. O cimento não deve ser colocado em primeiro, pois se a betoneira estiver seca boa parte irá se perder, e se úmida o cimento irá se prender a parede interna, portanto executar a imprimação da betoneira antes de iniciar o preparo é a melhor opção;
- II. Colocar a água em primeiro lugar e em seguida o agregado graúdo, pois estes dois materiais em conjunto proporcionam a retirada de argamassa que geralmente fica retida nas palhetas da betoneira;
- III. Em seguida deve ser adicionado o cimento, pois assim a distribuição de água para o cimento será eficaz, onde a brita irá auxiliar nesta interação através do efeito de arraste da água contra o cimento;
- IV. Em último lugar introduz o agregado miúdo, em etapas, o qual irá causar o efeito de tamponamento nos materiais já introduzidos.

2.6 CONTROLE DE QUALIDADE DO CONCRETO

Segundo Bauer (2000) os principais ensaios para o controle de qualidade do concreto, são: *Slump Test* (consistência) e Resistência à compressão axial (resistência mecânica).

Também segundo Bauer (2000), a trabalhabilidade depende de fatores intrínsecos e extrínsecos. Os fatores intrínsecos são: relação água/cimento, granulometria do agregado, textura e porosidade do agregado, presença de agentes plasticizantes. Já os extrínsecos são: os equipamentos utilizados, sua capacidade e seu estado de conservação. Entretanto, também deve ser levado em conta outros fatores como tamanho, forma e superfície dos moldes e qualidade e espaçamento das armaduras.

A consistência pode ser avaliada a partir do ensaio de consistência pelo abatimento pelo tronco de cone, também chamado de *Slump Test*, e é normatizado pela NBR 16889 (ABNT, 2020).

De acordo com a NBR 12655 (ABNT, 2022), o *Slump Test* deve ser feito pelo construtor da obra, sempre que ocorrerem alterações na umidade dos agregados e nas seguintes situações:

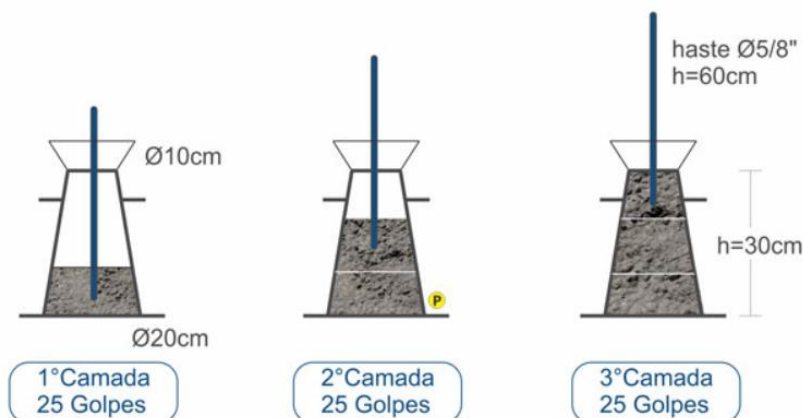
- I. Na primeira amassada do dia;

- II. Ao reiniciar o preparo após uma interrupção da concretagem de no mínimo 2 horas;
- III. Caso tenha a troca dos operadores;
- IV. A cada moldagem de corpos de prova.

Também segundo a NBR 12655 (ABNT, 2022), para o concreto produzido por empresas de concretagem, o ensaio de consistência deve ser feito a cada betonada.

A Figura 3 a seguir exemplifica o correto procedimento para realização do adensamento do concreto no ensaio *Slump Test*, informando a quantidade de golpes por camada e as dimensões dos aparelhos:

Figura 3 - Procedimento *Slump Test*.



Fonte: PEDREIRÃO. Slump Test do Concreto. Aprenda agora como fazer na obra! Disponível em: <https://pedreira.com.br/slump-test-do-concreto-passo-a-passo/>. Acesso em: 13 de jul. 2022.

Ao fim do adensamento, deve-se rasar a superfície com uma colher de pedreiro ou até com movimentos rolantes da haste de adensamento. Deve-se retirar o molde em velocidade constante para cima, e imediatamente após a retirada do molde aferir o abatimento do concreto em relação ao tronco do cone conforme orienta a NBR 16889 (ABNT, 2020).

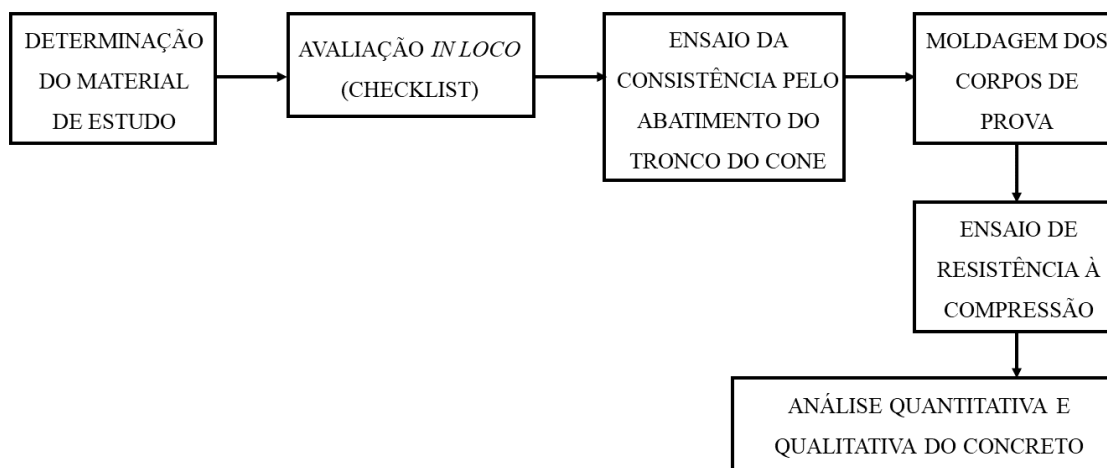
Segundo Campiteli (2011) o concreto tem ganho de resistência ao longo do tempo, sendo fundamental que aos 28 dias a resistência atinja o valor de projeto (f_{cj}). Em caso de não ser atingida esta resistência o autor cita que alguma providência deve ser tomada, podendo até mesmo decidir pela demolição parcial da estrutura comprometida.

3 METODOLOGIA

A fim de alcançar os objetivos propostos, foram acompanhadas 7 obras distintas de 150 a 450 m² no município de Ponta Grossa, Paraná. O foco do acompanhamento foi analisar os procedimentos na produção de concreto feito nas próprias obras, com a finalidade de avaliar o controle de qualidade adotado por cada construtor na armazenagem, dosagem e mistura do concreto.

O caráter e finalidade prática do estudo, baseou-se em padrões técnicos fornecidos pelas Normas Brasileiras Regulamentadoras (NBR's), os quais foram adaptados para parâmetros admissíveis dentre as limitações das obras acompanhadas, assim como a realização de ensaios em laboratório para obter os resultados essenciais aos objetivos do trabalho. O trabalho foi realizado em etapas, as quais foram empregadas em todas as obras que englobam a amostragem neste estudo. A seguir é apresentado o fluxograma que detalha as fases que compõem o estudo referente, separado conforme os procedimentos adotados para a metodologia deste trabalho.

Figura 4 - Fluxograma da metodologia.



Fonte: Os autores, 2022.

3.1 MATERIAL DE ESTUDO

Com o intuito de garantir a privacidade dos funcionários, engenheiros civis e empresas as obras estão enumeradas de 1 a 7 na Tabela 4, com as devidas informações. A Tabela 4 a seguir apresenta informações das obras acompanhadas,

dentre elas a estrutura que foi concretada na data do acompanhamento, sendo consultado em projeto a resistência exigida deste elemento.

Tabela 4 - Dados das obras acompanhadas.

Obra	Empresa	Tipo de Residência	Localização	Tipo de estrutura	fck (MPa)
1	1	Unifamiliar 3 pavimentos	Urbana	Pilar subsolo	25
2	1	Unifamiliar 1 pavimento	Rural	Vigas baldrame	25
3	2	Unifamiliar 2 pavimentos	Urbana	Pilares da cobertura	35
4	3	Unifamiliar 2 pavimentos	Urbana	Pilares do superior	25
5	3	Unifamiliar 2 pavimentos	Urbana	Pilares do térreo	25
6	4	Unifamiliar 2 pavimentos	Urbana	Pilares do térreo	25
7	1	Unifamiliar 2 pavimentos	Urbana	Pilares do térreo	25

Fonte: Os autores (2022).

O estudo adotou alguns pré-requisitos na escolha das obras, sendo eles: acompanhamento do engenheiro(a) responsável, existência de projeto estrutural, documentação e alvará de construção perante a Prefeitura Municipal de Ponta Grossa. A data de cada acompanhamento em obra foi definida conforme disponibilidade do responsável, sendo uma visita única para avaliação do preparo do concreto e coleta dos corpos de prova.

3.2 AVALIAÇÃO *IN LOCO*

A avaliação em obra foi executada na data da concretagem em análise, a fim de garantir a fidelidade dos dados, foi registrada através de um *checklist* precedido de data, identificação da obra e contendo os parâmetros a serem analisados dentre as categorias: tipo de material, armazenagem, dosagem e mistura do concreto. O *checklist* utilizado nas verificações em obra se encontra no Apêndice A.

3.2.1 Tipo de Material

Esta categoria visa determinar o tipo de cimento utilizado, sua classe de resistência e validade, bem como a avaliação visual da forma dos grãos, identificação visual da presença de materiais pulverulentos e existência de contaminantes nos agregados. Essa categoria também contempla a utilização de aditivos no concreto, sua especificação e utilidade.

A NBR 7211 (ABNT, 2022) especifica os agregados utilizados no concreto, apresentando a determinação de faixas de distribuição granulométrica para os agregados miúdos e graúdos, tais faixas são estabelecidas através de ensaios pela NBR 17054 (ABNT, 2022) com peneiras especificadas pela NBR NM ISO 3310-1 (ABNT, 2011). Dado o fato da maioria das obras não possuírem aparelhagem necessária para os ensaios de classificação granulométrica, assim como a inviável coleta de material e realização dos ensaios em laboratório pela equipe responsável, o ensaio para determinação de distribuição granulométrica não será executado.

3.2.2 Armazenagem

Foram avaliadas no canteiro das obras acompanhadas as disposições de armazenamento de materiais descritas na revisão bibliográfica e dispostas em perguntas no *checklist*, assim como suas estruturas de suporte, conforme as recomendações da NBR 12655 (ABNT, 2022).

3.2.3 Dosagem

Deu-se o acompanhamento da separação dos materiais a serem utilizados, assim como os instrumentos e unidades de medida adotados para cada componente. Também é feita a avaliação da disposição de um traço, seja em massa ou volume, utilizado em cada obra, assim como os procedimentos desta dosagem.

Ainda, foi observado a existência de dispositivo dosador da água de amassamento assim como procedimentos para sua correção, referente a umidade presente na areia.

3.2.4 Procedimentos de preparação do concreto

Nesta etapa registraram-se as técnicas utilizadas para a confecção do concreto, os procedimentos, a sequência de adição dos materiais e o tempo de mistura. Também foi avaliada a consistência e coesão através do ensaio *Slump Test*, por equipamentos presentes em obra, caso houver, ou equipamentos próprios da equipe pesquisadora.

3.3 ENSAIOS

3.3.1 Ensaio da consistência pelo abatimento do tronco de cone

A realização deste ensaio foi executada essencialmente pelos integrantes da equipe do trabalho, a fim de manter o padrão em todas as obras acompanhadas, seguindo os procedimentos determinados pela NBR 16889 (ABNT, 2020).

Foi também avaliado a existência da aparelhagem necessária para o ensaio nas obras acompanhadas, no entanto os equipamentos utilizados foram fornecidos pelo Laboratório de Materiais de Construção Civil da Universidade Estadual de Ponta Grossa. Os aparelhos que a compõem são:

- I. Um molde metálico de tronco de cone oco, não absorvente e de interior liso, disposto de duas alças a dois terços de sua altura, com diâmetro da base inferior igual a $200 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$, diâmetro da base superior de $100 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$ e altura de $300 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$;
- II. Uma haste de adensamento de aço, cilíndrica e de superfície lisa, com diâmetro de $16,0 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$ e comprimento de 600 mm, tendo suas extremidades o formato semiesférico de mesmo diâmetro que a haste;
- III. Uma placa de base metálica, quadrada e plana com dimensão não inferior a 500 mm e espessura igual ou superior a 3 mm;
- IV. Trena métrica, metálica e milimetrada, para medição do abatimento com o mínimo de 30 cm.
- V. Concha de seção U, para preencher o molde de concreto;
- VI. Tronco cônico, facilitando a operação de adensamento das camadas.

Este ensaio deve ser realizado sem interrupções, atendendo o intervalo de 150 segundos até sua conclusão. Na ocorrência de desmoronamento ou deslizamento do concreto e não sendo possível aferir o abatimento, a amostra deve ser desconsiderada e o ensaio refeito. Repetindo o desmoronamento ou deslizamento, o concreto não pode ser classificado como plástico e coeso, logo o ensaio não é adequado para o concreto em questão. Um exemplo de ensaio válido é o apresentado na figura 5, onde o morro de concreto se manteve ortogonal ao cone, cuja base se encontra nivelada e não houve espalhamento para fora.

Figura 5 - Realização do ensaio da consistência pelo abatimento do tronco de cone.



Fonte: Os autores (2022).

3.3.2 Ensaio de Coesão

Tratando-se de um ensaio não normatizado, avalia-se de forma visual a propriedade de coesão do concreto, a qual representa a boa interação entre os elementos que não devem se separar após a mistura, sendo um método prático que considera a boa percepção do observador em dois procedimentos.

O primeiro consiste em atingir o concreto com a haste de metal logo após o ensaio *Slump Test*, com 2 golpes em sentido horizontal e em lados opostos, conforme a Figura 6. Verificando após os golpes se o concreto se mantém coeso, não desmoronando completamente ou dividindo-se em mais de uma parte.

Figura 6 - Realização do ensaio da coesão.



Fonte: Os autores (2022).

O segundo procedimento visa avaliar de forma visual a quantidade existente da pasta de argamassa na mistura, através de uma colher de pedreiro que deve ser friccionada ao concreto (Figura 7). Foi considerada adequada a quantidade de

argamassa quando se obter um bom acabamento da superfície após seu alisamento, segundo Campiteli (2011).

Figura 7 - Ensaio de coesão - alisamento da superfície com colher de pedreiro.



Fonte: Os autores (2022).

Durante o ensaio os avaliadores verificaram se os agregados estão envolvidos pela pasta, assim como se o concreto apresenta tendência à segregação, concluindo desta forma se a mistura se apresenta homogênea.

3.3.3 Ensaio de resistência à compressão axial do concreto

Para todas as amostras de concretos analisadas foram utilizados moldes cilíndricos de dimensões 10cm x 20cm, seguindo a rigor os procedimentos da NBR 5738 (ABNT, 2015), sendo três amostras para cada obra analisada, totalizando 21 corpos de provas coletados. As amostras foram coletadas na conclusão do preparo da mistura, portanto, quando estiver adequado para a concretagem do elemento estrutural previsto. Ao final da moldagem os corpos de prova seguiram armazenados em ambiente separado, em local plano e protegido de intempéries na própria obra, a fim de garantir a integridade do molde no endurecimento do concreto no período de 24 horas.

Conforme apresentado na Figura 7, após o endurecimento do concreto (1), os corpos de prova foram levados para o laboratório, armazenados em local protegido e imersos em solução saturada de cal e água a fim de realizar a cura úmida do concreto (2). Este método de armazenamento dos exemplares segue a recomendação da NBR 5738 (ABNT, 2015), onde até o momento do ensaio os mesmos foram mantidos submersos e devidamente identificados. A partir da coleta dos corpos de prova em cada obra, seguindo de forma rigorosa a NBR 5738 (ABNT, 2015), aos 28 dias, a fim regularizar sua superfície quando endurecido foi realizado

em alguns corpos de prova o capeamento por enxofre líquido (3) e em outros o desbaste por retífica (4).

Figura 8 - Preparo dos corpos de prova para rompimento.



Fonte: Os autores (2022).

Logo após o preparo dos corpos de prova, foi executado o ensaio de resistência à compressão axial do concreto, seguindo os procedimentos descritos na NBR 5739 (ABNT, 2018), com aplicação de carga constante, utilizando uma das duas prensas disponibilizadas pelo laboratório de Materiais da Construção Civil da Universidade Estadual de Ponta Grossa.

Figura 9 - Ensaio de resistência à compressão axial do concreto.



Fonte: Os autores (2022).

Para a obtenção da resistência em megapascals, utilizando a prensa que fornece o resultado em quilonewton (kN) deve ser prosseguido com os cálculos manualmente, já quando utilizado a prensa com o programa integrado STS 2011, deve ser configurada para seguir o mesmo cálculo da resistência à compressão

segundo a NBR 5739 (ABNT, 2018) automaticamente, que tem como a equação a seguir:

$$f_c = \frac{4 \times F}{\pi \times D^2} \quad (1)$$

Onde:

f_c é a resistência à compressão em megapascal (MPa);

F é a força máxima alcançada em newtons (N);

D é o diâmetro do corpo de prova em milímetros (mm).

A partir dos valores obtidos de resistência, tratando-se de um trabalho científico, será adotado o maior valor entre os exemplares para caracterizar a resistência da amostragem em questão, conforme a recomendação da NBR 12655 (ABNT, 2022).

3.4 PROCEDIMENTOS DE ANÁLISE

A verificação e análise dos valores obtidos teve como principal critério o comparativo entre as especificações requeridas pelos projetos estruturais de cada obra com os valores obtidos através do ensaio de compressão, realizados em laboratório especializado.

Os valores obtidos pelo ensaio de resistência à compressão foram comparados através de um gráfico a fim de avaliar a confiabilidade dos moldes coletados.

Já para a análise dos procedimentos adotados em obra, foi feita a síntese dos procedimentos incorretos, durante a armazenagem, dosagem e produção do concreto em relação aos procedimentos previstos por norma. Esta análise foi embasada pelas seguintes normas:

- NBR 16697 (ABNT, 2018) Cimento Portland – Requisitos;
- NBR 12655 (ABNT, 2022) Concreto de cimento Portland;
- NBR 7211 (ABNT, 2022) Agregados para concreto;
- NBR 15900-1 (ABNT, 2009) Água para amassamento;
- NBR 11768 (ABNT, 2019) Aditivos químicos para concreto;

- NBR 16889 (ABNT, 2020) Concreto — Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone;
- NBR 7212 (ABNT, 2021) Execução de concreto dosado em central — Procedimento;
- NBR 11768 (ABNT, 2011) Aditivos químicos para concreto de cimento Portland - Requisitos;
- NBR 8953 (ABNT, 2015) Concreto para fins estruturais — Classificação pela massa específica, por grupos de resistência e consistência.

4 RESULTADOS E ANÁLISES

Os resultados são apresentados conforme os procedimentos registrados nos acompanhamentos em obra, assim como os resultados obtidos através dos ensaios.

As verificações de materiais, armazenagem, dosagem e mistura são apresentadas conforme os procedimentos constatados em desconformidade com as recomendações e normativas vigentes, sendo estes recorrentes ou específicos a cada obra.

Os resultados obtidos em valores numéricos através do ensaio de resistência à compressão e ensaio de abatimento pelo tronco do cone são expressos através de tabelas, assim com a identificação da relação água/cimento calculada referente às quantidades adicionadas.

4.1 ANÁLISE DOS MATERIAIS

Durante os acompanhamentos, foram observadas situações recorrentes em todas as obras, sendo elas (Figura 10): alto índice de material pulverulento presente no agregado graúdo (1), presença de contaminantes nos agregados como resíduos de argamassa, blocos cerâmicos e matéria orgânica (2), como folhas e galhos. De acordo com Campiteli (2011), a presença de finos determina a coesão dos materiais e o preenchimento interno do concreto, porém sua quantidade deve ser a menor possível a fim de evitar prováveis retrações e um excesso de argamassa na mistura. Os materiais pulverulentos, menores que 0,075 mm não devem ser encontrados no agregado miúdo em teores acima de 3 a 5% a depender do tipo de concreto e acima de 1% no agregado graúdo (ABNT NBR 7211, 2022).

Figura 10 - Agregado graúdo - Obra 03.



Fonte: Os autores (2022).

Os cimentos utilizados em todas as obras com exceção da obra 06 foi o CP II-F 32, sendo esse um cimento Portland composto com material carbonático. Já para a obra 06 foi utilizado o CP II-Z 32, esse um cimento Portland composto com material pozolânico. Independente da sua composição, que pode variar o tempo de pega e as resistências iniciais, ambos os tipos de cimento devem atingir resistência à compressão superior a 32 MPa aos 28 dias, conforme a NBR 16697 (ABNT, 2018).

Na obra 01 quanto a utilização de aditivo impermeabilizante para concretos e argamassas, o fabricante recomenda em seu manual de utilização que a relação água/cimento do concreto seja inferior a 0,50 (25 litros de água para 50 kg de cimento). Entretanto, a relação água/cimento utilizada foi de 0,56 sem considerar a umidade dos agregados, e esta relação entra em desacordo com a indicação do fabricante.

Identificou-se a presença de seixos rolados em grande quantidade no agregado miúdo da obra 03, dado o seu tamanho e superfície lisa prejudicam diretamente na aderência, facilitando a segregação segundo Furlanetto (2020).

Foi possível observar na obra 05, de forma visual, a utilização de dois tipos de agregado graúdo (Figura 11), sendo de origens diferentes por se tratar de fornecedores distintos. De acordo com Mehta e Monteiro (2008) esta variação da origem do agregado pode afetar nas propriedades do concreto não endurecido e endurecido, dado as suas características de massa específica, composição granulométrica, forma, textura superficial e composição mineralógica.

Figura 11 - Agregado graúdo - Obra 05.



Fonte: Os autores (2022).

4.2 ANÁLISE DA ARMAZENAGEM

Nas verificações da armazenagem dos materiais que constituem o concreto foram registrados em todas as obras que os agregados não são separados perfeitamente conforme sua graduação, como ilustrado na Figura 12. Os agregados também são dispostos em contato direto com o solo e ficam expostos às intempéries. Estes fatores podem afetar diretamente na dosagem do traço idealizado, favorecer a contaminação com matéria orgânica assim como elevar a umidade dos agregados, estando estas disposições em desconformidade com as recomendações da NBR 12655 (ABNT, 2022).

Figura 12 - Interação entre as diferentes graduações dos agregados.



Fonte: Os autores (2022).

Também foi identificado nas obras 01, 04, 06 e 07 que os pacotes de cimento mesmo estando dentro do prazo de validade, alocados em barracos, protegidos de intempéries e dispostos sobre pallets de madeira, apresentaram nódulos empedrados que indicam sua hidratação por contato com umidade. Segundo Bauer (2000) cimentos empedrados podem apenas ser utilizados para serviços secundários, não devendo ser utilizados para fins estruturais, já que a quantidade de cimento que efetivamente realizará as reações químicas será menor que a necessário.

Figura 13 - Sacos de cimento armazenados próximos a parede de alvenaria.



Fonte: Os autores (2022).

Outro ponto averiguado nas obras 01, 04, 05 e 06 foi a disposição da água em barris e caixas com resíduos de argamassa, alterando assim sua coloração para acinzentada, como é possível observar na Figura 14. A mudança na coloração da água utilizada para amassamento do concreto salienta sua contaminação, entrando em desacordo com os requisitos mínimos para utilização deste material conforme a NBR 15900-1 (ABNT, 2009).

Figura 14 - Armazenagem da água para amassamento do concreto.

OBRA 01



OBRA 04



OBRA 05



OBRA 06



Fonte: Os autores (2022).

4.3 ANÁLISE DA DOSAGEM

Os traços informados pelo executor ou engenheiro(a) responsável são apresentados na Tabela 5, assim como as quantidades de materiais utilizados na mistura. Na maioria das obras acompanhadas, não foi informado um traço para a dosagem do concreto, evidenciando uma possível falta de conhecimento sobre as propriedades dos materiais utilizados. Segundo Campiteli (2011) a proporção determinada pelo traço favorece uma adequada trabalhabilidade às condições de mistura, transporte, lançamento e adensamento do concreto, garantindo as características de projeto, sendo elas a resistência e durabilidade durante sua utilização.

Tabela 5 - Relação de materiais da mistura.

Obra	Traço	Relação de materiais adicionados	relação a/c
1	1:2:2,5	1 pacote de cimento de 50 kg + 5 baldes de 18 L de areia + 5 baldes de 18L de brita + 28L de água + 500 ml de aditivo impermeabilizante	0,56
2	1:2:2,5	1 pacote de cimento de 50 kg + 5 baldes de 18L de areia + 5 baldes de 18L de brita + 29,5 L de água	0,59
3	não informado	1 pacote de cimento de 50 kg + 30 pás de areia + 35 pás de brita + 27L de água	0,54
4	não informado	1 pacote de cimento de 50 kg + 25 pás de areia + 6 baldes de 18L de brita + 37L de água	0,74
5	não informado	1 pacote de cimento de 50 kg + 25 pás de areia + 6 baldes de 18L brita + 34,5L de água +	0,69
6	não informado	1 cimento de 50 kg + 12 baldes de 10L de areia + 14 baldes de 10L de brita + 39L de água	0,58
7	1:2:2,5	1,5 pacote de 50 kg de cimento + 5 baldes de 18L de areia + 5 baldes de 18L de brita + 19,8L de água	0,27

Fonte: Os autores (2022).

É possível observar através da Tabela 5 que a maioria das obras adotou baldes de 10 ou 18L para a dosagem de agregados, tendo estas medidas pequenas variações na altura de preenchimento do balde. Já nas obras 03, 04 e 05 utilizou-se da ferramenta pá para essa medição, causando assim uma possível variação no volume a cada adição, segundo Mehta e Monteiro (2008), esta falta de padrão no

volume de agregados pode prejudicar a homogeneidade da mistura, podendo afetar na trabalhabilidade e na resistência final do concreto.

Figura 15 - Adição de agregado miúdo com pá - Obra 05.



Fonte: Os autores (2022).

A água para amassamento em todas as obras teve o balde de 18L como aparelho dosador, já para a medição dos agregados em massa combinada com volume nenhuma obra utilizou a padiola, que segundo Mehta e Monteiro (2008) tem seu uso recomendado a fim de suprimir imprecisões. Outro ponto observado em todas as obras acompanhadas foi a falta do controle do teor de umidade da areia, prática que visa corrigir a quantidade de água adicionada na mistura do concreto. Segundo a NBR 7212 (2021), a água para amassamento deve considerar, além da quantidade adicionada, a umidade presente nos agregados, a utilizada para dissolução dos aditivos.

Tendo em vista que a umidade dos agregados não foi considerada, o resultado é o aumento da relação água/cimento que influencia diretamente na trabalhabilidade, deixando a mistura mais fluida para sua aplicação. Entretanto, esse aumento pode prejudicar o ganho de resistência do concreto quando no estado endurecido, dado que o excesso de água na pasta de cimento implica em uma porosidade capilar alta (MEHTA; MONTEIRO, 2008).

Entendendo que os traços utilizados nas obras analisadas são definidos em função de um saco de cimento de 50 kg, a obra 07 utilizou 1 pacote e meio, entretanto a quantidade dos demais materiais não foi corrigida para garantir sua devida proporção.

Vale ressaltar que as condições de preparo observadas em todas as obras não atendem os pré-requisitos da NBR 12655 (ABNT, 2022) para concretos com finalidade estrutural, a qual define as condições onde o cimento é medido em massa, os agregados em volume, água de amassamento medida em volume tendo a sua quantidade corrigida através da estimativa de umidade dos agregados e da determinação da consistência recomendadas apenas para classes de concreto de 10 à 15 MPa de resistência à compressão, classificados pela NBR 8953 (ABNT, 2015) como concretos não estruturais.

4.4 ANÁLISE DOS PROCEDIMENTOS DE MISTURA

Dentre os principais pontos observados que podem influenciar de forma expressiva na resistência final do concreto, temos a adição de água acima do determinado pelo traço, uma prática equivocada do operador a fim de melhorar a fluidez da mistura. Essa adição para uma determinada quantidade de cimento, segundo Mehta e Monteiro (2008), aumentará a fluidez do concreto no estado fresco, entretanto causará uma redução na sua resistência no estado endurecido. Essa situação foi registrada nas obras 04, 05 e 06, sendo que os concretos dessas obras apresentaram abatimentos entre os maiores valores no ensaio do *Slump Test*.

Como apresentado na Tabela 6, a obra 01 foi a que apresentou o maior valor de abatimento no ensaio da consistência pelo abatimento do tronco do cone, possivelmente devido a duas falhas nos procedimentos do preparo da mistura. A primeira delas foi a adição inicial de toda a relação de água prevista para o traço (aproximadamente 28 L) sem considerar a umidade já presente nos agregados, já a segunda falha observada foi a incorreta aplicação do aditivo impermeabilizante sobre os agregados, quando a recomendação do fabricante é que os 500 ml de aditivo sejam misturados junto à água de amassamento.

Figura 16 - Adição de aditivo sobre os agregados.



Fonte: Os autores (2022).

Tabela 6 - Resultado do ensaio da consistência pelo abatimento do tronco do cone (*Slump test*).

Obra	Relação a/c	Slump (mm)
01	0,56	225
02	0,59	80
03	0,54	155
04	0,74	195
05	0,69	178
06	0,58	205
07	0,27	48

Fonte: Os autores (2022).

Vale ressaltar que as relações água/cimento apresentadas na Tabela 6 foram calculadas através das quantidades adicionadas sem considerar a umidade presente nos agregados, ou seja, as relações reais podem ter valores maiores e são salientadas pelo resultado do ensaio de consistência. Conforme a NBR 8953 (ABNT, 2015), tratando-se de concretos para elementos estruturais com lançamento convencional, o valor do *Slump* recomendado é de $100 \leq a \leq 160$ mm.

A execução dos ensaios de consistência pelo abatimento do tronco de cone foi realizada conforme os procedimentos da NBR 16889 (ABNT, 2020) com o equipamento portado pela equipe, logo que foi constatado que nenhuma obra possuía esta aparelhagem para o ensaio.

Figura 17 - Abatimento do concreto pelo tronco de cone das obras acompanhadas.



Fonte: Os autores (2022).

A verificação da coesão foi executada de forma visual logo após a realização do ensaio de consistência como apresentado na Figura 17, onde os troncos de cone de concreto que desmoronaram, sejam por cisalhamento ou desagregação, não apresentaram coesão adequada, já os troncos que se mantiveram, como no caso da obra 02, 03 e 07 foram posteriormente verificados. Segundo Campiteli (2008) no caso de abatimento verdadeiro a coesão ainda pode não ser ideal, o concreto deve ser atingido com a haste de adensamento em suas laterais do tronco, se após os golpes não ocorrer o desmoronamento o concreto pode ser considerado de boa coesão. Pela Figura 18 pode ser observado que apenas os troncos de concreto das obras 02 e 07 se mantiveram coesos após os golpes, enquanto da obra 03 desmoronou.

Figura 18 - Verificação da coesão do concreto após golpes com a haste de adensamento.



Fonte: Os autores (2022).

Também é afirmado por Campiteli (2011) que a coesão está relacionada à presença de finos, e esta quantidade deve ser a menor possível a fim de evitar retração, mas em quantidade suficiente que proporcione um adequado argamassamento do concreto. A quantidade de argamassa foi verificada visualmente ao alisar a superfície do concreto com uma colher de pedreiro, onde na maioria das obras foram apresentados acabamentos medianamente apropriados, tendo apenas a obra 06 um concreto com tendência a segregação, situação em que a argamassa não envolve de forma eficaz o agregado graúdo, como apresentado na Figura 19:

Figura 19 - Análise visual do concreto da obra 06.



Fonte: Os autores (2022).

O tempo de mistura foi cronometrado em todas as obras a partir do momento que os materiais componentes foram adicionados à betoneira até a primeira retirada de concreto, ficando em média de 2 a 4 minutos, tendo como critério a análise visual da mistura pelo operador. Já nas obras 02 e 03 foi mantido a mistura batendo por tempo intermitente. Um concreto de trabalhabilidade baixa terá dificuldade ao misturar, porém um tempo de mistura excessivo impactará na redução da trabalhabilidade, já que o tempo de pega do cimento e o aumento da superfície de contato com o tambor irão reduzir a quantidade de água da mistura (MEHTA; MONTEIRO, 2008).

Antes do início de cada betonada todas as obras adotaram como prática a limpeza da betoneira com seu enxágue, batendo no intervalo de 1 minuto e descartando a água com resíduos de concretagem (Figura 20).

Figura 20 - Limpeza das betoneiras.

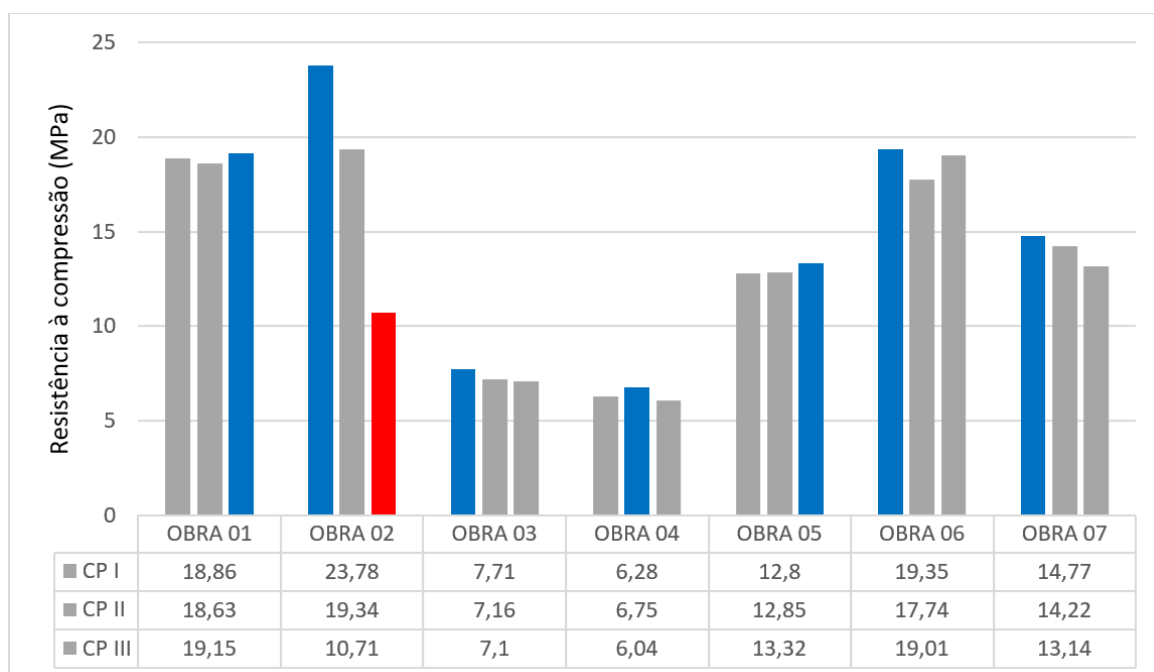


Fonte: Os autores (2022).

4.5 ANÁLISE DOS RESULTADOS DE RESISTÊNCIA

A Figura 21 a seguir apresenta os valores de resistência obtidos no intervalo de 28 dias entre os exemplares de cada amostra, sendo destacado em azul o maior valor alcançado e tendo apenas na Obra 02 que se destaca em vermelho, pois apresentou um valor inferior à sua amostra, identificando assim uma possível falha no momento do capeamento do corpo de prova com enxofre líquido, tendo imperfeições na regularização da superfície superior, logo esse valor foi desconsiderado.

Figura 21 - Resultados dos ensaios de resistência à compressão axial do concreto das obras acompanhadas.



Fonte: Os autores (2022).

Adotou-se como resistência da amostra o maior valor entre os três resultados no ensaio de resistência à compressão, tendo como variação média de 1,434 MPa entre o maior e o menor valor de todas as amostras, indicando assim que os ensaios obtiveram valores confiáveis.

A Tabela 7 apresenta os resultados dos ensaios de resistência à compressão axial do concreto aos 28 dias (f_{cj}), sendo f_{ck} a resistência solicitada e a comparação através da porcentagem atingida da amostra em relação ao previsto em projeto.

Tabela 7 - Resultados dos ensaios de resistência à compressão axial do concreto.

Obra	Data de rompimento	Idade	f_{ck} (MPa)	f_{cj} (MPa)	% atingida
01	19/07/2022	28	25	19,15	76,60
02	08/08/2022	28	25	23,78	95,12
03	23/08/2022	28	35	7,71	22,03
04	03/10/2022	28	25	6,75	27,00
05	26/10/2022	28	25	13,32	53,28
06	04/11/2022	28	25	19,35	77,40
07	04/11/2022	28	25	14,77	59,08

Fonte: Os autores (2022).

Como pode ser observado, nenhuma das amostras coletadas dentre as 07 obras acompanhadas conseguiu atingir o valor de resistência especificado pelo projeto estrutural na idade de 28 dias, que conforme a NBR 6118 (ABNT, 2014) é a idade indicada quando a mesma não for definida.

Tendo a maioria das estruturas concretadas sendo pilares, elementos que, em geral, recebem forças de compressão e têm como função receber as cargas e transferi-las para a fundação, as baixas resistências obtidas demonstram a falta de rigor nos procedimentos e dosagem dos materiais utilizados. Logo que o concreto é o principal agente da resistência dos esforços de compressão na estrutura, deve ser bem executado de forma que atenda esta característica.

Essa análise dos resultados demonstra que a somatória de falta de critérios no momento da escolha dos materiais, falhas em relação à armazenagem e faltas de parâmetros na dosagem e mistura implicam em concretos com resistência inferiores, podendo comprometer a segurança e estabilidade das estruturas.

5 CONCLUSÃO

O presente trabalho teve como objetivo principal avaliar os principais fatores relacionados à produção do concreto em obras que afetam sua resistência final, que apesar de ser um método muito utilizado apresentou pontos de preocupação dado o controle tecnológico adotado pelas obras acompanhadas. O foco deste estudo se deu na verificação dos materiais empregados e a sua armazenagem, assim como os procedimentos de dosagem e mistura, sendo comparados às recomendações das normas vigentes e da literatura especializada.

Com relação aos materiais adotados nas obras acompanhadas, foram encontrados em praticamente todas as obras contaminação nos agregados por outros tipos de materiais, sejam eles provindos de resíduo de concretagem, materiais da construção civil ou matéria orgânica. Destaca-se também a alta quantidade de material pulverulento presente nos agregados graúdos, as quais podem ser decorrentes de falta de parâmetros da escolha do material ou problemas com a armazenagem.

Foram analisadas as disposições de armazenagem de materiais, sendo possível concluir que o padrão das disposições é muito parecido entre as obras. Dentre as principais falhas, a disposição dos agregados de diferente graduação em morros sem a devida separação, em contato direto com o solo e expostos às intempéries. Identificados também durante os acompanhamentos pacotes de cimento empedrados assim como a água de amassamento armazenada em reservatórios com contaminação de argamassa. Essas constatações evidenciam a falta de preocupação com os materiais que irão compor as estruturas, sendo que podem ter impacto diretamente na correta dosagem dos materiais, nas propriedades da mistura e por consequência na resistência final.

Para os procedimentos de dosagem cabe destacar a falta de conhecimento e da definição de um traço por parte dos executores, onde as propriedades dos materiais utilizados não foram previamente ensaiadas, podendo assim refletir em concretos heterogêneos e de propriedades desejadas não atingidas. Ademais, também foram constatadas variações nas quantidades adicionadas de materiais por conta dos dispositivos de dosagem, onde a falta de padrão no preenchimento dos baldes e a utilização da ferramenta pá elevam um potencial problema para as

características desejadas do concreto. Vale ressaltar que nenhuma obra realizou cálculo de umidade do agregado miúdo, com o objetivo de compreender seu inchamento e a consideração de água já presente na somatória da água de amassamento, tornando as relações de água/cimento elevadas.

Fazendo uso do ensaio de controle tecnológico de consistência e a avaliação da coesão dos concretos, foi possível identificar que em grande parte das obras acompanhadas os concretos apresentaram consistências úmidas/fluídas que demonstravam uma quantidade excessiva de água, prejudicando, em consequência, a função da argamassa no envolvimento dos agregados graúdos e no ganho de resistência.

Através da moldagem e ensaio à compressão dos corpos de prova coletados, foi possível constatar através de comparações que o concreto produzido no canteiro de obras não atingiu a resistência solicitada em projeto, evidenciando a importância da realização deste ensaio. Atenta-se que além de nenhuma obra ter alcançado a resistência ideal para as funções projetadas da estrutura, algumas obras obtiveram valores muito inferiores às especificações, podendo estas estruturas sofrerem problemas de desempenho e durabilidade.

Este cenário de resistências baixas traz consigo a responsabilidade dos engenheiros civis deixarem o controle dos concretos produzidos *in loco* a cargo de outros, que por sua vez não detêm conhecimento teórico e utilizam de suas experiências e fontes geralmente inapropriadas para balizarem suas escolhas no preparo do concreto.

Cabe destacar que os procedimentos em desconformidade apontados neste trabalho não devem ser repetidos e sim corrigidos, aprimorando a escolha dos materiais e a qualidade no armazenamento, refinando os procedimentos em conjunto com a mão de obra a fim de obter concretos com melhores resultados e seu adequado desempenho.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 11768 – **Aditivos químicos para concreto de cimento Portland – Requisitos**. Rio de Janeiro, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 12655 – **Concreto de cimento Portland – Preparo, controle e recebimento – Procedimento**. Rio de Janeiro, 2022.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 16697 – **Cimento Portland - Requisitos**. Rio de Janeiro, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 16889 – **Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco do cone**. Rio de Janeiro, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 17054 – **Agregados – Determinação da composição granulométrica – método de ensaio**. Rio de Janeiro, 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 5738 – **Moldagem e cura dos corpos-de-prova cilíndricos ou prismáticos de concreto**. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 5739 – **Concreto — Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos**. Rio de Janeiro, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 7211 – **Agregado para concreto**. Rio de Janeiro, 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 7212 – **Execução de concreto dosado em central — Procedimento**. Rio de Janeiro, 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). 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 (ABNT). NBR NM 248 – **Agregados - Determinação da composição granulométrica**. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **GUIA BÁSICO DE UTILIZAÇÃO DO CIMENTO PORTLAND**, São Paulo 2002. 1. Disponível em: <<https://solucoesparacidades.com.br/wp-content/uploads/2012/11/28-Guia-basico-de-utilizacao-do-cimento-portland.pdf>>. Acesso em: 02 de abr. 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Vendas de cimento crescem 11% em 2020**. 2021. 1. Disponível em: <<https://abcp.org.br/vendas-de-cimento-crescem-11-em-2020/>>. Acesso em: 31 de mar. 2022.

BAUER, L. A. F. **Materiais de construção**, vol. 1. Revisão técnica João Fernando Dias. 5. ed. Revisada. Rio de Janeiro: LTC, 2000, 488p. Acesso em: 02 de abr. 2022.

BRASIL. Ministério da Justiça e Segurança Pública Conselho Administrativo de Defesa Econômica. Departamento de Estudos Econômicos (DEE) – Cade. **Mercado de cimento no Brasil**. Brasília, 2019.

CAMPITELI, Vicente Coney. **Fundamento da dosagem de concretos**. Editora UEPG. Ponta Grossa, 2011.

DA SILVA, E. A. **Técnicas de recuperação e reforço de estruturas de concreto armado**. 2006, p. 84. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) –Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 2006.

DIAS, A. R. O. **Análise da qualidade do concreto moldado in loco em obras do município de Cajazeiras-PB**, Cajazeira, Paraíba. 2020. Disponível em: <<https://repositorio.ifpb.edu.br/jspui/handle/177683/1423>>. Acesso em: 17 de set. 2022.

FURLANETTO, P. **Seixo rolado no concreto: tudo que você precisa saber**. Disponível em: <https://neoipsum.com.br/seixo-rolado-no-concreto/>. Acesso em: 28 out. 2022.

HABITZREITER, M. **ESTUDO COMPARATIVO ENTRE CONCRETO USINADO E CONCRETO PRODUZIDO NO CANTEIRO DE OBRAS**. 2015. Disponível em: <<https://bibliodigital.unijui.edu.br:8443/xmlui/bitstream/handle/123456789/3865/TC%20Maxoel%20Habitzreiter.pdf?sequence=1&isAllowed=y>> Acesso em: 31 de mar. 2022.

HELENE, Paulo; ANDRADE, Tibério. **Concreto de Cimento Portland**. Ed. G. C. ISAIA. – São Paulo: IBRACON. 2010. Acesso em: 02 de abr. 2022.

HELENE, Paulo; ANDRADE, Tibério. Concreto de Cimento Portland. In: **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais**. Ed. G. C. ISAIA. – São Paulo: IBRACON. 2007. vol 2. Acesso em: 02 de abr. 2022.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: microestrutura, propriedades e materiais**, Ibracon, S. 2008.

PEDROSA, M. L. C. **Controle de Qualidade e Rastreabilidade para Concreto Moldado In-Loco em Habitações de Interesse Social**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto. 2016. Disponível em: <https://monografias.ufop.br/bitstream/35400000/159/1/MONOGRAFIA_ControldeQualidadeRastreatividade.pdf> Acesso em: 31 de mar. 2022.

PEDROSO, F. L. Concreto: As origens e a evolução do material construtivo mais usado pelo homem. **Concreto: Material mais consumido no mundo**, São Paulo, nº53. 2009.

RESENDE, Guilherme Mendes. **Mercado de cimento no brasil**. Cadernos do Cade, 2019. Disponível em: <<https://cdn.cade.gov.br/Portal/centrais-de-conteudo/publicacoes/estudos-economicos/cadernos-do-cade/mercado-de-cimento-no-brasil-2019.pdf>> Acesso em: 20 de out. 2022.

RIBEIRO, Carmen Couto. **Materiais de construção civil**. Editora UFMG, 2002. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=t4b1NY_WhjMC&oi=fnd&pg=PA9&dq=MATERIAIS+DE+CONSTRUÇÃO&ots=MKXIWgTW4k&sig=9xkyd1FXOsaQG1F1uCefldDJH3A#v=onepage&q=MATERIAIS+DE+CONSTRUÇÃO&f=false>. Acesso em: 16 de out. 2022.

SANTIAGO, W. C.; BECK, A. T. Estudo da (não-)conformidade de concretos produzidos no Brasil e sua influência na confiabilidade de pilares curtos, v. 4, p. 663-690, 2011. **Revista ibracon de estruturas e materiais**. Disponível em: <<https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/RevTecnol/article/view/8169>>. Acesso em: 31 de mar. 2022.

TUTIKIAN, B. F.; HELENE, P. **Dosagem dos Concretos de Cimento Portland**. IBRACON. 2011. Disponível em: <<https://www.phd.eng.br/wp-content/uploads/2014/07/lc56.pdf>> Acesso em: 05 de nov. 2022.

YAZIGI, W. **A técnica de edificar**, São Paulo: Pini: SindusCon, 2009. Acesso em: 05 de nov. 2022.

APÊNDICE A – Checklist de Verificação em Obra



DATA: ___/___/___

CHECK LIST DE CONTROLE DE QUALIDADE NA PRODUÇÃO DE CONCRETO

EMPRESA: _____

OBRA: _____

	ITEM	CONFERÊNCIA	OBSERVAÇÃO
	TIPO DE MATERIAL		
01	Cimento utilizado: Tipo, marca e fabricação: Classe de resistência:		
02	Agregado miúdo: Material pulverulento? Existência de contaminantes já presentes?	Sim () Não () Sim () Não ()	
03	Agregado graúdo: Forma: Existência de contaminantes já presentes? Presença de material pulverulento?	Sim () Não () Sim () Não ()	
04	Aditivos: É utilizado aditivos? Se sim, quais?		
	ARMAZENAGEM		
05	Cimento: O pacote está íntegro? O pacote apresenta nódulos empedrados? Protegido da umidade? Pilhas com menos de 10 sacos? Utilizados cimentos mais antigos? Está dentro do prazo de validade?	Sim () Não () Sim () Não () Sim () Não () Sim () Não () Sim () Não () Sim () Não ()	
06	Agregados: Separados conforme sua granulometria? Dispostos sobre base que favorece o escoamento da água e sem contato com o solo?	Sim () Não () Sim () Não ()	
07	Água: Utilizada da rede de Saneamento? Caso não, como é armazenada?	Sim () Não ()	
08	Aditivos: Como é feita a armazenagem?		
	DOSAGEM		
09	Traço: É utilizado algum? Se sim, qual? Foram feitos ensaios para correção?	Sim () Não () Sim () Não ()	
10	Agregado medido em:	Massa () Volume ()	
11	Água medida em (com/sem dispositivo dosador):	Massa () Volume ()	

12	Uso de padiolas para converter massa em volume? Se não, como é feito a conversão?	Sim () Não ()	
13	Controle do teor de umidade da areia?	Sim () Não ()	
14	É adicionado água para melhorar a trabalhabilidade/fluidez?	Sim () Não ()	
BETONEIRA			
15	Estava limpa antes do preparo?	Sim () Não ()	
16	Foi realizado a imprimação?	Sim () Não ()	
MISTURA			
17	Sequência dos materiais adicionados:		
18	Tempo de mistura:		
19	A mistura se apresentou homogênea?	Sim () Não ()	
20	<i>Slump Test</i> :		mm
21	Obra possuiu equipamento para a realização do <i>Slump Test</i> :	Sim () Não ()	
22	Elemento estrutural que foi concretado:		

	CORPOS DE PROVA	HORÁRIO	MOLDADOR
01			
02			
03			

OBSERVAÇÕES GERAIS
