



CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS
CAMPUS VARGINHA - MG

**CONCRETO ARMADO: CONTROLE DE QUALIDADE DO
MATERIAL E DO PROCEDIMENTO EXECUTIVO DA
ESTRUTURA - ESTUDO DE CASO**

Elisa Clara Silva Barreto

Orientador: Armando Belato Pereira, Dr.

Varginha, 25 de janeiro de 2022

CONCRETO ARMADO: CONTROLE DE QUALIDADE DO MATERIAL E DO PROCEDIMENTO EXECUTIVO DA ESTRUTURA - ESTUDO DE CASO

Elisa Clara Silva Barreto

Proposta de trabalho de conclusão de curso
apresentado ao curso de Graduação em
Engenharia Civil do Centro Federal de Educação
Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG),
Campus Varginha.

Orientador: Armando Belato Pereira, Dr.

Varginha, 15 de janeiro de 2022

ELISA CLARA SILVA BARRETO

CONCRETO ARMADO: CONTROLE DE QUALIDADE DO MATERIAL E DO
PROCEDIMENTO EXECUTIVO DA ESTRUTURA - ESTUDO DE CASO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Centro Federal de Educação Tecnológica de
Minas Gerais como requisito parcial para
obtenção do título de Engenheira Civil.

Data de aprovação: 25/01/2022

Banca examinadora:

Armando Belato Pereira, Dr.

Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET MG) -
Campus VIII - Unidade Varginha

Luciana Alvarenga Santos, Dra.

Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET MG) -
Campus VIII - Unidade Varginha

Mag Geisielly Alves Guimarães, Me.

Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET MG) -
Campus VIII - Unidade Varginha



Eng. Civil Belmiro de Paula Marques Neto

**COMPROVANTE DE APROVAÇÃO DO RELATÓRIO TÉCNICO FINAL Nº
3/2022 - DCECVG (11.64.04)**

(Nº do Protocolo: NÃO PROTOCOLADO)

(Assinado digitalmente em 07/02/2022 10:54)

ARMANDO BELATO PEREIRA

PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO

DCECVG (11.64.04)

Matrícula: 3059228

(Assinado digitalmente em 08/02/2022 10:52)

LUCIANA ALVARENGA SANTOS

COORDENADOR - TITULARCECVG (11.51.23)

Matrícula: 1569762

(Assinado digitalmente em 07/02/2022 15:56)

MAG GEISELLE ALVES GUIMARAES

PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICODCECVG (11.64.04)

Matrícula: 2116664

Para verificar a autenticidade deste documento entre em <https://sig.cefetmg.br/documentos/> informando seu número:

3, ano: **2022**, tipo: **COMPROVANTE DE APROVAÇÃO DO RELATÓRIO TÉCNICO FINAL**, data de emissão: **07/02/2022** e o código de verificação: **dc142892b7**

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus, por guiar meus passos durante toda a minha trajetória até aqui. Por me conceder discernimento para tomar as melhores decisões e força para enfrentar os obstáculos.

Aos meus pais, Antônio e Fátima, por terem me apoiado, investido e dado todo suporte necessário para minha formação acadêmica. Obrigada por acreditarem em mim! Aos meus irmãos, irmãs, cunhados (as) e aos meus amigos, que foram essenciais para que a caminhada ficasse mais leve. Ao meu marido, Lucas, pelo amor, incentivo e por sempre estar disposto a me ouvir. Obrigada por ser um porto seguro.

Ao meu orientador Armando, por todo apoio. Aos colegas de curso e aos professores do departamento de Engenharia Civil, que contribuíram para minha formação acadêmica, profissional e pessoal.

À Alcance Engenharia e Construção Ltda., à Jequitibá Engenharia e Empreendimentos Ltda. e ao Tribunal de Justiça do Estado de Minas Gerais, por propiciar todo o suporte necessário para a realização deste trabalho. A todos os colegas da obra, por proporcionarem um ambiente de trabalho agradável, fazendo com que a rotina ficasse mais leve. Em especial, ao Israel e Makciel, pela ajuda na coleta de dados e desenvolvimento de todas as atividades necessárias à elaboração do estudo de caso, além de toda motivação e apoio.

Por fim, agradeço à instituição CEFET/MG, a quem chamo de casa desde 2011, que me proporcionou, além de uma formação acadêmica de alto nível, um desenvolvimento pessoal enorme e me forneceu oportunidades incomparáveis.

RESUMO

A qualidade potencial do concreto depende essencialmente da relação água/cimento e do grau de hidratação, parâmetros que regem suas principais propriedades. O controle tecnológico do concreto objetiva validar e documentar sua qualidade para posterior aceitação da estrutura. No entanto, a correspondência entre os parâmetros de projeto estimados e aqueles efetivos na estrutura deve ser assegurada por meio do controle de qualidade de todos os serviços envolvidos na concretagem. Dessa maneira, o Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) visa discorrer a importância tanto do controle de qualidade deste material, como da necessidade de se estabelecer um procedimento adequado, com base nas normas técnicas, na execução de estruturas de concreto nas obras. Para este fim, foi apresentado, como estudo de caso aplicado em uma obra pública localizada na cidade de Três Corações/MG, toda a rotina de controle tecnológico de concreto, desde a produção do material na usina, seguido do recebimento, aceitação e aplicação do concreto em obra, até os procedimentos referentes aos ensaios e laudos de aceitação da estrutura. A sistemática rotina de controle de qualidade adotada na obra em estudo possibilitou a correção de diversos problemas verificados em níveis de projeto e execução. O rigoroso controle tecnológico do concreto garantiu, ainda, resultados de resistência e deformação superiores àqueles previstos em projeto. Dessa maneira, torna-se notável a grande importância em se estabelecer, em obras de qualquer porte, uma rotina de procedimentos executivos referentes aos serviços de concretagem. As boas práticas adotadas no planejamento, preparação e execução das estruturas de concreto podem evitar diversas manifestações patológicas, assim como garantir um alto nível de qualidade e durabilidade estrutural.

Palavras-Chave: controle tecnológico do concreto, controle de qualidade do concreto, concretagem, planejamento.

ABSTRACT

The concrete quality depends essentially on both the water/cement ratio and the degree of hydration, parameters which rule the concrete's main properties. The aim of the technological control of concrete is to validate its quality for later acceptance of the structure. However, the correspondence between the estimated design parameters and those effectively applied in the structure must be ensured by means of quality control of all services involved in concreting. Therefore, in this work the importance of both the quality control of concrete and the need of establishing an adequate procedure in the execution of concrete structures is taken into consideration. The construction of the new Fórum of Tribunal de Justiça de Minas Gerais, located in Três Corações, is presented as a case study, with an approach on the concrete technological control routine. The analysis started from the production of the material at the plant, followed by the receipt, acceptance, application of the concrete on the construction, to the test procedures, and acceptance reports of the structure. The systematic quality control routine adopted made it possible to correct several problems found at the design and execution levels. The rigorous technological control of the concrete also guaranteed compressive strength and deformation results superior to those foreseen in the project. Therefore, it's remarkable the great importance of establishing a routine of good practices in concreting services. The adopted actions in planning, preparation, and execution of concrete structures can avoid several pathologies, as well as guarantee a high level of quality and structural durability.

Keywords: technological control of concrete, quality control, concreting services, planning.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Procedimentos de controle preliminares necessários à concretagem	16
Figura 2 – Tempos envolvidos na entrega do concreto conforme a ABNT NBR 7212:2021	21
Figura 3 – Adensamento do concreto com vibradores de imersão	24
Figura 4 – Fluxograma dos processos da concretagem.....	27
Figura 5 – Fissuras de cisalhamento em viga	33
Figura 6 – Fissuras de compressão	33
Figura 7 – Fissuras por punção.....	34
Figura 8 – Fissuras de flexão em elementos de concreto armado	34
Figura 9 – Penetração do agente através da porosidade do concreto	37
Figura 10 – Modelagem 3D arquitetônica	39
Figura 11 – Modelagem estrutural.....	39
Figura 12 – Plano de concretagem	49
Figura 13 - Esquema de montagem das fôrmas dos pilares	52
Figura 14 – Fôrmas dos pilares do subsolo	52
Figura 15 - Fôrmas dos pilares do 1º pavimento.....	53
Figura 16 – Esquema de montagem do cimbramento metálico para as lajes e vigas	54
Figura 17 – Montagem do cimbramento para lajes e vigas.....	55
Figura 18 - Montagem do cimbramento para lajes e vigas.....	55
Figura 19 - Esquema de travamento de laterais de viga	56
Figura 20 – Travamento lateral de vigas	57
Figura 21 – Montagem das fôrmas das vigas e lajes nervurada e maciça.....	57
Figura 22 – Armação dos pilares.....	59
Figura 23 – Armação das lajes maciças.....	59
Figura 24 – Armação das lajes nervuradas	60
Figura 25 – Placas de isopor posicionadas na região da junta de dilatação	60
Figura 26 – Armazenagem dos agregados	61
Figura 27– Armazenamento da água	62
Figura 28 – Armazenamento dos aditivos	62
Figura 29 – Carregamento da balança.....	63

Figura 30 – Carregamento do caminhão betoneira	64
Figura 31 – Ensaio de abatimento de tronco de cone	65
Figura 32 – Moldagem dos corpos de prova	66
Figura 33 – Rastreabilidade do concreto.....	67
Figura 34 – Mapa de concretagem manual.....	69
Figura 35 – Mapa de concretagem desenhado em software	70
Figura 36 – Concretagem dos pilares	71
Figura 37 – Concretagem das lajes.....	71
Figura 38 – Lançamento e adensamento do concreto	72
Figura 39 – Verificação do prumo dos pilares	73
Figura 40 – Conferência do posicionamento das mestras metálicas	73
Figura 41 – Acabamento das lajes	74
Figura 42 – Cura úmida com mangueira	74
Figura 43 – Cura úmida com aspersores	75
Figura 44 – Armazenamento dos corpos de prova.....	76
Figura 45 – Transporte dos corpos de prova.....	76
Figura 46 – Conferência do prumo dos pilares.....	77
Figura 47 – Descimbramento das lajes	78
Figura 48 – <i>Slump test</i> reprovado	82
Figura 49 – Paralisação da concretagem das lajes.....	83
Figura 50 – Problemas observados nas armações das lajes	84
Figura 51 – Embarrigamento dos elementos.....	85
Figura 52 – Fôrma da parede de concreto empenada	86
Figura 53 – Desfôrma dos pilares	86
Figura 54 – Pilar com broca	87
Figura 55 – Pilar fora de prumo.....	88
Figura 56 – Pilares fora de esquadro	89
Figura 57 – Fissuras nas lajes.....	90
Figura 58 – Brocas no capitel.....	90
Figura 59 – Acabamento das lajes	91
Figura 60 – Superestrutura executada	91

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Correspondência entre classe de agressividade e qualidade do concreto	12
Tabela 2 – Resultados dos ensaios de resistência à compressão e módulo de deformação	79

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1VISÃO GERAL DO TEMA	1
1.2 OBJETIVOS	2
1.2.1 Objetivo geral	2
1.2.2 Objetivos específicos.....	2
1.3JUSTIFICATIVA	3
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
2.1CONSTITUIÇÃO DO CONCRETO.....	5
2.2PROPRIEDADES DO CONCRETO NO ESTADO FRESCO	6
2.3PROPRIEDADES DO CONCRETO NO ESTADO ENDURECIDO	8
2.4CONCRETO DOSADO EM CENTRAL	10
2.4.1 Visão geral	10
2.4.2 Armazenamento dos materiais.....	11
2.4.3 Dosagem e mistura do concreto.....	12
2.4.4 Transporte do concreto	14
2.5EXECUÇÃO DA CONCRETAGEM	15
2.5.1 Visão geral	15
2.5.2 Plano de concretagem.....	16
2.5.3 Cuidados preliminares.....	17
2.5.4 Recebimento e aceitação do concreto	18
2.5.5 Transporte e lançamento do concreto	20
2.5.6 Adensamento e acabamento.....	22
2.5.7 Cura.....	24
2.5.8 Retirada das fôrmas e do escoramento.....	25
2.6CONTROLE TECNOLÓGICO DO CONCRETO	26

2.6.1	Visão geral	26
2.6.2	Ensaio de resistência à compressão	29
2.6.3	Determinação dos módulos estáticos de elasticidade	30
2.7	MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS ASSOCIADAS AO CONCRETO ESTRUTURAL	32
3.	ESTUDO DE CASO	38
3.1	A OBRA.....	38
3.2	DIRETRIZES PARA A EXECUÇÃO DA SUPERESTRUTURA.....	40
3.2.1	Prescrições de projeto.....	40
3.2.2	Escoramento/cimbramento.....	41
3.2.3	Fôrma/desforma	42
3.2.4	Armação	43
3.2.5	Passagens através dos elementos estruturais	44
3.2.6	Concretagem.....	44
3.2.7	Controle tecnológico do concreto	45
3.3	PLANEJAMENTO PARA EXECUÇÃO DAS ESTRUTURAS EM CONCRETO ARMADO	46
3.3.1	Definição das cartas traço	46
3.3.2	Contratação de laboratório especializado	47
3.3.3	Plano de concretagem.....	48
3.3.4	Definição das equipes	50
3.4	PRODUÇÃO DAS ESTRUTURAS EM CONCRETO ARMADO.....	51
3.4.1	Sistema de fôrmas e escoramento	51
3.4.2	Montagem das fôrmas das vigas e lajes	56
3.4.3	Montagem das armações	58
3.4.4	Produção do concreto em central.....	61
3.4.5	Concretagem	65
3.4.6	Controle tecnológico do concreto	75

3.4.7 Retirada das fôrmas e escoramento	77
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	79
4.1 DA QUALIDADE DA ESTRUTURA	79
4.2 DA QUALIDADE DA USINA DE CONCRETO	80
4.3 DA QUALIDADE NO PROCEDIMENTO EXECUTIVO DA CONCRETAGEM	81
4.4 DA QUALIDADE DO ACABAMENTO DOS ELEMENTOS	84
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS 93	
5.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS	93
5.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	95
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	96

1. INTRODUÇÃO

1.1 VISÃO GERAL DO TEMA

A partir das exigências do mercado por um concreto de maior qualidade, aliado à racionalização do canteiro de obras e redução de custos, grande parte do concreto consumido no Brasil atualmente é produzido em centrais dosadoras (BARBOZA *et al.*, 2017). Porém, apesar da maior vantagem do concreto usinado ser a possibilidade de controle no processo de dosagem e preparo do material, para se garantir a qualidade final e consequente durabilidade da estrutura, ainda é de fundamental importância o estabelecimento de um controle de qualidade consistente tanto das propriedades e características técnicas do concreto, como também da forma como este é aplicado nas obras.

O controle tecnológico de concreto objetiva validar e documentar a qualidade do material durante sua aplicação e aceitação. O concreto deve apresentar condições ideais quando fresco e, quando endurecido, deve alcançar os resultados especificados em projeto (CARROMEU *et al.*, 2012). A resistência característica do concreto à compressão fornece uma ideia geral da qualidade deste e é, invariavelmente, um elemento fundamental no projeto estrutural, sendo a principal propriedade especificada para fins de controle tecnológico do material (NEVILLE, 2006). Porém, com o intuito de aproximar o cálculo estrutural a uma análise mais realista, é de grande importância o conhecimento das propriedades da deformação do material a ser utilizado, como o módulo de elasticidade, a retração, a fluência, e outros parâmetros que expressem as condições dos estados limites de serviço da estrutura (HERVÉ NETO, 2002). Dessa maneira, o módulo de elasticidade do concreto, também é um dos elementos utilizados nos cálculos estruturais e avaliados para fins de controle tecnológico do concreto.

A qualidade potencial do concreto depende da relação água/cimento e do grau de hidratação do material, parâmetros que regem suas principais propriedades (HELENE, 2010). No entanto, a correspondência entre os parâmetros de projeto estimados - obtidos por meio de ensaios - e efetivos na estrutura deve ser assegurada através do controle tecnológico de todos os serviços envolvidos na concretagem (HELENE *et al.*, 1993). Sendo assim, a qualidade efetiva do concreto

na obra deve ser certificada por um correto procedimento de mistura, transporte, lançamento, adensamento, cura, desforma e retirada do escoramento. Este procedimento executivo tem efeito muito importante nas propriedades de difusidade, permeabilidade e absorção capilar de água e gases das camadas superficiais do concreto, o que interfere diretamente na durabilidade das estruturas (HELENE, 2010).

Considerando que a garantia da qualidade efetiva do concreto como produto final se dá pelo controle de qualidade tanto de sua produção, como do procedimento executivo da concretagem, este trabalho visa discorrer sobre os procedimentos normativos e às boas práticas necessárias à execução das estruturas de concreto aliados ao controle tecnológico do material. Na modalidade de estudo de caso aplicado na obra predial do novo fórum da Comarca de Três Corações/MG, será abordado o controle de qualidade necessário à produção do concreto em central dosadora, ao procedimento executivo da concretagem em si, e à realização dos ensaios e emissão dos laudos de aceitação da estrutura.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Discorrer sobre a importância tanto do controle tecnológico e de qualidade do concreto estrutural, como da necessidade de se estabelecer um procedimento adequado, com base nas normas técnicas vigentes, na execução de estruturas de concreto nas obras, de forma a provê-las da necessária garantia de qualidade.

1.2.2 Objetivos específicos

- Fornecer esclarecimentos e diretrizes normativas para a implantação de sistemas e procedimentos de controle tecnológico de concreto nas obras;
- Explanar e analisar a rotina referente ao controle tecnológico de concreto na obra de construção do novo fórum da Comarca de Três Corações/MG, desde a produção do material na usina, seguido do recebimento, aceitação e

aplicação do concreto em obra, até os procedimentos referentes aos ensaios e laudos de aceitação da estrutura;

- Avaliar os possíveis impactos e patologias construtivas associadas a não realização do controle de qualidade do concreto estrutural.

1.3 JUSTIFICATIVA

Devido à sua versatilidade na indústria da construção civil, aliado a excelentes vantagens técnicas nos quesitos de durabilidade, resistência e plasticidade, o concreto é considerado o mais importante material estrutural e de construção civil da atualidade (ABCP, 2015; HELENE, 2010). Sendo assim, torna-se de fundamental importância estabelecer uma rotina quanto aos procedimentos de controle tecnológico do material desde o processo de dosagem e proporcionamento dos materiais na central, seguido do recebimento, aceitação e aplicação do concreto em obra, até os procedimentos referentes aos ensaios e laudos de aceitação da estrutura baseados em requisitos normativos vigentes.

Nas usinas de concreto, pequenos processos como o controle da umidade dos agregados, estocagem de materiais, dosagem automatizada e o controle de abatimento possuem grande influência na qualidade do concreto final. Já no local de uso, segundo a ABNT NBR 12655:2015, as propriedades exigidas para o concreto em uma estrutura são geralmente alcançadas se certos procedimentos de execução do concreto fresco forem seguidos - o transporte, lançamento, adensamento e o tipo de cura em que o concreto é submetido tem influência marcante no desenvolvimento de suas propriedades.

Obras sem um rigoroso controle de qualidade podem apresentar diversos problemas estruturais, como juntas de concretagem devido à interrupção do serviço e consequentes falhas estruturais; montagem equivocada das armações e corrosão devido ao cobrimento inadequado; nichos no concreto devido à falta de vibração ou ao lançamento de concreto com prazo de validade vencido; prumo, alinhamento e esquadro deficiente dos elementos, devido à movimentação das fôrmas; alta taxa de fissuração devido à cura deficitária; resistência inadequada do concreto devido ao acréscimo indevido de água; além de flechas nas vigas e lajes devido à retirada

precoce dos escoramentos. Tais situações, em casos extremos, podem causar ainda o rompimento do elemento estrutural. Dessa maneira, a partir do controle executivo do concreto, é possível inferir a minimização desse tipo de manifestações patológicas, assim como a racionalização dos serviços e material aplicado, e a garantia de estruturas de concreto com alta qualidade e durabilidade.

Nota-se, portanto, a grande importância do controle adequado de todas as etapas envolvidas com a qualidade do concreto e, conseqüentemente, da estrutura. Em um cenário onde a produtividade em obra é o principal objetivo da maior parte das construtoras, torna-se imprescindível resgatar a importância do controle de qualidade do concreto estrutural e fornecer esclarecimentos e diretrizes para a implantação de sistemas e procedimentos de controle nas obras, de forma a provê-las da necessária garantia de qualidade.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 CONSTITUIÇÃO DO CONCRETO

O concreto é um material compósito que, em sua forma mais básica, consiste em quatro materiais constituintes: cimento, água, agregado miúdo e agregado gráúdo. Misturas modernas de concreto normalmente requerem mais do que os quatro insumos básicos, e adições químicas, fibras plásticas ou metálicas, agregados leves saturados, adições minerais e polímeros também são usados com frequência (VOSAHLIK, 2018). A proporção entre os diversos constituintes desta mistura é obtida de forma a se atender simultaneamente as propriedades mecânicas, físicas e de trabalhabilidade requeridas para o concreto (HELENE *et al.*, 2010).

A partir das reações entre o cimento e a água na mistura do concreto, são formados produtos hidratados – a chamada pasta de cimento (NEVILLE, 2016). Nas primeiras horas da mistura, essa pasta tem características de trabalhabilidade necessárias ao transporte, lançamento e adensamento do concreto (HELENE *et al.*, 2010). Com o tempo e o consequente avanço das reações de hidratação do cimento, os produtos hidratados resultam em uma massa firme e resistente (NEVILLE, 2016). As reações de hidratação dos compostos de cimento tem caráter exotérmico, com liberação de energia na forma de calor, e à quantidade de calor liberada dá-se o nome de calor de hidratação (RIBEIRO JÚNIOR, 2015).

A água empregada na mistura deve atender aos padrões normativos da ABNT NBR 12655:2015 e em quantidade suficiente para envolver os grãos, promover a hidratação do cimento e garantir a trabalhabilidade juntamente com as demais propriedades requeridas ao concreto (RIBEIRO JÚNIOR, 2015). Deve-se atentar que, para um mesmo grau de hidratação do cimento, a melhoria das características mecânicas do concreto e a redução de sua porosidade estão diretamente relacionadas à redução da relação água/cimento (HELENE *et al.*, 2010). Sendo assim, a determinação de tal está diretamente relacionada à durabilidade e resistência das estruturas de concreto.

Os agregados correspondem, em média, a três quartos do volume de concreto e, além das vantagens econômicas, tendo em vista seu baixo custo unitário

comparado ao cimento, eles conferem diversas vantagens técnicas ao concreto, sendo os principais responsáveis pela massa unitária, módulo de elasticidade e estabilidade dimensional do material (MEHTA; MONTEIRO, 1994). O conhecimento de certas características dos agregados, como a massa específica, forma, textura e dimensão dos grãos, além do teor de umidade, são fatores essenciais na dosagem dos concretos, já que influem diretamente em suas propriedades (RIBEIRO JÚNIOR, 2015).

2.2 PROPRIEDADES DO CONCRETO NO ESTADO FRESCO

O concreto apresenta dois estados distintos após o início da mistura – o estado fresco, intervalo de tempo necessário para que o concreto possa ser misturado, transportado, lançado e adensado, o estado endurecido, que se inicia a partir da hidratação do cimento e se estende por toda a vida útil da estrutura (HELENE *et al.*, 2010).

Existem muitos fatores que podem afetar as propriedades reológicas do concreto fresco, como o volume da pasta, a fração de agregados graúdos e miúdos, a dosagem e o procedimento executivo de adensamento do concreto (GHADBAN, 2016). Tais propriedades geralmente são controladas por meio de ajuste do fator água/cimento, teor de água da mistura, superplastificantes, aditivos modificadores de viscosidade, entre outros (GHADBAN, 2016).

A trabalhabilidade do concreto é a característica de maior importância do material em seu estado fresco, pois determina a facilidade e a homogeneidade com que o concreto pode ser aplicado em obra (NEVILLE, 2016). O principal fator que afeta a trabalhabilidade do concreto é o teor de água na mistura, mas tal propriedade é influenciada também por fatores intrínsecos ao concreto, como o traço, tipo e consumo de cimento, tamanho, textura, grau de umidade e forma dos agregados (HELENE *et al.*, 2010). Além disso, sabe-se que a trabalhabilidade adequada para diversos tipos de construção depende dos meios de adensamento disponíveis e das características dos elementos a serem concretados (NEVILLE, 2016).

Deve-se atentar que a trabalhabilidade do concreto recém-misturado diminui ao longo do tempo. Primeiramente, as reações químicas de hidratação entre o cimento e a água removem parte da água livre da mistura, o que resulta em uma menor quantidade de água para "lubrificar" o movimento das partículas (NEVILLE, 2016). Além disso, na maioria das condições ambientais, parte da água da mistura é perdida por evaporação para o ambiente, e parte da água é absorvida pelos agregados, se não estiverem saturados (NEVILLE, 2016). Portanto, para se garantir a trabalhabilidade requerida em função das condições de concretagem, devem-se avaliar os parâmetros de dosagem os procedimentos de transporte apropriados (NEVILLE, 2016).

Outra propriedade que descreve a condição do concreto no estado fresco é a consistência, que expressa a mobilidade relativa ou a capacidade de fluidez do concreto recém-misturado, e é um dos principais fatores que influenciam na trabalhabilidade do concreto (NEVILLE, 2016). Genericamente, a consistência do concreto traduz o grau de umidade da mistura, pois, dentro de certos limites, a maior quantidade de água garante maior fluidez ao material (NEVILLE, 2016). Prescrito pela ABNT NBR 16889:2020 e detalhado no item 3.4.3 deste trabalho, o ensaio de abatimento de tronco de cone, bastante utilizado em canteiros de obra em todo o mundo, pode ser usado como uma medida da consistência do concreto.

Para concretos produzidos com o mesmo cimento e agregado, mantendo-se relação água/cimento fixa, quanto maior o abatimento, maior será o consumo de cimento do concreto (HELENE *et al.*, 2010). Por outro lado, mantendo fixo o abatimento, quanto menor a relação água/cimento do concreto, maior será o seu desempenho mecânico e durabilidade, e maior o consumo de cimento por metro cúbico de concreto (HELENE *et al.*, 2010). Essa premissa pode ser adotada para uma ampla faixa de relações água/cimento, porém, quanto menor essa relação, mais difícil será obter concretos plásticos, sendo necessário, para a obtenção de concretos plásticos e de alta resistência e/ou concretos auto adensáveis, empregar aditivos superplastificantes, que permitem a conjugação do elevado abatimento com a baixa relação água/cimento (HELENE *et al.*, 2010).

2.3 PROPRIEDADES DO CONCRETO NO ESTADO ENDURECIDO

O concreto endurecido deve apresentar propriedades mecânicas compatíveis com os esforços solicitantes, condições de projeto e do ambiente ao qual a estrutura está exposta (TAKATA, 2009). Devido à heterogeneidade e complexidade da microestrutura do material, no estado endurecido, as resistências à tração e flexão do concreto são, em geral, na ordem de 10 a 15% de sua resistência à compressão (MEHTA; MONTEIRO, 1994). Dessa maneira, o concreto é um material que trabalha essencialmente à compressão, sendo sua resistência à compressão o principal parâmetro especificado nas análises estruturais e em projeto (MEHTA; MONTEIRO, 1994).

O concreto adquire resistência à compressão a partir do processo de hidratação do cimento (MEHTA; MONTEIRO, 1994). Com o aumento do grau de hidratação, aumenta-se o volume das fases que contribuem para o desempenho mecânico da pasta de cimento, e um decréscimo das fases que prejudicam tal desempenho (HELENE *et al.*, 2010). Como este processo é relativamente lento, as especificações e ensaios referentes à capacidade resistente do material à compressão são considerados em um período de 28 dias (MEHTA; MONTEIRO, 1994).

Qualquer modificação na uniformidade, natureza ou proporcionalidade dos materiais poderá ser indicada por uma variação na resistência à compressão do concreto (BEZERRA *et al.*, 2009). A correspondência entre a qualidade do material, proporcionalidade da mistura e uniformidade, previstas pela resistência à compressão, garante a conformidade de outras propriedades importantes do concreto, como a permeabilidade. Tal propriedade, além de estar diretamente relacionada com os métodos de adensamento e cura e às microfissuras causadas por ciclos de temperatura e umidade ambiente, depende, essencialmente, das proporções da mistura (MEHTA; MONTEIRO, 1994).

Para um mesmo grau de hidratação, a melhoria das características mecânicas da pasta e a redução da sua porosidade e permeabilidade estão diretamente relacionadas à redução da relação água/cimento (HELENE *et al.*, 2010). Quanto maior a relação água/cimento do concreto, menor a resistência à

compressão do material. A redução do fator água/cimento provoca a diminuição da permeabilidade do concreto, o que reduz o índice de vazios e auxilia na eficácia da transferência de tensões no elemento, além de auxiliar no impedimento da entrada de substâncias deletérias que causam efeitos negativos no material, como a desintegração da pasta de cimento e consequentes tensões mecânicas decorrentes da ação química (TACKETT, 2013). Dessa maneira, a durabilidade da estrutura, definida como a vida útil do material em dada condição ambiental, está diretamente relacionada com a permeabilidade do concreto e, consequentemente, com o fator água/cimento e resistência à compressão do material (MEHTA; MONTEIRO, 1994).

Apesar da resistência à compressão ser a propriedade que melhor qualifica o concreto, para um cálculo estrutural se aproximar de maneira mais realista ao comportamento do material, é de grande importância o conhecimento de suas propriedades de deformação, como a fluência, a retração, o módulo de elasticidade, e os demais parâmetros que expressem os estados limites de serviço da estrutura (HERVÉ NETO *et al.*, 2002).

A fluência caracteriza o aumento da deformação ou contração do concreto no tempo sob carga de longa duração, e a retração a redução do volume do concreto ao longo do tempo, sem ação de forças externas, devido à perda de água e alterações físico-químicas (HELENE *et al.*, 2010). Já o módulo de elasticidade, definido como a relação entre a tensão aplicada e deformação instantânea dentro de um limite proporcional pré-estabelecido, deve ser adotado como um parâmetro essencial para se garantir o controle de qualidade em condições de serviço das estruturas de concreto (MEHTA; MONTEIRO, 1994).

O conceito de elasticidade é, em geral, aplicado a materiais que possuem um comportamento linear. Porém, ao contrário destes materiais idealizados, que mantêm uma proporcionalidade entre a força aplicada e a deformação verificada, observa-se que, no concreto, a partir de determinados níveis de resistências, esta proporcionalidade não se verifica, sendo dependente e variável segundo o nível de carga aplicada (PACHECO *et al.*, 2014). Apesar disso, o módulo de elasticidade é um parâmetro importante a ser avaliado, pois indica, estruturalmente, o grau de resistência do concreto à deformação (BEZERRA *et al.*, 2009).

Sabe-se que os materiais constituintes do concreto possuem diferentes módulos de elasticidade e, como os agregados graúdos tem um módulo de elasticidade maior do que o da pasta de cimento, seu teor na mistura influencia diretamente na variação do módulo de elasticidade (HERVÉ NETO *et al.*, 2002). A diminuição da quantidade de agregados, para um fator água/cimento constante, acarreta na diminuição do módulo de elasticidade do concreto, sendo que o inverso também se verifica (HERVÉ NETO *et al.*, 2002). Em proporções menores, o aumento do consumo de cimento também ocasiona variações positivas no módulo de elasticidade do material (HERVÉ NETO *et al.*, 2002).

De acordo com a ABNT NBR 8522:2017, o módulo de elasticidade no concreto é estimado pela declividade da curva tensão-deformação sob um carregamento uniaxial. Tal norma estabelece dois métodos de determinação dos módulos de elasticidade, o módulo de elasticidade secante (E_{cs}) e o módulo de elasticidade tangente inicial (E_{ci}), detalhados no item 3.5.2 deste trabalho. O valor numérico correspondente ao E_{cs} é o coeficiente angular da reta secante ao diagrama tensão-deformação específica, passando pelos pontos que correspondem à tensão de 0,5 MPa e à tensão considerada no ensaio (ABNT, 2017). Já o E_{ci} é considerado equivalente ao módulo de elasticidade secante entre 0,5 Mpa e 30% da resistência característica à compressão estabelecida (ABNT, 2017).

A ABNT NBR 6118:2014 indica a utilização do módulo de elasticidade tangente inicial na avaliação do comportamento global da estrutura. Além disso, o módulo de elasticidade secante pode ser utilizado nas análises elásticas, determinação dos esforços solicitantes, verificação dos estados limites de serviço e avaliação de comportamento de um elemento estrutural (BEZERRA *et al.*, 2009).

2.4 CONCRETO DOSADO EM CENTRAL

2.4.1 Visão geral

O concreto dosado em central, além de garantir a racionalização do canteiro de obras e redução de custos, tem como principal vantagem uma melhor condição de controle em sua produção do que as normalmente possíveis em qualquer canteiro, já que as usinas de produção de concreto operam quase em condições

industriais (NEVILLE, 2016). Os cuidados necessários referentes ao transporte do concreto até a obra são garantidos pelo uso de caminhões dotados de dispositivos de agitação, sendo o transporte interno do concreto de responsabilidade da equipe da obra (NEVILLE, 2016).

Todos os processos de produção do concreto, por mais simples que sejam, tem grande influência na qualidade do produto final. De forma a garantir um rigoroso controle em todas as operações de produção do concreto fresco, a ABNT NBR 7212:2021 estabelece uma rotina de procedimentos de controle na execução do concreto dosado em central, e a ABNT NBR 12655:2015 a complementa com os requisitos necessários para preparo, controle, recebimento e aceitação do concreto.

A ABNT NBR 14931:2004, que estabelece o procedimento para a execução de estruturas de concreto, determina que, quando o concreto é preparado por empresa de serviços de concretagem, a central deve assumir a responsabilidade pelo serviço e cumprir as prescrições relativas às etapas de preparo do concreto de acordo com as disposições da ABNT NBR 12655:2015 e da ABNT NBR 7212:2021. As principais diretrizes abordadas por essas normas serão apresentadas a seguir.

2.4.2 Armazenamento dos materiais

De acordo com a ABNT NBR 7212:2021, os materiais componentes do concreto devem ser armazenados, nas centrais dosadoras, em locais ou recipientes apropriados, de modo a não permitir a contaminação por elementos indesejáveis. A ABNT NBR 12655:2015 determina que os agregados devam ser armazenados de maneira a evitar a mistura das diversas granulometrias, procedências e outras características, sendo que cada fração granulométrica deve ficar sobre uma base que permita escoar a água livre de modo a eliminá-la. Além disso, o depósito destinado ao armazenamento dos agregados deve ser construído de maneira a evitar o contato com o solo e impedir a contaminação com outros sólidos ou líquidos prejudiciais ao concreto (ABNT, 2015).

Segundo a ABNT NBR 12655:2015, cada cimento deve ser armazenado separadamente, de acordo com a marca, tipo e classe. O cimento fornecido em sacos deve ser guardado em pilhas, em locais fechados e protegidos de

intempéries, e apoiadas sobre estrado ou paletes de madeira (ABNT, 2015). O cimento fornecido a granel deve ser estocado em silo estanque, provido de respiradouro com filtro para reter poeira, tubulação de carga e descarga e janela de inspeção (ABNT, 2015). A ABNT NBR 12655:2015 estabelece ainda que a água destinada ao amassamento do concreto deve ser armazenada em caixas estanques e tampadas, de modo a evitar a contaminação por substâncias estranhas, e os aditivos, nas embalagens originais ou em local que atenda às especificações do fabricante (ABNT, 2015).

2.4.3 Dosagem e mistura do concreto

De acordo com a ABNT NBR 12655:2015, a composição de cada concreto de classe C20 ou superior, a ser utilizado na obra, deve ser definida, em dosagem racional e experimental, com a devida antecedência em relação ao início da concretagem da obra. De forma geral, para cada classe de agressividade, a composição de cada concreto deve atender aos requisitos da Tabela 1. Para condições especiais de exposição, devem ser atendidos aos requisitos mínimos de durabilidade definidos na ABNT NBR 12655:2015.

Tabela 1 - Correspondência entre classe de agressividade e qualidade do concreto

Concreto	Tipo	Classe de agressividade			
		I	II	III	IV
Relação água/cimento em massa	CA	$\leq 0,65$	$\leq 0,60$	$\leq 0,55$	$\leq 0,45$
Classe de concreto	CA	$\geq C20$	$\geq C25$	$\geq C30$	$\geq C40$
Consumo de cimento por metro cúbico de concreto	CA	≥ 260	≥ 280	≥ 320	≥ 360
kg/m³					
CA Componentes e elementos estruturais em concreto armado					

Fonte: ABNT NBR 12655:2015. Adaptada pela autora.

Na dosagem dos componentes do concreto, segundo a ABNT NBR 7212:2021, o cimento e agregados devem ser medidos em massa, e a água e aditivos, em volume. Em geral, o processo de dosagem nas usinas é automatizado, o que garante rapidez, padronização e precisão das pesagens e, conseqüentemente, um produto final com maior controle de qualidade (LIMA *et al.*, 2019). Porém, para isso, os dosadores volumétricos de água e aditivos devem ser calibrados periodicamente, de forma que os desvios tolerados para as dosagens dos demais materiais devem ser devidos somente a variações de pesagem intrínsecas à operação (ABNT, 2021).

Um importante procedimento para se garantir a dosagem adequada da água no concreto é o conhecimento do teor de umidade dos agregados miúdos, pois tal propriedade pode alterar o fator água/cimento do concreto e, conseqüentemente, causar o decréscimo de sua resistência mecânica (RIBEIRO JÚNIOR, 2015). Como variações climáticas podem afetar diretamente o teor de umidade desses materiais ao longo do dia, torna-se necessário que as usinas de concreto realizem ensaios recorrentes para avaliar tal propriedade (LIMA *et al.*, 2019). Por outro lado, com relação aos agregados graúdos, é recomendável que sejam umedecidos antes da dosagem, pois tais materiais podem reter parte da água de amassamento do concreto (LIMA *et al.*, 2019).

Devidamente dosados, os materiais componentes do concreto podem ser misturados em centrais misturadoras, onde a homogeneização completa é feita em um misturador e depois descarregada em um veículo para o transporte até a obra, ou diretamente no próprio caminhão betoneira (ABNT, 2021). A fim de assegurar a eficácia necessária para a mistura, de acordo com a ABNT NBR 7212:2021, devem ser obedecidas às devidas especificações dos equipamentos, que precisam ser verificados quanto ao desgaste das pás, estanqueidade, velocidade, capacidade volumétrica, número de rotações, tempo de mistura e aderência/limpeza do misturador. Já a verificação quanto à qualidade da mistura do caminhão betoneira deve contemplar a ausência de concreto aderido às paredes da betoneira e os parâmetros e seus limites especificados pela ABNT NBR 7212:2021 para a altura das facas, espessura das chapas de aço e velocidade de mistura para caminhões betoneiras (ABNT, 2021).

A ABNT NBR 7212:2021 estabelece também que o pedido do concreto pode ser feito pela resistência característica do concreto à compressão, pelo consumo de cimento ou pela composição do traço. No primeiro caso, especifica-se:

- Resistência característica do concreto à compressão na idade de controle;
- Classe de agressividade ambiental;
- Dimensão máxima característica do agregado graúdo e a classe de consistência do concreto fresco.

No pedido do concreto pelo consumo de cimento, segundo a norma, deve-se especificar:

- Consumo de cimento por metro cúbico de concreto;
- Dimensão máxima característica do agregado graúdo;
- Abatimento do concreto fresco no momento da entrega.

Por fim, no pedido pela composição do traço, devem-se informar as quantidades dos materiais componentes do concreto por metro cúbico, incluindo-se os aditivos, se for o caso (ABNT, 2021).

2.4.4 Transporte do concreto

A ABNT NBR 7212:2021 estipula um tempo máximo de 90 minutos, no caso da utilização de caminhão betoneira, ou inferior a 40 minutos, no caso de veículos sem equipamentos de agitação, decorrido entre o início da mistura, a partir do momento da primeira adição de água na central, até a entrega do concreto na obra. Embora normalmente se pretenda minimizar a distância e o tempo de transporte, esse objetivo pode não ser alcançado em muitos casos devido a fatores que incluem tráfego, distância até o local da construção e atrasos na aplicação do concreto (NEHDI *et al.*, 2009). A mistura prolongada resultante geralmente está associada a uma perda de abatimento do concreto, de forma que o principal problema na produção do concreto em central é a manutenção da trabalhabilidade da mistura até o lançamento (NEHDI *et al.*, 2009; NEVILLE, 2016).

Quando não é possível realizar o transporte no tempo normatizado, podem ser utilizados aditivos retardadores de pega para que as ações de transporte,

lançamento e adensamento possam acontecer antes do início da pega do concreto (LIMA *et al.*, 2019). Caso haja perda de abatimento durante o transporte do concreto até o canteiro, se parte da água estabelecida no traço foi retida na dosagem executada na central, a ABNT NBR 7212:2021 admite a complementação da água na obra imediatamente antes da mistura final e da descarga. Para fins de recuperação da consistência do concreto, tal norma também permite a adição suplementar de aditivo superplastificante antes do início da descarga, desde que a consistência final não ultrapasse a faixa especificada. Tal decisão, porém, de acordo com a norma, deve ser definida pela empresa de serviço de concretagem, que deve manter a sua responsabilidade pelas propriedades constantes no pedido (ABNT, 2021).

2.5 EXECUÇÃO DA CONCRETAGEM

2.5.1 Visão geral

A organização do serviço de concretagem se inicia por meio dos primeiros estudos de viabilidade do empreendimento e projetos preliminares. Considerando as principais variáveis referentes ao procedimento executivo da concretagem em obra, na etapa de planejamento é definido o tipo de contratação do serviço, a escolha do sistema de transporte e lançamento do concreto, o tipo de conjunto forma-cimbramento, o dimensionamento da equipe, assim como a duração e demais interferências do ciclo de concretagem (OBATA, 2007). A partir de tais definições, é possível prosseguir às etapas de plano e preparação do serviço, fundamentais na garantia da boa execução da concretagem e atendimento dos indicadores de produtividade e qualidade esperadas da estrutura (OBATA, 2007).

A seguir, serão discriminados os procedimentos e diretrizes normativas referentes ao plano de concretagem, cuidados preliminares e preparação do serviço de concretagem, seguido dos procedimentos de recebimento, aceitação e aplicação do concreto em obra. Finalmente, serão apresentadas as principais diretrizes referentes à cura dos elementos estruturais e retirada das fôrmas e escoramentos.

2.5.2 Plano de concretagem

A partir das soluções adotadas na fase de planejamento, as diretrizes para a implantação e controle do serviço de concretagem são definidas no plano de concretagem (OBATA, 2007). Os principais procedimentos a serem abordados em tal plano, assim como os respectivos cuidados referentes à preparação do serviço – que serão aprofundados posteriormente - são exemplificados na Figura 1.

Figura 1 - Procedimentos de controle preliminares necessários à concretagem

FÔRMAS E ESCORAMENTO	ARMADURAS	LANÇAMENTO	ADENSAMENTO	CURA
CONFERÊNCIA	CONFERÊNCIA (BITOLA / QUANTIDADES)	PROGRAMAÇÃO (VOLUME, INTERVALOS, ACESSOS)	VIBRADORES (AGULHA, RÉGUA, PLACA)	DURAÇÃO (INÍCIO / TÉRMINO)
CAPACIDADE DE SUPORTE	POSICIONAMENTO	EQUIPE	ESCORAMENTO	PROCESSOS (ÚMIDA / PELÍCULA, VAPOR)
ESTANQUEIDADE	AMARRAÇÃO	DESCONTINUIDADE (JUNTAS, ENCONTROS)	TREINAMENTO	
LIMPEZA E DESMOLDANTE	COBRIMENTOS (PASTILHAS ETC.)	TIPO (BOMBA, CAÇAMBA, CONVENCIONAL)		
SUPERFÍCIE (SOLO / CONCRETO)	LIMPEZA	EQUIPAMENTOS (JERICAS, GUINCHOS ETC)		
		PLANO (POSIÇÃO, CAMADA, ALTURA ETC)		

Fonte: ABESC (2007)

De acordo com a ABNT NBR 14931:2004, um plano de concretagem bem elaborado deve assegurar o fornecimento da quantidade adequada de concreto com as características necessárias à estrutura. Para isso, o plano deve prever a área ou o volume concretados em função do tempo de trabalho, a relação entre lançamento, adensamento e acabamento, as juntas de concretagem, quando necessárias, e o acabamento final que se pretende obter (ABNT, 2004). O plano de concretagem também deve especificar o procedimento de cura a ser adotado de forma que todo o

material, equipamento e mão-de-obra necessária estejam preparados previamente ao início dos serviços de concretagem e, assim, a cura não seja interrompida (OBATA, 2007).

A ABNT NBR 14931:2004 define que a capacidade (mão de obra e equipamentos) de lançamento deve permitir que o concreto mantenha-se plástico e livre de juntas não previstas durante a concretagem, de forma que o trabalho seja desenvolvido sem eventuais atrasos. A equipe de trabalhadores deve ser suficiente para assegurar que as operações de lançamento, adensamento e acabamento do concreto sejam realizadas a contento (ABNT, 2004).

No caso da necessidade de juntas de concretagem, segundo a ABNT NBR 14931:2004, estas devem estar previstas no projeto estrutural, e devem ser localizadas onde forem menores os esforços de cisalhamento, preferencialmente em posição normal aos esforços de compressão. O plano de concretagem deve prever a interrupção do lançamento em postos que facilitem a retomada da concretagem da peça e estabelecer o método de sua execução (OBATA, 2007).

Todos os equipamentos utilizados no lançamento do concreto devem ser dimensionados e adequados ao processo de concretagem escolhido, em quantidade suficiente e em condições de utilização, de forma a permitir que o concreto seja levado até o ponto mais distante a ser concretado na estrutura sem sofrer segregação (ABNT, 2004). Ainda segundo a ABNT NBR 14931:2004, se a concretagem for realizada durante a noite, o sistema de iluminação deve permitir condições de inspeção, acompanhamento de execução e controle dos serviços e promover segurança na área de trabalho.

2.5.3 Cuidados preliminares

A inspeção e liberação do sistema de fôrmas, das armaduras e de outros itens da estrutura, devem ser realizadas antes da concretagem, sendo que o método de documentação dessa inspeção deve ser desenvolvido e aprovado pelas partes envolvidas antes do início dos trabalhos. Cada um desses aspectos deve ser cuidadosamente examinado, de modo a assegurar que estão de acordo com o projeto, as especificações e as normas técnicas (ABNT, 2004).

A ABNT NBR 14931:2004 determina que as dimensões, o nivelamento, prumo e as condições estruturais das fôrmas e escoramentos devem ser devidamente conferidos, a fim de assegurar que a geometria dos elementos estruturais e da estrutura como um todo esteja conforme estabelecido no projeto. Deve-se verificar também a limpeza da superfície interna das fôrmas, a condição de estanqueidade das juntas e a aplicação de desmoldante (ABNT, 2004). A ABNT NBR 14931:2004 ainda sugere que, nas fôrmas de paredes, pilares e vigas estreitas e altas, devem ser deixadas aberturas provisórias próximas ao fundo, para limpeza. Além disso, segundo a norma, fôrmas construídas com materiais que absorvam umidade ou facilitem a evaporação devem ser molhadas até a saturação, para minimizar a perda de água do concreto.

A montagem, o posicionamento e o cobrimento especificados para as armaduras passivas também devem ser verificados, e as barras de aço devem estar previamente limpas (ABNT, 2004). Deve-se verificar a bitola, quantidade, dimensão e amarração das barras, assim como a quantidade e dimensão dos espaçadores, checar se a nata de cimento foi retirada dos arranques, e atentar para que, nas regiões de grande densidade de armadura, seja garantido – pelo projeto e em campo - o espaçamento necessário entre barras para a execução da concretagem (ABNT, 2004; OBATA, 2007).

2.5.4 Recebimento e aceitação do concreto

Segundo a ABNT NBR 7212:2021, no momento da entrega do concreto em obra, deve-se proceder à conferência de todas as características contidas no documento de entrega comparando-as com o pedido do material e, caso haja alguma discordância, o concreto não deve ser aceito. De acordo com a norma, além dos itens obrigatórios pelos dispositivos legais vigentes, o documento de entrega que acompanha cada remessa de concreto deve conter o volume de concreto, a hora de início da mistura, classe de consistência no início da descarga, dimensão máxima característica do agregado graúdo, resistência característica do concreto à compressão, quantidade máxima de água complementar a ser adicionada na obra, retida pela central dosadora, e código de identificação do traço utilizado na dosagem

do concreto (ABNT, 2021). Também é recomendável a realização de visitas periódicas na usina responsável pelo fornecimento do concreto para acompanhamento da pesagem dos insumos que o compõe e conferência do traço contratado (GONÇALVES, 2009).

Após a verificação do documento de entrega de cada remessa de concreto, a ABNT NBR 7212:2021 define que a avaliação do concreto fresco compreende a verificação da consistência pelo abatimento do tronco de cone, que deve ser feita conforme a ABNT NBR 16889:2020. Se o abatimento atender aos valores previamente especificados no pedido e no documento de entrega, tem-se a garantia de que a trabalhabilidade do concreto é apropriada para os processos de lançamento e adensamento, e o concreto é aceito e poderá ser aplicado na obra (NEVILLE, 2016).

Referente ao procedimento do ensaio proposto pela ABNT NBR 16889:2020, primeiramente, o operador umedece o molde padrão e a placa de base, ambos especificados pela norma, e se posiciona com os pés sobre suas aletas. Posteriormente, o operador enche o molde com o concreto coletado da remessa entregue na obra em três camadas, cada uma com aproximadamente um terço da altura do molde compactado, sendo cada camada compactada com 25 golpes, atravessando de toda sua espessura e de forma que os golpes apenas penetrem na camada anterior. A seguir, o operador rasa a superfície do concreto e, então, levanta cuidadosamente o molde na direção vertical, em um intervalo de tempo entre 4 a 6 segundos. Imediatamente após a retirada do molde, é medido o abatimento do concreto, determinado pela diferença entre a altura do molde e a altura do eixo do corpo-de-prova (ABNT, 2020).

O ensaio de abatimento de tronco de cone é bastante útil na identificação de variações na uniformidade de uma mistura de determinadas proporções, sendo que um abatimento muito alto ou muito baixo é um alerta imediato e permite que o operador corrija a situação (NEVILLE, 2016). Um aumento do abatimento pode indicar, por exemplo, que o teor de umidade dos agregados apresentou uma elevação inesperada, ou que houve uma alteração na granulometria dos agregados, como uma deficiência de areia (NEVILLE, 2016).

Dentre os procedimentos referentes ao recebimento do concreto em obra, após a realização do ensaio de abatimento, de forma a possibilitar posterior comprovação dos parâmetros estruturais para o concreto endurecido, deve-se proceder à moldagem dos corpos de prova a serem utilizados nos ensaios de controle tecnológico do concreto, conforme procedimento determinado pela ABNT NBR 5738:2015 estabelece a aparelhagem padrão, assim como todos os processos e cuidados requeridos na moldagem, manuseio, transporte e cura dos corpos de prova. Posteriormente, os corpos de prova são destinados para um local fechado, arejado e livre de intempéries para que possam dar início à cura inicial por um período de pelo menos 24 horas quando, então, são desmoldados e armazenados em solução de hidróxido de cálcio ou em uma câmara úmida até a execução dos ensaios (ABNT, 2015). O transporte dos corpos de prova para o laboratório deve ser feito em caixas rígidas contendo serragem ou areia molhada ou similar (ABNT, 2015).

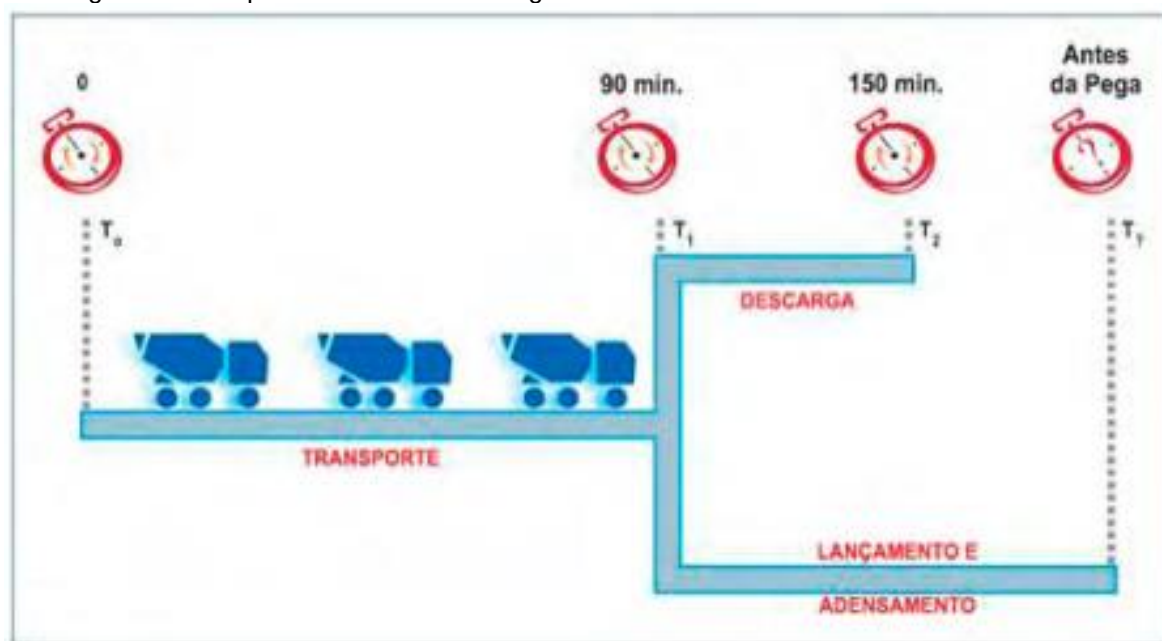
2.5.5 Transporte e lançamento do concreto

De acordo com a ABNT NBR 14931:2004, o concreto deve ser transportado do local do amassamento ou da descarga do caminhão betoneira até o local da concretagem em um tempo compatível com as condições de lançamento, sendo que o meio utilizado para o transporte não deve acarretar desagregação dos componentes do concreto ou perda sensível de água, pasta ou argamassa por vazamento ou evaporação. Além disso, segundo a norma o sistema de transporte deve, sempre que possível, permitir o lançamento direto do concreto nas fôrmas, evitando o uso de depósitos intermediários (ABNT, 2004).

O bombeamento do concreto, técnica comum nos canteiros de obras em todo o mundo desde a década de 1960, é em geral o modo de transporte escolhido por muitas obras, especialmente quando adotado o concreto usinado, devido à sua versatilidade, eficiência, e baixa demanda de mão de obra (VOSAHLIK, 2018). No caso de concreto bombeado, a ABNT NBR 14931:2004 estabelece que o diâmetro interno do tubo de bombeamento deve ser no mínimo quatro vezes o diâmetro máximo do agregado, de forma a facilitar o bombeamento e evitar a obstrução do mangote e consequente atraso no lançamento do concreto.

Tanto a ABNT NBR 7212:2021, como a ABNT NBR 14931:2004, recomendam que o intervalo de tempo transcorrido entre o instante em que a água de amassamento entra em contato com o cimento e o final da concretagem não ultrapasse a 2h 30 min. Quando a temperatura ambiente for elevada, ou sob condições que contribuam para acelerar a pega do concreto, esse intervalo de tempo deve ser reduzido, a menos que sejam adotadas medidas especiais, como o uso de aditivos retardadores, que aumentem o tempo de pega sem prejudicar a qualidade do concreto (ABNT, 2004). Em nenhuma hipótese deve ser realizado o lançamento do concreto após o início da pega (ABNT, 2004). Os tempos envolvidos na entrega – conforme exposto no item 3.3.3 deste trabalho - e aplicação do concreto na obra são representados na Figura 2.

Figura 2 – Tempos envolvidos na entrega do concreto conforme a ABNT NBR 7212:2021



Fonte: BARBOZA (2017)

De acordo com a ABNT NBR 14931:2004, o concreto deve ser lançado e adensado de modo que toda a armadura e componentes embutidos previstos no projeto sejam adequadamente envolvidos na massa de concreto. O lançamento do concreto deve ser com técnica tal que elimine ou reduza significativamente a

segregação entre seus componentes, além de manter a sua homogeneidade (ABNT, 2004).

A ABNT NBR 14931:2004 recomenda maiores cuidados, como o emprego de concreto com teor de argamassa e consistência adequado, lançamento inicial de argamassa com composição igual à da argamassa do concreto estrutural na base de estruturas verticais e esbeltas, e o uso de dispositivos que facilitem a condução do concreto nestas estruturas, quanto maiores forem a altura de lançamento e a densidade de armadura (ABNT, 2004). Segundo a norma, também deve haver um cuidado especial em evitar o deslocamento de armaduras, dutos de protensão, ancoragens e fôrmas, que devem ser preenchidas em camadas de altura compatível com o tipo de adensamento previsto para se obter um adensamento adequado (ABNT, 2004).

Além disso, a ABNT NBR 14931:2004 determina que operação de lançamento deva ser contínua, de maneira que, uma vez iniciada, não sofra nenhuma interrupção, até que todo o volume previsto no plano de concretagem tenha sido completado. Quando o lançamento do concreto for interrompido e se formar uma junta de concretagem não prevista, a norma estabelece certas precauções que devem ser acolhidas para garantir a suficiente ligação do concreto já endurecido com o do novo trecho. A temperatura ambiente para lançamento do concreto deve estar entre 5°C e 30°C sendo que, fora desses limites, devem ser tomados cuidados especiais (ABNT, 2004).

A ABNT NBR 12655:2015 atribui aos responsáveis pela execução da obra a rastreabilidade do concreto lançado na estrutura, ou seja, devem-se mapear as peças concretadas em função do volume aplicado e da identificação dos caminhões betoneiras. Tal procedimento é importante para que, caso alguma remessa de concreto não atinja as especificações previstas em projeto, seja possível identificar facilmente os elementos onde foi aplicado o concreto em questão.

2.5.6 Adensamento e acabamento

De maneira a garantir que o concreto preencha todos os recantos das fôrmas, durante e imediatamente após o lançamento, o concreto deve ser vibrado ou

apiloado contínua, uniforme e energicamente em toda a massa de concreto, com equipamento adequado à sua consistência (ABNT, 2004). O processo de adensamento consiste na eliminação do ar aprisionado no concreto até a obtenção da configuração mais densa possível para determinada mistura (NEVILLE, 2016).

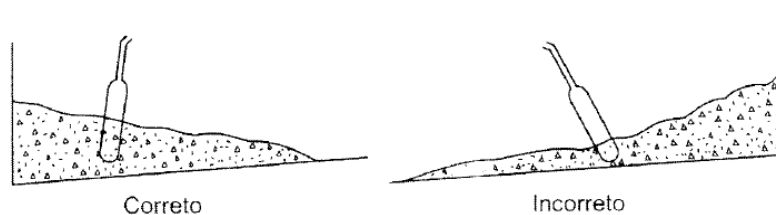
A energia aplicada é utilizada para fluidificar a parte de argamassa da mistura, de modo a acomodar os agregados graúdos e, com isso, vencer os atritos entre as partículas individuais no concreto e entre o concreto e a superfície da forma ou da armadura (NEVILLE, 2016). A ABNT NBR 14931:2004 salienta que cuidados especiais devem ser tomados no caso de alta densidade de armaduras para que o concreto seja distribuído em todo o volume da peça, e o adensamento se processe de forma homogênea.

Segundo a ABNT 14931:2004, em adensamento manual, a altura das camadas de concreto não deve ultrapassar 20 cm e, quando forem utilizados vibradores de imersão, a espessura da camada deve ser aproximadamente igual a $\frac{3}{4}$ do comprimento da agulha, e o vibrador deve penetrar cerca de 10 cm na camada anterior. Em todos os casos, a altura da camada de concreto a ser adensada deve ser menor que 50 cm, de modo a facilitar a saída de bolhas de ar (ABNT, 2004). Tanto a falta como o excesso de vibração são prejudiciais ao concreto.

De acordo com a ABNT NBR 14931:2004, devem ser tomados os seguintes cuidados durante o adensamento com vibradores de imersão (ver Figura 3):

- Preferencialmente aplicar o vibrador na posição vertical;
- Vibrar o maior número possível de pontos ao longo do elemento estrutural;
- Retirar o vibrador lentamente, mantendo-o sempre ligado, a fim de que a cavidade formada pela agulha se feche novamente;
- Não permitir que o vibrador entre em contato com a parede da fôrma, para evitar a formação de bolhas de ar na superfície da peça, mas promover um adensamento uniforme e adequado de toda a massa de concreto, observando cantos e arestas, de maneira que não se formem vazios;
- Mudar o vibrador de posição quando a superfície apresentar-se brilhante.

Figura 3 – Adensamento do concreto com vibradores de imersão



Fonte: ABNT NBR 14831:2004

Para se obter os resultados desejados no acabamento das peças concretadas, os processos de lançamento e adensamento devem ser realizados de forma a obter um material homogêneo e compacto (ABNT, 2004). Deve ser evitada a manipulação excessiva do concreto, como processos de vibração muito demorados ou repetidos em um mesmo local, o que provoca a segregação do material e a migração do material fino e da água para a superfície (exsudação), prejudicando a qualidade da superfície final com consequente aparecimento de efeitos indesejáveis (ABNT, 2004).

Após o adensamento, o concreto é nivelado superficialmente. Para este procedimento, também chamado de sarrafeamento, é utilizado um sarrafo apoiado em mestras que estabelecem a espessura da laje, podendo ser utilizadas também taliscas de aço, madeira ou argamassa como referência de nível (GONÇALVES, 2009). Para que o nivelamento seja executado de forma correta, é importante que a forma esteja nivelada, de forma a facilitar o posicionamento das mestras, sendo necessário, tanto após, como durante a concretagem, conferir, pela parte de baixo da laje, o nível das fôrmas (GONÇALVES, 2009). Em concretagem de pilares, é importante que, tanto antes como após o lançamento do concreto, os elementos sejam apurados, pois a elevada energia proveniente do adensamento pode causar interferências no prumo do elemento.

2.5.7 Cura

Conforme já exposto, a resistência mecânica e durabilidade do concreto se desenvolvem a partir de uma série de reações exotérmicas envolvendo a água, chamadas de hidratação. Nas primeiras idades, os materiais cimentícios necessitam

de água livre para que as reações de hidratação tenham continuidade (SIDDIQUI, 2010). Além disso, os agentes deletérios mais comuns ao concreto em seu início de vida, segundo a ABNT NBR 14931:2004, são mudanças bruscas de temperatura, secagem, chuva forte, água torrencial, congelamento, agentes químicos, bem como choques e vibrações de intensidade tal que possam produzir fissuras na massa de concreto ou prejudicar a sua aderência à armadura.

O processo de cura, portanto, tem o objetivo de prevenir a perda de água nas primeiras idades do concreto, além de controlar a temperatura do concreto e assegurar uma superfície com resistência adequada até que o concreto alcance um nível de resistência satisfatório (SIDDIQUI, 2010; ABNT, 2004). É importante ressaltar que a água proveniente da cura está disponível para a hidratação do cimento após a pega, mas não contribui para o aumento da relação água/cimento da mistura (SIDDIQUI, 2010). Além disso, a relação água/cimento e a espessura dos elementos de concreto afetam diretamente a eficácia dos processos de cura em água, sendo que, quanto mais baixo for o fator água/cimento, mais necessária é a cura (SIDDIQUI, 2010).

Existem diversas alternativas para o processo de cura, como o represamento ou imersão, uso de revestimentos saturados em água, aplicação de filme impermeável e molhagem abundante (GONÇALVES, 2009). Deve-se atentar para que a água utilizada no processo de cura seja potável ou satisfaça às exigências da ABNT NBR 12655:2015. De acordo com a norma, elementos estruturais de superfície devem ser curados até que atinjam resistência característica à compressão (f_{ck}), igual ou maior que 15 MPa.

2.5.8 Retirada das fôrmas e do escoramento

De acordo com a ABNT NBR 14931:2004, a desforma e a retirada do escoramento dos elementos concretados devem ser de acordo com o procedimento previamente estabelecido no plano de concretagem e de maneira a não comprometer a segurança e o desempenho em serviço da estrutura (ABNT, 2004). Segundo a norma, para a retirada das fôrmas e do escoramento, o responsável pelo projeto da estrutura deve informar os valores mínimos de resistência à compressão e

módulo de elasticidade que devem ser obedecidos concomitantemente, e devem ser considerados os seguintes aspectos:

- Peso próprio da estrutura ou da parte a ser suportada por um determinado elemento estrutural;
- Cargas devidas às fôrmas ainda não retiradas de outros elementos estruturais (pavimentos);
- Sobrecargas de execução, como movimentação de operários e materiais sobre o elemento estrutural;
- Sequência de retirada das fôrmas e escoramentos e a possível permanência de escoramentos localizados;
- Operações particulares e localizadas de retirada de fôrmas (como locais de difícil acesso);
- Condições ambientais a que será submetido o concreto após a retirada das fôrmas e as condições de cura;
- Possíveis exigências relativas a tratamentos superficiais posteriores.

Ainda de acordo com a ABNT NBR 14931:2004, escoramentos e fôrmas não devem ser removidos, em nenhum caso, até que o concreto tenha adquirido resistência suficiente para suportar a carga imposta ao elemento estrutural nesse estágio e para não conduzir a deformações inaceitáveis. O baixo valor do módulo de elasticidade do concreto (E_{ci}), quando solicitado com pouca idade, acarreta na maior probabilidade de grande deformação diferida no tempo. A norma ainda determina que, se a fôrma for parte integrante do sistema de cura, como no caso de pilares e laterais de vigas, o tempo de remoção deve considerar os requisitos de cura (ABNT, 2004).

2.6 CONTROLE TECNOLÓGICO DO CONCRETO

2.6.1 Visão geral

A ABNT NBR 12655:2015 determina que o concreto para fins estruturais deva ter todas as características e propriedades devidamente definidas em projeto antes do início das operações de concretagem. A norma atribui ao projetista a responsabilidade de especificar os parâmetros de controle do concreto para

desempenho estrutural, durante a fase construtiva e vida útil da estrutura, como o registro da resistência característica à compressão do concreto – principal parâmetro para determinação da qualidade do concreto, segundo a norma -, além de especificações dos requisitos correspondentes à durabilidade da estrutura e às propriedades especiais do concreto. Porém, para garantir uma legítima comprovação do resultado dos ensaios, as etapas de preparo e aplicação do concreto devem garantir que as prescrições do projeto estrutural sejam efetivamente satisfeitas para que a estrutura seja aceita (ABNT, 2015). Portanto, todas as etapas envolvidas no serviço de concretagem, representadas esquematicamente e sistematicamente na Figura 4, são importantes para a garantia da qualidade da estrutura.

Figura 4 – Fluxograma dos processos da concretagem



Fonte: Da autora.

Para a modalidade de preparo do concreto em centrais dosadoras, a ABNT NBR 12655:2015 delega à usina de concreto a responsabilidade pelo serviço e pelas prescrições relativas às etapas de preparo do concreto, sendo que o controle

tecnológico se dá desde os devidos cuidados no armazenamento e caracterização dos insumos necessários à mistura, seguido da avaliação do teor de ar incorporado no concreto, assim como o teor de argamassa, diâmetro máximo dos agregados, relação água/cimento, composição do traço, massa específica e demais requisitos necessários, conforme explicitado no item 3.3 deste trabalho. Ao profissional responsável pela execução da obra, a norma atribui à responsabilidade da escolha da modalidade de preparo, tipo e consistência do concreto a ser empregado, o atendimento a todos os requisitos, recebimento e aceitação do concreto, além dos cuidados requeridos pelo processo construtivo e pela retirada do escoramento e rastreabilidade do concreto lançado na estrutura (ABNT, 2015), conforme detalhado no item 3.4 deste trabalho.

Definidos os parâmetros estruturais a serem controlados, caberá à construtora estabelecer um programa de controle para verificar, a partir de amostragens do concreto estrutural aplicado na obra, os parâmetros efetivamente obtidos, e compará-los com as exigências especificadas em projeto. De forma a garantir os resultados e comprovar o atendimento às prescrições do projeto estrutural, recomenda-se que os ensaios de controle e aceitação do concreto sejam realizados por laboratórios acreditados pelo Sistema Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial, o SINMETRO (CARROMEU *et al.*, 2012). Tais laboratórios possuem mão de obra qualificada para aplicação dos métodos de ensaios normalizados e de calibração e são capazes de amostrar, ensaiar e certificar a qualidade de cada lote concretado, durante as idades críticas e na idade final.

Para o recebimento e aceitação do concreto, são requeridos mecanismos oficiais de documentação e recebimento por parte do proprietário da obra. A norma estabelece que a documentação comprobatória de seu cumprimento – relatórios de ensaios, laudos e outros – deve estar disponível e ser arquivada pelo prazo de cinco anos (ABNT, 2015).

2.6.2 Ensaio de resistência à compressão

Os ensaios de resistência à compressão, realizados conforme prescrito pela ABNT NBR 5739:2018, devem ser utilizados para aceitação ou rejeição dos lotes de concreto. A ABNT NBR 12655:2015 estabelece dois tipos de controle de resistência: o controle estatístico do concreto por amostragem parcial e o controle do concreto por amostragem total. No primeiro, é prevista uma forma de cálculo do valor estimado da resistência característica, $f_{ck,est}$, do lote de concreto em estudo, sendo que a amostragem do concreto para a formação dos lotes deve atender aos limites estabelecidos pela ABNT NBR 12655:2015 - quando a compressão ou compressão e flexão é a solicitação principal dos elementos, o volume de concreto máximo para a formação destes lotes é de 50 m³ e, quando a flexão simples é a solicitação principal 100 m³ (ABNT, 2015). Já para o controle por amostragem total, a análise da conformidade deve ser realizada em cada betonada e, neste caso, o valor de $f_{ck,est}$ é igual ao valor da resistência à compressão do exemplar que representa o concreto da betonada (ABNT, 2015).

As amostras devem ser coletadas aleatoriamente durante a operação de concretagem, e cada exemplar deve ser constituído por dois corpos de prova da mesma amassada, conforme a ABNT NBR 5738:2015, para cada idade de rompimento, moldados no mesmo ato. Em geral, os corpos de prova são rompidos com 7, 14, 21 e 28 dias, que são períodos que correspondem às etapas da cura. Toma-se como resistência do exemplar o maior dos dois valores obtidos no ensaio de resistência à compressão (ABNT, 2015). Segundo a ABNT NBR 12655:2015, os lotes de concreto, no caso de amostragem parcial, e os exemplares, no caso de amostragem total, devem ser aceitos quando o valor estimado da resistência característica, ou o valor de cada exemplar de uma amostragem total, atender à resistência característica do concreto à compressão especificada no projeto estrutural.

Após o preparo dos corpos de prova, segundo a norma, deve-se, primeiramente, determinar o diâmetro a ser utilizado para o cálculo da área da seção transversal, assim como a altura dos corpos de prova (ABNT, 2018). Estes devem ser rompidos à compressão em uma idade especificada, com certas tolerâncias de

tempo estabelecidas pela norma, sendo que a idade dos corpos de prova deve ser contada a partir do momento da moldagem (ABNT, 2018).

Antes de iniciar o ensaio, as faces dos pratos e do corpo de prova devem ser limpas e secas, e o corpo de prova deve ser cuidadosamente centralizado no prato inferior. O carregamento de ensaio deve ser aplicado continuamente e sem choques, com a velocidade de carregamento de $(0,45 \pm 0,15)$ MPa/s, mantida constante durante todo o ensaio, e o carregamento deve cessar quando houver uma queda de força que indique a ruptura (ABNT, 2018). Por fim, a resistência à compressão, segundo a ABNT NBR 5739:2018, deve ser calculada pela Equação 1:

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

em que f_c é a resistência à compressão; F é a força máxima alcançada; D é o diâmetro do corpo de prova.

A ABNT NBR 5739:2018 estabelece que os resultados da resistência à compressão devam ser expressos em MPa, com três algarismos significativos. Já o relatório de ensaio deve conter, segundo a norma, no mínimo, as seguintes informações: número de identificação do corpo de prova; data de moldagem; idade do corpo de prova; data do ensaio; dimensões dos corpos de prova; tipo de capeamento empregado; classe da máquina de ensaio; resultado de resistência à compressão individual dos corpos de prova (ABNT, 2018).

2.6.3 Determinação dos módulos estáticos de elasticidade

Quando o módulo de elasticidade do concreto é especificado como parâmetro de recebimento e aceitação da estrutura, a aferição desta grandeza pelos laboratórios brasileiros é realizada por meio da tomada de medidas de deformação diretas na geratriz do corpo de prova de concreto. Tal procedimento é estabelecido pela ABNT NBR 8522-1:2021, e pode fornecer os módulos estáticos de elasticidade tangente inicial e secante, assim como o diagrama tensão-deformação específica.

No tocante ao procedimento dos ensaios de módulo de elasticidade, de acordo com a norma deve-se, primeiramente, determinar a resistência à compressão do concreto, f_c , em dois corpos de prova similares, provenientes da mesma

betonada, preparados e curados sob as mesmas condições (ABNT, 2021). Pode-se, porém, prescindir da determinação prévia de f_c desde que o valor da tensão especificada seja de até 0,4 vezes o valor da resistência característica à compressão, f_{ck} , e que a resistência à compressão obtida ao final do ensaio seja superior ao f_{ck} especificado (ABNT, 2021). Ainda segundo a ABNT NBR 8522-1:2021, previamente à execução dos ensaios, devem-se preparar cuidadosamente os corpos de prova e a máquina de ensaio sendo que, para cada determinação do módulo de elasticidade, devem ser ensaiados três corpos de prova cilíndricos, moldados conforme a ABNT NBR 5738.

Para a determinação do módulo de elasticidade tangente inicial, primeiramente, os corpos de prova cilíndricos, posicionados no centro da prensa, devem ser submetidos a três carregamentos e descarregamentos sucessivos até o limite de 0,30 vezes f_c , quando então são anotadas as medidas de deformação (ABNT, 2021). Posteriormente, estes corpos de prova são carregados até que se efetue a ruptura e, se a resistência efetiva à compressão diferir de f_c em mais de 20%, os resultados do corpo de prova devem ser descartados (ABNT, 2021). Finalmente, ainda segundo a norma, o módulo de elasticidade, E_{ci} , em gigapascals, é dado pela Equação 2:

$$E_{ci} = \frac{\sigma_b - \sigma_a}{\epsilon_b - \epsilon_a} \quad (2)$$

em que σ_b é a tensão considerada como 30% da resistência à compressão; σ_a é o valor de tensão básica de 0,5 MPa, ou a tensão correspondente à deformação específica 50×10^{-6} ; ϵ_b é a deformação específica do concreto, sob tensão maior; ϵ_a é a deformação específica do concreto, sob tensão básica, ou a deformação específica de 50×10^{-6} . Normalmente, as deformações específicas são dadas em % e as tensões normais, em MPa.

Na determinação do módulo de elasticidade secante a uma tensão indicada, segundo a ABNT NBR 8522-1:2021, aplica-se um carregamento crescente à velocidade controlada, com pausa nas tensões de 0,5 MPa e σ_n , para leitura das respectivas deformações. Deve-se prosseguir o carregamento à velocidade especificada para obter a resistência efetiva, que não deve diferir de f_c em mais de 20% para o ensaio ser válido (ABNT, 2021). Além disso, para o traçado do diagrama

tensão-deformação, a norma estabelece que se deva aplicar um carregamento crescente à velocidade controlada, para as leituras de deformações nas tensões iguais a 20, 30, 40, 50, 60, 70 e 80% de f_c e até que se produza a ruptura do corpo de prova, anotando a tensão de ruptura efetiva, conforme representado na Figura 8 (ABNT, 2021). Se a resistência efetiva à compressão dos corpos de prova diferir de f_c em mais de 20%, esse resultado deve ser descartado (ABNT, 2021). Ainda de acordo com a norma, o módulo de elasticidade secante, E_{cs} , a uma tensão indicada, σ_n , em gigapascals, é dado pela Equação 3:

$$E_{cs} = \frac{\sigma_n - \sigma_a}{\epsilon_n - \epsilon_a} \quad (3)$$

em que σ_n é a tensão especificada; σ_a é a tensão de 0,5 MPa ou a tensão correspondente à deformação específica 50×10^{-6} ; ϵ_n é a deformação específica de cada corpo de prova sob a tensão especificada; ϵ_a é a deformação específica de cada corpo de prova, sob tensão de 0,5 MPa ou a deformação específica 50×10^{-6} . Normalmente, as deformações específicas são dadas em % e as tensões normais, em MPa.

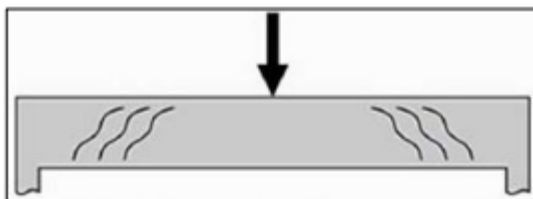
2.7 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS ASSOCIADAS AO CONCRETO ESTRUTURAL

Segundo a ABNT NBR 6118:2014, as estruturas de concreto devem atender, durante sua construção e serviço, a certos requisitos mínimos de qualidade, e aos adicionais estabelecidos entre o projetista estrutural e o contratante. Como requisitos mínimos de qualidade, a norma especifica a capacidade resistente, o desempenho em serviço e a durabilidade (ABNT, 2014).

A qualidade, dosagem e proporcionamento dos materiais empregados na mistura do concreto interferem diretamente em sua resistência e demais propriedades mecânicas, que são a base para que seja dimensionada e qualificada uma estrutura de concreto armado. O concreto com resistência inadequada – aliado a outros fatores, como o dimensionamento e/ou posicionamento inadequado das armaduras - pode causar diversas manifestações patológicas na estrutura, como as fissuras, que podem ocorrer devido aos esforços de cisalhamento (Figura 5), compressão (Figura 6), flexão (Figura 7) e punção (Figura 8), e o esmagamento do

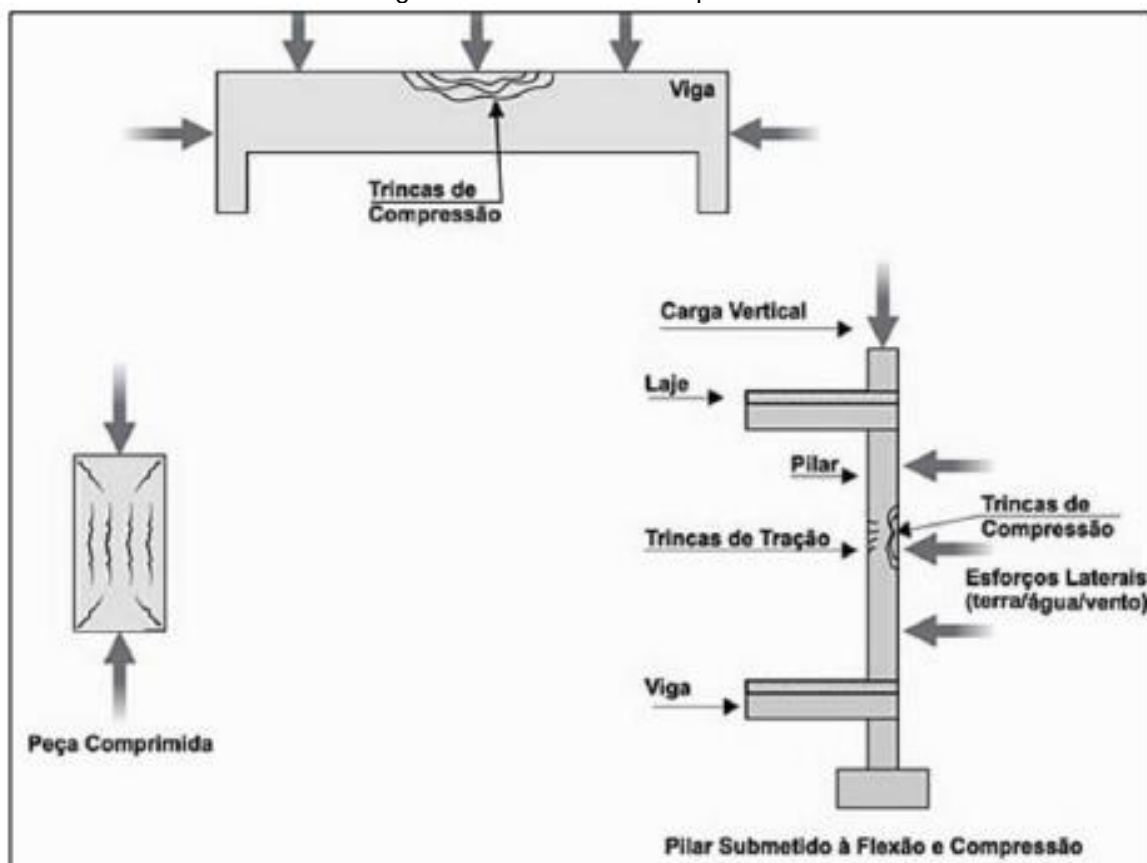
concreto (HELENE, 1992). As fissuras devido à compressão são às que mais exigem atenção e providências rápidas, pois, como o concreto absorve a maior parcela dos esforços de compressão, uma fissura, neste caso, pode significar o colapso da estrutura (GONÇALVES, 2015).

Figura 5 – Fissuras de cisalhamento em viga



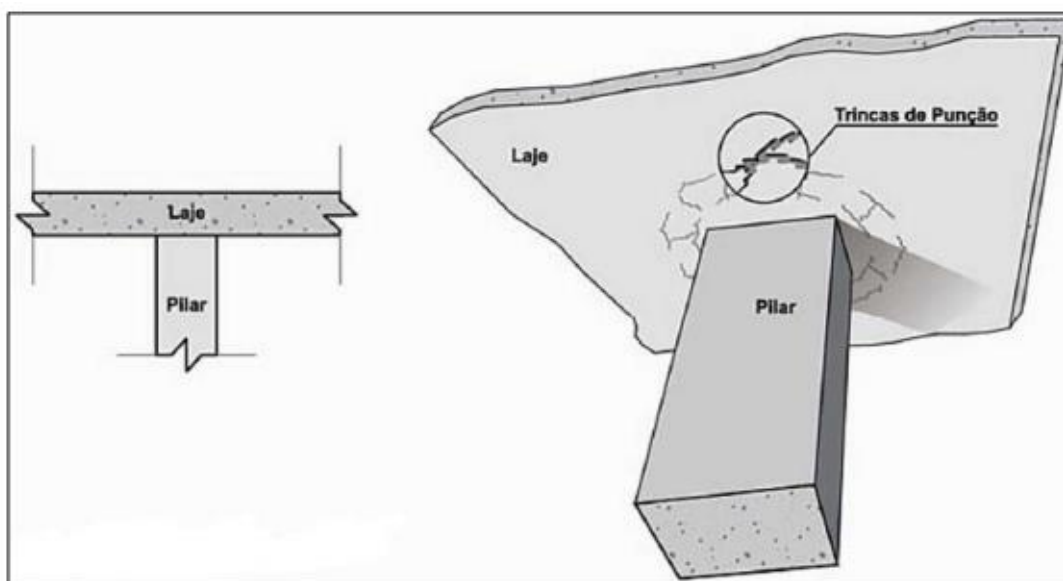
Fonte: MARCELLI (2007)

Figura 6 – Fissuras de compressão



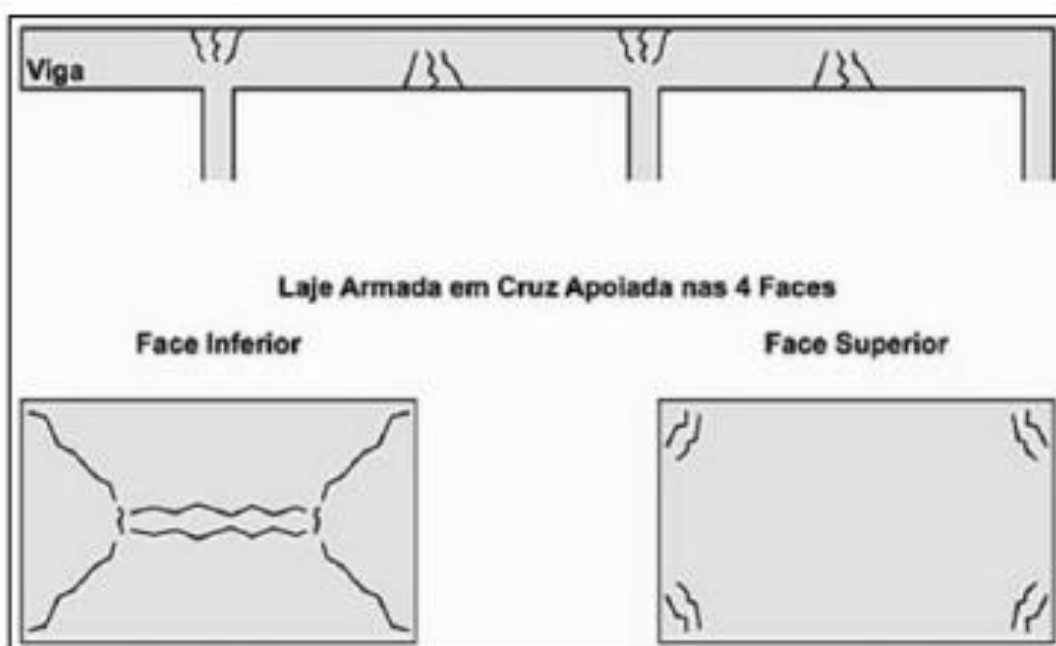
Fonte: MARCELLI (2007)

Figura 7 – Fissuras por punção



Fonte: MARCELLI (2007)

Figura 8 – Fissuras de flexão em elementos de concreto armado



Fonte: MARCELLI (2007)

As proporções da mistura de concreto também devem ser projetadas para limitar o calor de hidratação, e garantir a retração por secagem a níveis aceitáveis

para o elemento. Além disso, outra manifestação patológica relacionada ao concreto é a desagregação, que se caracteriza pela perda de massa de concreto devido a um ataque químico expansivo de produtos inerentes ao concreto e/ou devido à baixa resistência do mesmo, caracterizando-se por agregados soltos ou de fácil remoção (GONÇALVES, 2015).

O controle tecnológico do concreto como material estrutural e o devido acompanhamento dos laudos e resultados dos ensaios é, portanto, de extrema importância para se garantir que a estrutura trabalhe com as adequadas propriedades e parâmetros requeridos em projeto. Porém, para se garantir que os parâmetros obtidos nos ensaios de controle tecnológico sejam aqueles efetivos na estrutura, diversos fatores referentes ao processo executivo da concretagem devem também ser considerados na avaliação da qualidade e durabilidade das estruturas. Certos procedimentos, como adicionar muita água à mistura de concreto, posicionamento inadequado das armações, movimentos e alinhamento incorreto das fôrmas, cura inadequada e adensamento deficiente, são as causas mais comuns dos problemas associados às estruturas de concreto (SAHAFNIA, 2018).

Lançamento e adensamento inadequados, associados à excessiva taxa de armadura e dimensão máxima característica do agregado graúdo, podem causar segregação no concreto (HELENE, 1992). Devido a grande quantidade de energia exercida no concreto durante o processo de adensamento, pode ocorrer a separação do agregado graúdo em direção ao fundo da fôrma e da pasta de cimento em direção ao topo, gerando um produto final fraco, com a nata em sua superfície muito rica e com excesso de água, com tendência à fissuração (NEVILLE, 2016). Este risco é aumentado pelo uso indevido do vibrador, ou quando a vibração dura um tempo excessivo (NEVILLE, 2016).

Além disso, devem-se tomar certos cuidados com a água de exsudação, que é uma forma de segregação na qual parte da água da mistura tende a migrar para a superfície do concreto recém-lançado devido à incapacidade de os constituintes sólidos da mistura reterem toda a água de amassamento (NEVILLE, 2016). Caso a água de exsudação seja remisturada durante o acabamento da superfície, será formada uma superfície com excesso de nata, porosa e de baixa resistência ao desgaste, o que pode ser evitado atrasando as operações de acabamento até que a

água de exsudação tenha evaporado, bem como utilizando desempenadeiras de madeira, impedindo, assim desempenho excessivo da superfície (NEVILLE, 2016). A exsudação, porém, não é necessariamente nociva - caso não seja perturbada e a água evapore, a relação água/cimento efetiva pode diminuir, resultando no aumento da resistência (NEVILLE, 2016). Por outro lado, caso a evaporação da água superficial seja mais rápida do que a taxa de exsudação, pode ocorrer a retração plástica (NEVILLE, 2016).

Outro importante fenômeno a ser controlado é a perda de abatimento do concreto com o tempo. Conforme discutido no item 3.2 deste trabalho, este fenômeno ocorre devido a parte da água ser absorvida pelos agregados, se não estiverem saturados, parte ser perdida por evaporação, e parte ser removida pelas reações químicas iniciais (NEVILLE, 2016). A trabalhabilidade inadequada do concreto pode criar vários problemas, como dificuldades no lançamento e compactação do concreto, resultando em um concreto com um grande índice de vazios e menor resistência mecânica e durabilidade (NEHDI *et al.*, 2009).

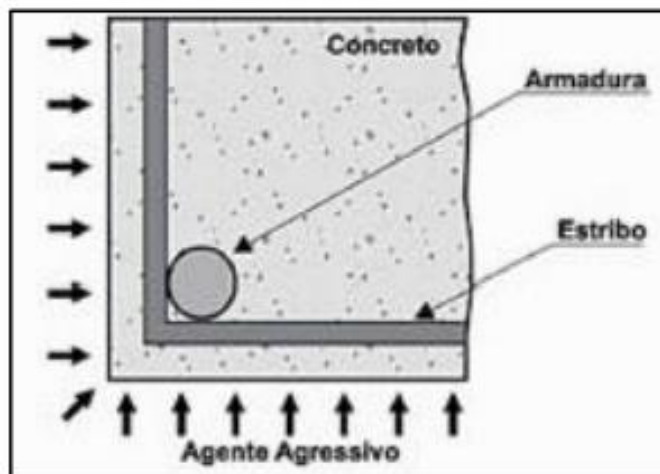
Dessa forma, o comportamento mecânico do concreto pode não atender aos parâmetros de segurança e durabilidade exigidos e, como os corpos de prova referentes ao controle tecnológico são, em geral, moldados somente no momento do recebimento do material na obra, o desempenho efetivo do concreto após a adição de água suplementar não poderá ser avaliado pelos resultados dos ensaios.

A cura do concreto também é um processo crítico para garantir a completa hidratação do cimento e, conseqüentemente, um concreto mais resistente e durável, já que a durabilidade e desempenho em longo prazo das estruturas de concreto dependem muito da hidratação nas primeiras idades dos materiais cimentícios (SIDDIQUI, 2010). Materiais cimentícios com maior grau de hidratação terão uma ligação mais forte com os agregados e, conseqüentemente, maior resistência mecânica e menor permeabilidade e porosidade (SIDDIQUI, 2010). A cura também melhora as características de retração dos materiais cimentícios, que é uma das principais causas de fissuração do concreto por retração hidráulica e subsequente deterioração (SIDDIQUI, 2010). Deve-se atentar também para que, em misturas de concreto com baixo fator água/cimento, não há água de amassamento suficiente

para garantir a hidratação completa, sendo a cura ainda mais importante nesse caso (SIDDIQUI, 2010).

Além disso, conforme já citado, o posicionamento inadequado ou quantidade insuficiente de armaduras podem causar fissuras devido à flexão, cisalhamento e torção (HELENE, 1992). Movimentos e travamentos insuficientes das fôrmas podem causar problemas referentes ao alinhamento e desaprumo dos elementos estruturais, e a concretagem simultânea de pilares, lajes e vigas, assim como o mau adensamento do concreto e fôrmas não estanques podem causar fissuras de assentamento plástico (HELENE, 1992). A ausência ou ineficiência de certos cuidados nas juntas de concretagem, como topo do pilar com excesso de nata de cimento devido a exsudação ou sujeira, também podem causar fissuras devido ao mau assentamento dos elementos estruturais (HELENE, 1992). Concreto com alta ou elevada permeabilidade, cobrimento insuficiente associado à má execução pode ocasionar a corrosão das armaduras, conforme exemplificado na Figura 9 (HELENE, 1992).

Figura 9 – Penetração do agente através da porosidade do concreto



Fonte: MARCELLI (2007)

Por fim, a desforma e retirada do escoramento precocemente, antes da aceitação do concreto por meio dos resultados dos ensaios de controle de resistência à compressão e módulo de elasticidade, podem causar esforços de flexão ainda não compatíveis com a capacidade de suporte da estrutura, podendo ocasionar fissuras (Figura 11), deflexão do elemento estrutural e, em casos extremos, o rompimento do elemento (HELENE, 1992).

3. ESTUDO DE CASO

3.1 A OBRA

Este estudo de caso abordará o controle de qualidade do concreto usinado e do procedimento executivo da concretagem referente à superestrutura da obra de construção do novo fórum da Comarca de Três Corações/MG. A ordem de início para a obra foi dada em novembro de 2018, porém, ela foi paralisada em agosto de 2019 após a execução da infraestrutura. A obra foi retomada em outubro de 2020, com um prazo de 18 meses para a execução, em regime de empreitada por preço global.

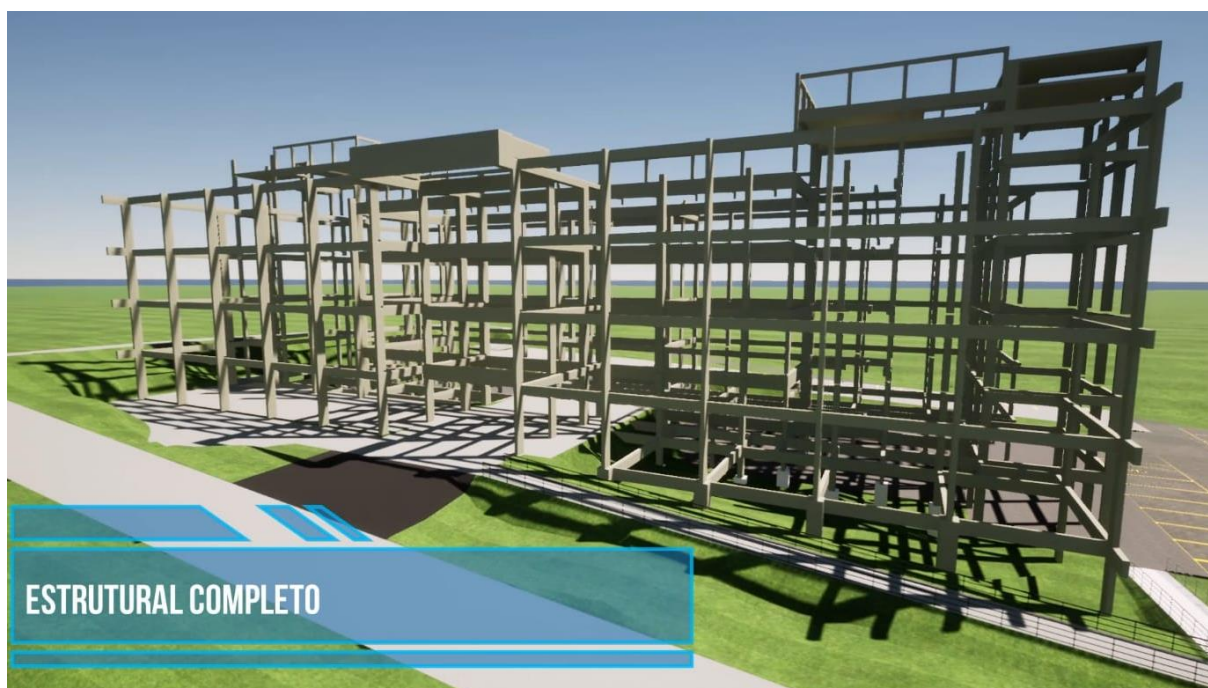
A edificação, que compreende uma área construída de 7049,98 m², conta com quatro pavimentos, além do subsolo e do pavimento técnico. Sua infraestrutura foi executada em fundação profunda, e o sistema construtivo da superestrutura compreende pilares e vigas de concreto armado, além de lajes maciças e nervuradas. Cabe ressaltar que foram consideradas duas juntas de dilatação na concepção estrutural da edificação, de forma que todo procedimento executivo a ser realizado considera três blocos independentes. As Figuras 10 e 11 representam as modelagens 3D arquitetônica e estrutural da obra, respectivamente.

Figura 10 – Modelagem 3D arquitetônica



Fonte: CONSTRUTORA A (2020)

Figura 11 – Modelagem estrutural



Fonte: CONSTRUTORA A (2020)

Os requisitos, condições e diretrizes técnicas e administrativas para a execução da edificação são estabelecidos nos projetos e especificações técnicas da obra, fornecidos pelo Tribunal da Justiça de Minas Gerais (TJMG) no edital de licitação. Com o objetivo de verificar o cumprimento das disposições contratuais, técnicas e administrativas, a obra conta também com uma atividade de fiscalização residente, exercida de modo sistemático pelo contratante, o que contribui para o adequado andamento técnico, físico e financeiro da obra.

3.2 DIRETRIZES PARA A EXECUÇÃO DA SUPERESTRUTURA

Serão apresentadas as diretrizes básicas fornecidas pelos projetos e especificação técnica para a execução de serviços de estruturas de concreto, face à ABNT NBR 6118:2014, ABNT NBR 12655:2015 e ABNT 14931:2004.

3.2.1 Prescrições de projeto

Segundo a especificação e os projetos técnicos da obra, o concreto a ser empregado na superestrutura deve ser obrigatoriamente usinado, da classe de resistência C30 e da classe de agressividade ambiental II – agressividade moderada e de baixo risco de deterioração da estrutura -, e deve satisfazer às seguintes condições:

- Consumo mínimo de cimento = 280 kg/m³ de concreto;
- Fator água/cimento $\leq 0,60$;
- Massa específica aparente ≥ 2400 kg/m³;
- Resistência característica à compressão (f_{ck}) $\geq 30,0$ MPa;
- Brita 1 (gnaisse ou calcária lavada de boa qualidade) com diâmetro máximo de 19 mm;
- Módulo de elasticidade tangente:
 - aos 7 dias = 25 GPa;
 - aos 14 dias = 29 GPa;
 - aos 21 dias = 30 GPa;
 - aos 28 dias = 30,67 GPa.

- Módulo de elasticidade secante aos 28 dias = 26,84 GPa;
- Abatimento de tronco de cone de (10 ± 2) a (14 ± 2) para possibilitar bombeamento aos pavimentos mais altos;
- Não poderá ocorrer incorporação de ar no concreto acima de 3%;
- Cobrimentos mínimos de 2,5 cm para lajes e 3,0 cm para vigas, pilares, lajes em contato com o solo e demais elementos estruturais;
- Tempo de resistência ao fogo (TRRF) = 60 min;
- Nos elementos estruturais em contato com o solo deverá ser adicionado um aditivo impermeabilizante referente a 1% da massa de cimento.

Os carregamentos considerados em projeto foram os seguintes:

- Alvenarias em blocos cerâmicos furados revestidos = 1300 kgf/m^3 ;
- Alvenarias em blocos de concreto vazados e revestidos = 1500 kgf/m^3 ;
- Revestimentos de fundos de lajes e forros = 50 kgf/m^2 ;
- Regularização e pavimentações = 120 kgf/m^2 ;
- Parede de gesso acartonado (drywall) = 400 kgf/m^3 ;
- Estrutura em aço leve (steel frame) = 350 kgf/m ;
- Sobrecargas de utilização adotadas: de 300 kgf/m^2 nas lajes.

As demais diretrizes apontadas na especificação e no projeto estrutural para os procedimentos relativos ao serviço de concretagem serão explanadas a seguir.

3.2.2 Escoramento/cimbramento

Para a execução da superestrutura, é obrigatória à utilização de escoramento metálico. Antes da execução dos serviços, deverá ser apresentado um projeto executivo de fôrmas e escoramento de toda edificação, dos pilares, vigas, lajes, rampas e escadas, inclusive para os balanços da estrutura. Devem ser seguidas todas as determinações desse projeto e demais instruções do fornecedor responsável pelo sistema, verificando a compatibilização com o sistema industrializado de laje nervurada (TJMG, 2019).

O escoramento deve ser projetado de modo a não sofrer, sob a ação de seu peso próprio, do peso da estrutura e das cargas acidentais que possam atuar durante a execução da estrutura de concreto, deformações prejudiciais à estrutura ou que possam causar esforços não previstos no concreto. O sistema deverá ter rigidez suficiente para assegurar que as tolerâncias especificadas para estrutura e especificações de projeto sejam satisfeitas e a integridade dos elementos estruturais não seja afetada. Também devem ser tomados todos os procedimentos necessários para se evitar recalques prejudiciais provocados no solo ou na parte da estrutura em que o escoramento se apoia (TJMG, 2019).

3.2.3 Fôrma/desforma

As fôrmas deverão ser projetadas e construídas para suportar a estrutura até que o concreto atinja as características estabelecidas pelo projetista estrutural para remoção do escoramento. As fôrmas utilizadas deverão ser feitas utilizando chapas de compensado resinado, espessura mínima de 14 mm, adesivo a prova d'água e com utilização máxima de quatro vezes, desde que a fôrma apresente bom estado e sob a aprovação da fiscalização do TJMG (TJMG, 2019).

Não será permitido o emprego de painéis de tábuas recortadas nas fôrmas dos pilares e vigas. Para as lajes nervuradas será utilizado um sistema industrializado de fôrmas autoportantes de polipropileno reutilizáveis, iguais a cubas, dispostas lado a lado, nas dimensões indicadas no projeto estrutural. Deve-se atentar para que, antes da concretagem, as fôrmas estejam limpas e estanques, sendo recomendado o uso de desmoldantes a base de óleos vegetais (TJMG, 2019).

A retirada das fôrmas e escoramentos deverá estar em conformidade com as diretrizes estabelecidas pela ABNT NBR 14931:2004 e pelo projeto estrutural, que estabelece que tal procedimento só possa ser executado quando o concreto estiver suficientemente endurecido para resistir às ações que sobre ele atuarem e não conduzir a deformações inaceitáveis (TJMG, 2019). Para tanto, segundo a especificação e projetos técnicos da obra, o concreto deve atingir as características

físicas de f_{ck} e módulo de elasticidade tangente, observando-se os seguintes prazos mínimos para retirada de fôrmas e escoramentos:

- Faces laterais: 3 dias;
- Faces inferiores de vigas e lajes, deixando-se o escoramento apertado: 21 dias, conservando-se ainda pelo menos 50% do escoramento total.
- Liberação total do escoramento: aos 28 dias, com comprovação dos resultados da resistência à compressão e módulo de elasticidade satisfatórios.

Deverão ser considerados os travamentos que se fizerem necessários para a boa execução dos serviços. Além disso, a retirada dos escoramentos só poderá ocorrer com a autorização expressa da fiscalização, que deverá ser comunicada dos resultados obtidos nos ensaios de controle tecnológico, por meio de laudo do laboratório aprovado, devidamente assinado pelo responsável do mesmo e pela contratada (TJMG, 2019).

Se a contratada optar por não seguir as diretrizes do projeto estrutural para retirada dos escoramentos, ela deverá providenciar o projeto de retirada dos escoramentos emitido por profissional competente, com a devida Anotação de Responsabilidade Técnica (ART), bem como o resultado dos ensaios pertinentes do concreto. Escoramentos e fôrmas não devem ser removidos, em nenhum caso, até que o concreto tenha adquirido resistência conforme determinado no projeto estrutural, atendendo à resistência característica à compressão, f_{ck} , e ao módulo estático de elasticidade tangente inicial E_{ci} (TJMG, 2019).

Após a desforma total, as juntas de dilatação deverão ser rigorosamente limpas, com a retirada de todas as chapas de poliestireno expandido utilizadas, deixando-as vazadas e livres. Deve-se ainda atentar-se quanto aos revestimentos e regularizações de pisos, para que em hipótese alguma ocupem esses espaços das juntas, obstruindo a livre movimentação da estrutura (TJMG, 2019).

3.2.4 Armação

O fornecimento de aço CA 50 e CA 60 deverá seguir as recomendações de projeto e as normas pertinentes. Como condições básicas, as barras de aço não

poderão apresentar excesso de ferrugem, manchas de óleo, argamassa ou qualquer outra substância que impeça uma perfeita aderência ao concreto. A armadura não poderá ficar em contato direto com a fôrma, respeitando-se o cobrimento mínimo previsto pela norma e determinado pelo projeto estrutural. A contratada deverá utilizar os espaçadores convenientes para cada peça a ser concretada (TJMG, 2019).

3.2.5 Passagens através dos elementos estruturais

As passagens das tubulações através de vigas e outros elementos estruturais deverão obedecer ao projeto, não sendo permitidas mudanças em suas posições, a não ser com autorização do autor do projeto estrutural. No caso do Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas - SPDA, as hastes previstas neste projeto deverão ser embutidas nos pilares, vigas e lajes antes da concretagem, mediante o acompanhamento do engenheiro eletricitista responsável pela obra (TJMG, 2019).

Canalizações embutidas verticalmente nos pilares e vigas não podem ocorrer. Somente serão permitidas furações respeitando as prescrições da ABNT NBR 6118:2014, com prévia análise e autorização do projetista da estrutura de concreto (TJMG, 2019).

3.2.6 Concretagem

A especificação técnica da obra determina que a responsabilidade pela composição e propriedades do concreto, pelo seu recebimento, bem como as obrigações do profissional responsável pela obra, deverão ser seguidas conforme preconizadas pela ABNT NBR 12655:2015, sendo que o concreto será obrigatoriamente usinado. Deverão ser utilizados vibradores compatíveis com cada tipo de peça, observando-se o dimensionamento das ponteiros dos mangotes e a forma de vibrar (TJMG, 2019).

Antes da concretagem, a contratada deverá apresentar para a análise da fiscalização um plano de concretagem da peça, que deverá ser rigorosamente seguido. Cada corpo de prova (CP) deverá ser identificado com o respectivo plano de concretagem, nota fiscal e peça concretada, de modo que o concreto utilizado

possa ser rastreado em caso de necessidade. Serão necessariamente moldados corpos de prova todas as vezes que houver modificações nos materiais ou no traço ou a critério da fiscalização, devidamente justificado (TJMG, 2019).

O procedimento de cura do concreto deverá atender à ABNT NBR 14931:2004 e ao descrito no projeto estrutural que estabelece que, a fim de que todas as reações do cimento com a água se processem, elementos estruturais de superfície devem ser curados por pelo menos sete dias (TJMG, 2019).

3.2.7 Controle tecnológico do concreto

O controle tecnológico do concreto abrangerá as verificações da dosagem utilizada, da trabalhabilidade, das características dos constituintes, da resistência mecânica e do módulo de elasticidade de todo o concreto. Esse controle será feito em laboratório especializado, aprovado pela fiscalização, obedecendo-se ao disposto nas normas ABNT NBR 6118:2014, ABNT NBR 12655:2015 e ABNT NBR 8522-1:2021. O laboratório deverá ser acreditado pelo Inmetro ou possuir certificação ISO 9001, ou, na falta disso, deve comprovar eficiência por um programa inter laboratorial com algum outro laboratório de referência acreditado (TJMG, 2019).

Nos dias de concretagem, o laboratorista responsável pelo controle do concreto deverá estar presente para a execução dos ensaios de abatimento do tronco de cone e confecção dos corpos de prova, sendo também responsável pela aceitação ou rejeição do caminhão de concreto. Deverão ser moldados corpos de prova para os ensaios de resistência à compressão separadamente dos corpos de prova para os ensaios de módulo de elasticidade (TJMG, 2019).

O controle tecnológico do concreto à compressão será efetuado a cada caminhão de concreto (7,0 m³) empregado na obra, com a retirada de 6 corpos de prova para ensaio aos 7 e aos 28 dias, prevalecendo o que a fiscalização determinar. Serão retirados 6 corpos de prova (CP), no entanto, serão rompidos 4 CP's, sendo 2 aos 7 dias e 2 aos 28 dias, e os 2 restantes serão de contraprova. Para aprovação da estrutura, a resistência característica (f_{ck}) e o módulo de

elasticidade (E_{ci}) do concreto previstos no projeto deverão ser obtidos simultaneamente nos ensaios (TJMG, 2019).

O controle tecnológico do concreto para módulo de elasticidade será efetuado a cada 30 m³ de concreto empregado na obra, com retirada de um lote de 3 corpos de prova para concretos com módulo de elasticidade (E_{ci}) e 5 corpos de prova para concretos com módulo secante (E_{cs}), para ensaio aos 28 dias, prevalecendo o que a fiscalização determinar. Para a determinação do módulo de elasticidade (E_{ci}), serão retirados 3 CP's, no entanto, serão rompidos 2 CP's, sendo o terceiro reservado para contraprova. Já para a determinação do módulo secante (E_{cs}), serão retirados 5 corpos de prova, no entanto serão rompidos 3 CP's, sendo reservados dois CP's para contraprova (TJMG, 2019).

3.3 PLANEJAMENTO PARA EXECUÇÃO DAS ESTRUTURAS EM CONCRETO ARMADO

Serão abordados, neste item, os procedimentos adotados pela construtora no planejamento executivo da superestrutura da obra em estudo.

3.3.1 Definição das cartas traço

Após a definição da usina de concreto que atenderá à obra, foram determinadas as cartas traço a serem adotadas no pedido do concreto. A partir dos critérios de projeto – resistência característica do concreto à compressão na idade de controle, consumo mínimo de cimento por metro cúbico de concreto, dimensão máxima característica do agregado graúdo e classe de consistência do concreto fresco – a usina estabeleceu uma proposta da composição do traço, que foi revisada criteriosamente e, posteriormente, aprovada pela fiscalização do TJMG. Na carta traço aprovada são informadas a dosagem e características básicas dos materiais componentes do concreto, incluindo-se os aditivos polifuncional e impermeabilizante.

O consumo de materiais por metro cúbico de concreto definido na carta traço aprovada, aplicada na concretagem dos pilares do subsolo da edificação, foi o seguinte:

- Cimento CPV RS: 345 kg/m³;

- Areia natural: 578 kg/m³;
- Areia artificial: 253 kg/m³;
- Brita 0: 226 kg/m³;
- Brita 1: 678 kg/m³;
- Água: 207 kg/m³;
- Aditivo polifuncional: 2,76 kg/m³;
- Aditivo impermeabilizante: consumo de 1% sobre a massa de cimento.

Após o recebimento dos laudos de controle tecnológico de concreto para os pilares do subsolo, que será detalhado no item 3.5.1, foi necessário incrementar o consumo de cimento no traço. Para isso, a carta traço do concreto foi reapresentada com as seguintes especificações:

- Cimento CPV RS: 385 kg/m³;
- Areia natural: 529 kg/m³;
- Areia artificial: 232 kg/m³;
- Brita 0: 219 kg/m³;
- Brita 1: 656 kg/m³;
- Água: 231 kg/m³;
- Aditivo polifuncional: 2,76 kg/m³;
- Aditivo impermeabilizante (para elementos em contato com o solo): consumo de 1% sobre a massa de cimento.

Esta composição foi aplicada em todos os demais elementos – lajes, vigas e pilares – da edificação.

3.3.2 Contratação de laboratório especializado

Concomitantemente à definição da usina e das cartas traço do concreto, foi selecionado e aprovada a subcontratação de um laboratório especializado para a execução do controle tecnológico do concreto, conforme definido na especificação técnica da obra e abordado no item 3.2.7. Cabe destacar que, durante a execução da superestrutura, houve uma troca do laboratório subcontratado devido a atrasos no fornecimento dos resultados dos ensaios por parte do primeiro laboratório aprovado.

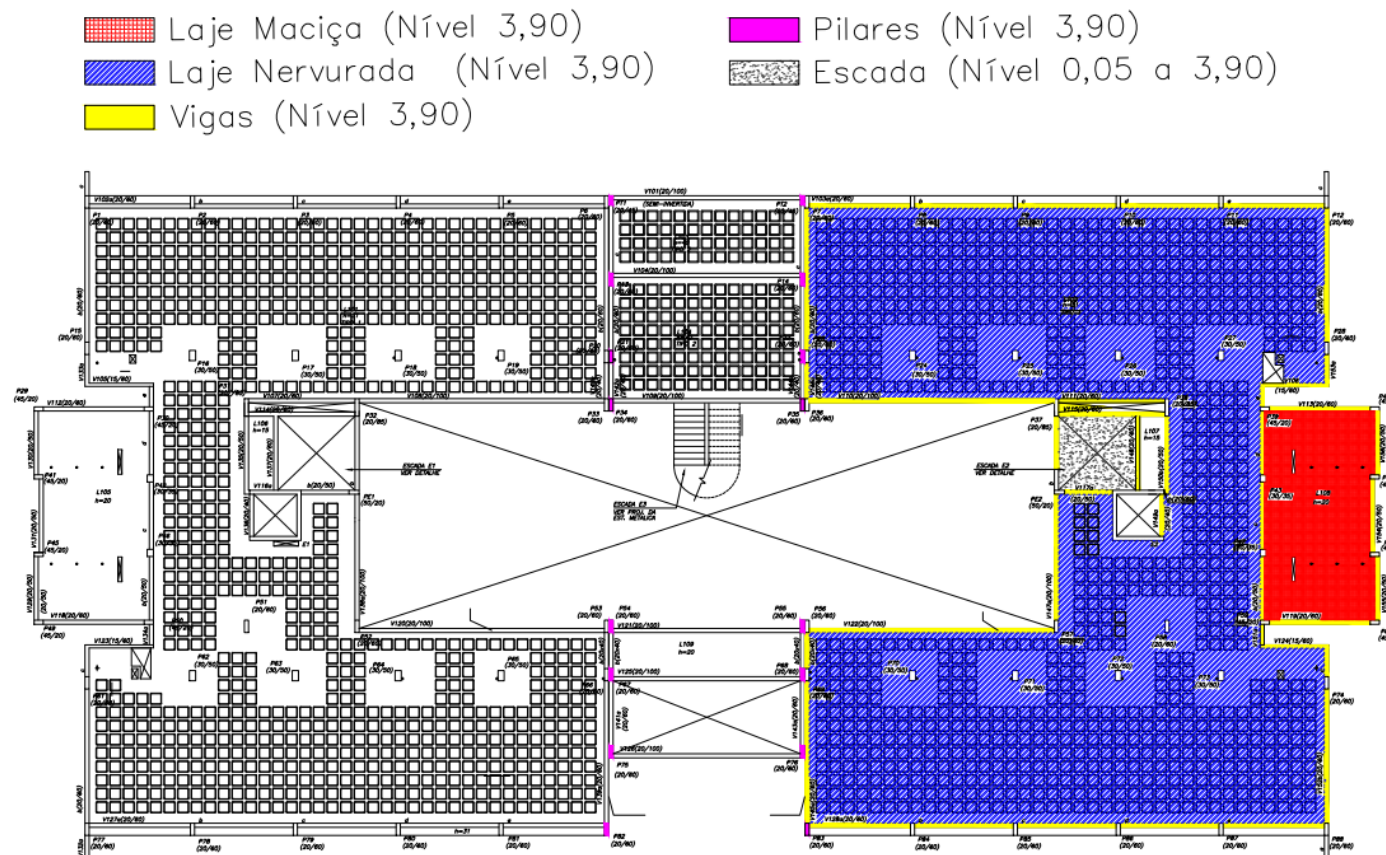
Ambos os laboratórios subcontratados, apesar de não serem acreditados pelo Inmetro nem possuírem certificação ISO 9001, comprovaram eficiência por um programa inter laboratorial com outro laboratório de referência credenciado. Além disso, também foi emitido ART específico para o engenheiro responsável pela emissão dos laudos de controle tecnológico de concreto.

3.3.3 Plano de concretagem

Conforme abordado no item 3.2.6, antes da concretagem, a contratada deverá apresentar, para a análise da fiscalização, um plano de concretagem dos elementos. A Figura 12 representa, a título de exemplo, o plano de concretagem apresentado para as lajes e vigas do 1º pavimento e pilares do 2º pavimento, ambos concretados na mesma data. O plano apresenta todas as peças a serem concretadas, identificadas pela sua tipologia na fôrma do referido pavimento, além da data projetada para a execução do evento.

Figura 12 12 – Plano de concretagem

7º Plano de concretagem: 1º PAVIMENTO e 2º PAVIMENTO - lateral direita e centro - TJMG - Três Corações



Fonte: CONSTRUTORA A (2021)

Concomitantemente à apresentação deste plano, previamente à execução da concretagem, é calculado o volume de concreto projetado para cada etapa, e são definidas as medidas e providências a serem tomadas durante o serviço, como o local de início e a sequência executiva da concretagem, baseada na melhor logística para a movimentação dos equipamentos e colaboradores. Este planejamento é de extrema importância para se garantir a continuidade do serviço sem interrupções, um melhor acabamento aos elementos e um reduzido volume de perdas de concreto.

3.3.4 Definição das equipes

A equipe responsável pela execução das estruturas em concreto armado é composta pelo engenheiro civil residente na obra, um mestre de obras, um encarregado de carpintaria, um encarregado de armação, um encarregado de instalações e um técnico em edificações, além dos auxiliares de logística. A equipe produtiva conta com carpinteiros e armadores responsáveis pela execução das fôrmas e armações, respectivamente, e pedreiros e serventes responsáveis pelo lançamento, adensamento e acabamento do concreto, sendo que a quantidade de colaboradores depende do volume a ser concretado.

A equipe produtiva também conta com um encanador e eletricista responsáveis pela locação de embutidos no concreto referentes às instalações hidrossanitárias e elétricas. Estes profissionais, subordinados ao encarregado de instalações, também são responsáveis pela montagem e manutenção do sistema de cura dos elementos concretados.

É importante ressaltar que a equipe de colaboradores encarregados pelo serviço foi mantida durante todos os eventos de concretagem realizados na execução da superestrutura. Dessa forma, foi possível aprimorar as técnicas necessárias à execução do serviço durante o andamento da obra.

3.4 PRODUÇÃO DAS ESTRUTURAS EM CONCRETO ARMADO

3.4.1 Sistema de fôrmas e escoramento

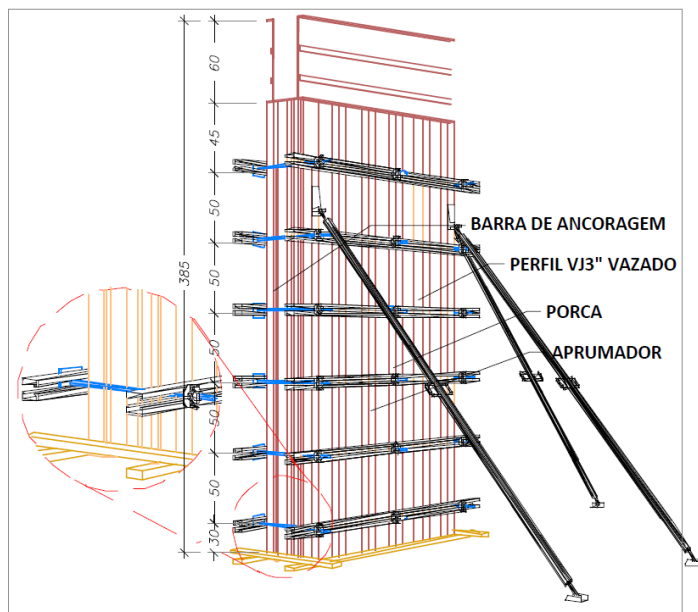
Conforme definido no item 3.2.2, para a execução da superestrutura, foi obrigatória à utilização de escoramento metálico. Dessa maneira, previamente à execução dos serviços, foi apresentado pela contratada, e aprovado pela fiscalização do TJMG, o projeto executivo das fôrmas e escoramento dos pilares, vigas, lajes e escadas, por pavimento da edificação. O projeto foi elaborado de acordo com as diretrizes estabelecidas pela ABNT NBR 15696:2009, e foi emitida a respectiva ART do engenheiro responsável pela sua execução.

Os procedimentos executivos referentes à montagem do sistema de fôrmas e escoramento dos pilares, vigas e lajes da edificação serão detalhados a seguir.

3.4.1.1 Montagem das fôrmas dos pilares

A partir da locação dos colarinhos, a base dos pilares foi apicoada até a exposição dos agregados graúdos para se garantir melhor aderência entre a camada remanescente e o concreto a ser lançado. A fôrma dos pilares foi executada de acordo com as determinações do projeto de fôrmas e escoramentos previamente aprovado, conforme exemplificado na Figura 13. Foi considerado, no dimensionamento, madeirite compensado na espessura de 14 mm, além de barras de ancoragem e aprumadores metálicos.

Figura 13 - Esquema de montagem das fôrmas dos pilares



Fonte: CONSTRUTORA A (2021)

Os pilares do subsolo corresponderam ao primeiro evento de concretagem da superestrutura da edificação. O material utilizado na execução das fôrmas foi o madeirite compensado resinado, com barras de ancoragem metálicas espaçadas a cada 50 cm, conforme determinação do projeto de escoramento e conforme ilustrado na Figura 14.

Figura 14 – Fôrmas dos pilares do subsolo



Fonte: Da autora

No momento da desforma, porém, verificou-se “embarrigamento” em vários elementos concretados devido à má qualidade do material empregado nas fôrmas. Dessa forma, a fiscalização do TJMG solicitou a redução do espaçamento entre as

barras de ancoragem para 30 cm, além do uso de madeirite plastificado na execução das fôrmas dos demais pilares da edificação. Tais considerações foram plenamente acatadas, conforme pode ser observado na Figura 15, que ilustra as fôrmas dos pilares do primeiro pavimento.

Figura 15 - Fôrmas dos pilares do 1º pavimento



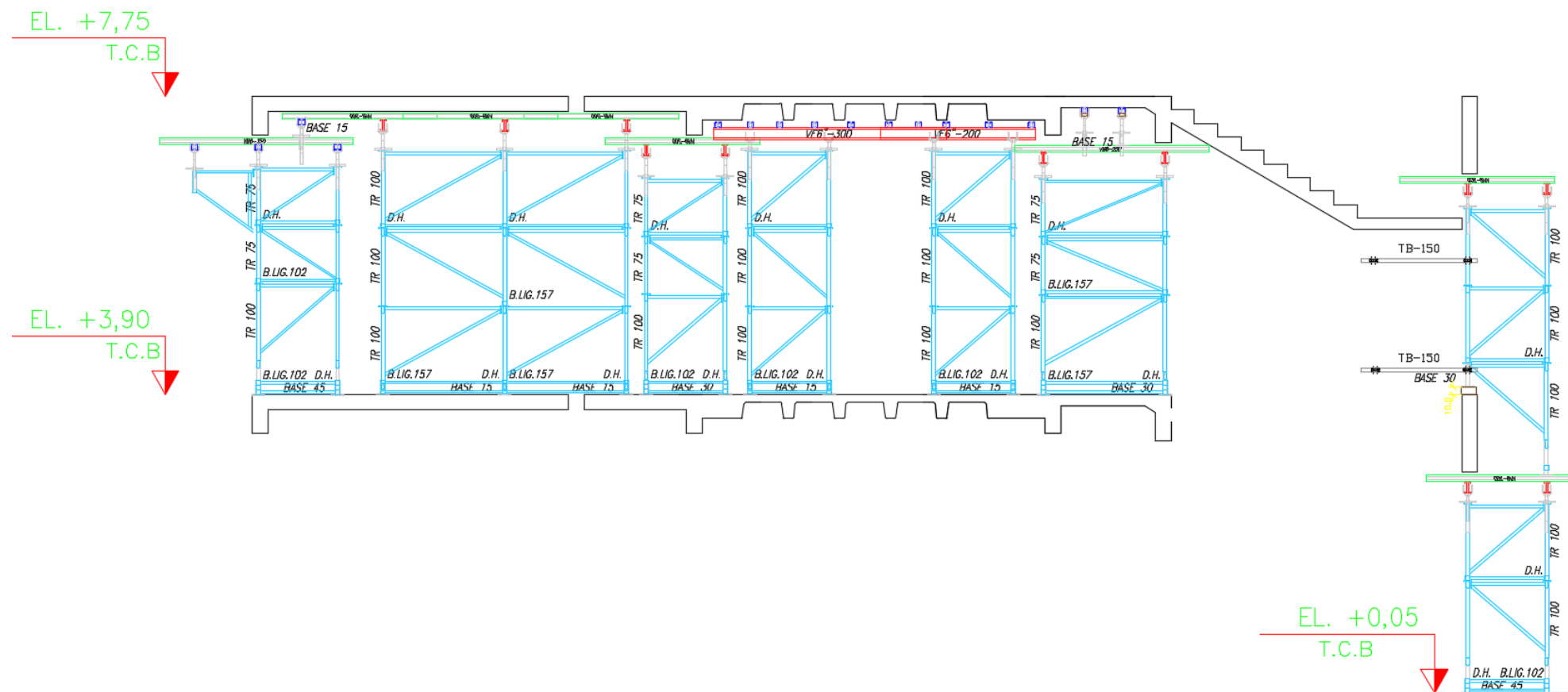
Fonte: Da autora.

Cabe ressaltar que, paralelamente à execução das fôrmas dos pilares, foi executada a montagem das armações de tais elementos, que será discutida no item 3.4.2.1 deste trabalho. O fechamento das fôrmas só aconteceu mediante a verificação e aprovação da fiscalização do TJMG, que realizou a conferência das dimensões, limpeza e vedação das fôrmas, assim como as demais verificações concernentes às armações. Após o fechamento, os pilares foram devidamente aprumados a fim de garantir a verticalidade e o correto desempenho estrutural.

3.4.1.2 Montagem do cimbramento metálico para escoramento de vigas e lajes

O projeto de escoramento metálico especifica todo o posicionamento das peças e todo o procedimento executivo da montagem do cimbramento. Para a melhor distribuição das cargas no solo, o projeto estabelece que as torres a serem implantadas sobre o terreno natural devam ser apoiadas em pranchões de madeira ou bases de concreto. Já para os pavimentos superiores, as torres foram fixadas na própria laje. A Figura 16 representa o esquema de montagem do cimbramento para as lajes e vigas.

Figura 16 – Esquema de montagem do cimbramento metálico para as lajes e vigas



Fonte: CONSTRUTORA A (2021)

Para o início do serviço em obra, a equipe responsável pelo projeto do cimbramento ofereceu um treinamento para os colaboradores encarregados da montagem do sistema. Após esta capacitação, a montagem foi executada exatamente conforme diretrizes estabelecidas no respectivo projeto, conforme ilustram as Figuras 17 e 18.

Figura 17 – Montagem do cimbramento para lajes e vigas



Fonte: CONSTRUTORA A (2021)

Figura 18 - Montagem do cimbramento para lajes e vigas



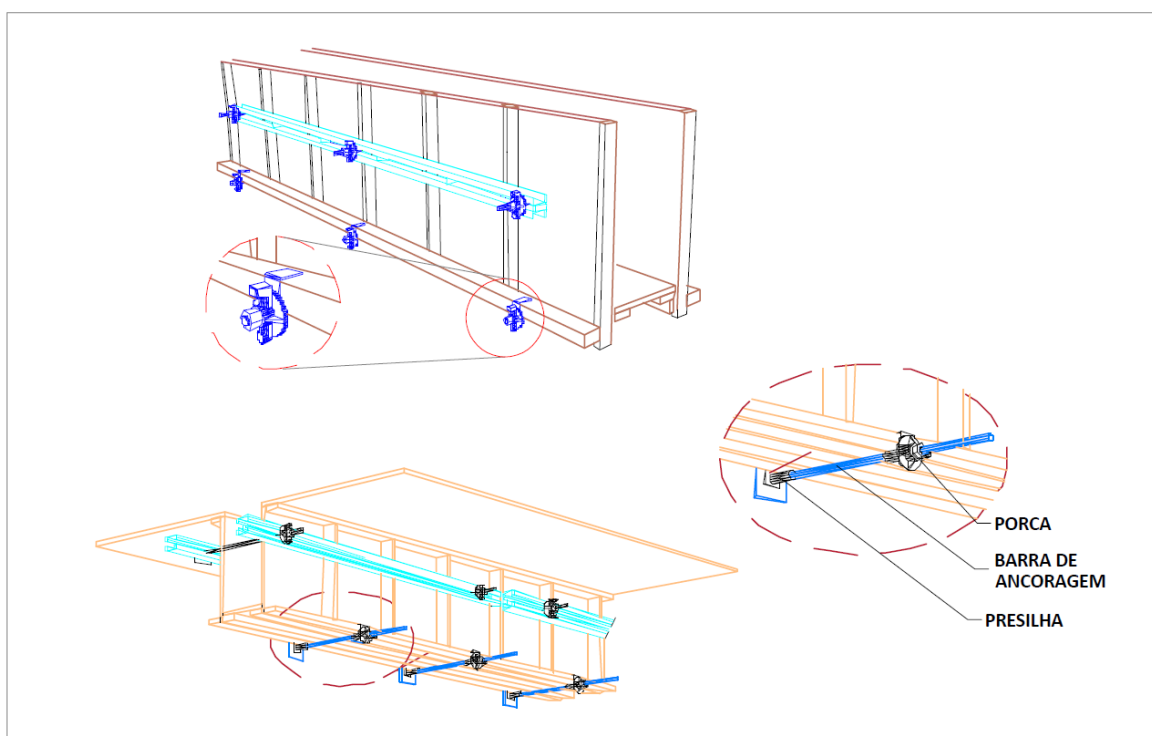
Fonte: Da autora.

Após a montagem do cimbramento de cada pavimento, a fiscalização do TJMG realizou a verificação da quantidade e disposição do escoramento, tendo como base as diretrizes definidas em projeto.

3.4.2 Montagem das fôrmas das vigas e lajes

Após a estruturação do cimbramento, torna-se possível a montagem das fôrmas das vigas e lajes de cada pavimento. A Figura 19 representa o esquema de travamento lateral das vigas previsto em projeto e executado em obra.

Figura 19 - Esquema de travamento de laterais de viga



Fonte: CONSTRUTORA A (2021)

As fôrmas das vigas foram executadas em madeirite compensado plastificado e a das lajes maciças, em madeirite compensado resinado, ambos de espessura 14 mm. Foram empregadas cubetas plásticas nas lajes nervuradas. As Figuras 20 e 21 exemplificam a montagem das fôrmas das vigas e lajes em obra.

Figura 20 – Travamento lateral de vigas



Fonte: Da autora.

Figura 21 – Montagem das fôrmas das vigas e lajes nervurada e maciça



Fonte: CONSTRUTORA A (2021)

Finalizada a montagem das fôrmas, foi realizada a conferência em cada pavimento, pela fiscalização do TJMG, do nivelamento das lajes e fundo de vigas, do prumo lateral das vigas, da vedação das juntas e das dimensões e limpeza das fôrmas. Com relação às lajes nervuradas, foram verificadas a locação dos capitéis e faixas maciças, e a distribuição das cubetas.

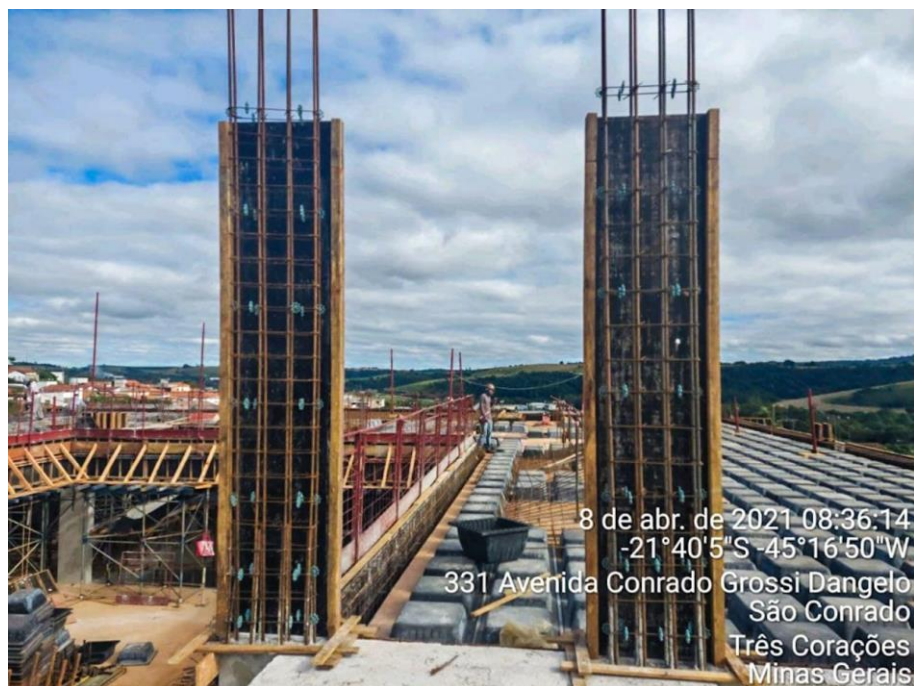
3.4.3 Montagem das armações

O aço empregado na superestrutura foi entregue em obra na modalidade corte e dobra, de forma a proporcionar maior qualidade às peças, além da produtividade inerente ao serviço. Previamente ao início da montagem das armações das lajes, vigas e pilares de cada pavimento, o projeto estrutural foi cuidadosamente estudado pela construtora e pela fiscalização do TJMG, com o objetivo de prever possíveis interferências e/ou incompatibilidades com as demais disciplinas.

Assim como na execução das fôrmas, após a conclusão das armações de cada elemento, o serviço foi verificado pela fiscalização do TJMG. A partir do projeto estrutural, foi verificada a quantidade, dimensão, posição, dobra e amarração dos ferros. Também foi checado o comprimento dos transpasses das armaduras, a ancoragem nos apoios, a quantidade e dimensão dos espaçadores, assim como o posicionamento e fixação de todos os embutidos de instalações hidrossanitárias e elétricas, e sua respectiva armação de reforço, quando necessário. Por fim, visualmente, foi inspecionada a existência de locais críticos que dificultem o acesso ao adensador mecânico.

A Figura 22 exemplifica o posicionamento das armações de dois pilares, anteriormente ao fechamento das fôrmas. Os espaçadores das armações foram posicionados a cada 4 estribos, espaçados em 45 cm verticalmente – padrão que foi obedecido nas armações de todos os pilares da edificação.

Figura 22 – Armação dos pilares



Fonte: Da autora.

As Figuras 23 e 24 exemplificam, respectivamente, a montagem das armações de uma laje maciça e nervurada, com o devido posicionamento dos espaçadores e da mestra metálica para nivelamento das lajes, assim como as armações de reforço de um *shaft* (Figura 23.b) e capitel (Figura 24.a).

Figura 23 – Armação das lajes maciças

(a) Armação laje maciça



(b) Armação de reforço do shaft



Fonte: Da autora.

Figura 24 – Armação das lajes nervuradas

(a) Armação capitel



(b) Armação laje nervurada



Fonte: Da autora.

Cabe ressaltar que nos locais onde são previstas as juntas de dilatação da edificação foram posicionadas placas de isopor, conforme representado na Figura 25, para permitir a livre movimentação da estrutura.

Figura 25 – Placas de isopor posicionadas na região da junta de dilatação



Fonte: Da autora.

Após a montagem das armações das lajes, vigas e pilares, estas foram rigorosamente conferidas pela fiscalização do TJMG. Neste processo, alguns erros, como quantidade, bitolas e posicionamento das barras em desacordo com o projeto estrutural, foram verificados pela fiscalização e corrigidos tempestivamente pela construtora. Somente mediante a aprovação da fiscalização, o serviço de concretagem foi liberado em cada pavimento.

3.4.4 Produção do concreto em central

Em visita à usina de concreto que atende a obra deste estudo de caso, foram acompanhadas as atividades rotineiras da usina, como a armazenagem e controle tecnológico dos materiais componentes do concreto e a dosagem de uma remessa de concreto. Tais procedimentos serão relatados a seguir.

Os agregados – areia, brita e pó de pedra –, separados de acordo com sua granulometria, são armazenados em baias sobre piso de concreto e em baias sobre o solo. A Figura 26.a representa a estocagem de brita 01 e de uma amostra contaminada (mistura de diversos agregados), e a Figura 26.b, a armazenagem de areia, brita 0 e pó de pedra, diretamente sobre o solo.

Figura 26 – Armazenagem dos agregados

(a) Sobre piso de concreto



(b) Sobre o solo



Fonte: Da autora.

O principal procedimento no controle tecnológico dos materiais constituintes do concreto é a aferição do teor de umidade dos agregados miúdos. No primeiro horário do dia, é recolhida uma amostra de 500 g de cada agregado – areia e pó de pedra – em três pontos distintos das baias. Posteriormente, tais amostras são submetidas à estufa e, após a evaporação de toda a água retida, é mensurado o teor de umidade, em percentual, a partir da massa úmida e seca do material. De posse deste valor, o sistema automatizado é alimentado para se garantir a dosagem

adequada da água no traço do concreto. Este procedimento é realizado a cada 2 horas.

A água empregada no traço é armazenada em reservatórios abertos (Figura 27) e o cimento é fornecido a granel e estocado em silo estanque (Figura 30.b). Já os aditivos são armazenados em tonéis graduados e vedados (Figura 28), de forma a se evitar qualquer tipo de contaminação.

Figura 27– Armazenamento da água



Fonte: Da autora.

Figura 28 – Armazenamento dos aditivos



Fonte: Da autora.

O procedimento de dosagem e mistura do concreto é automatizado. O sistema é alimentado com a carta traço definida - especificada no item 3.3.1 deste trabalho - por metro cúbico de concreto. Posteriormente, é definido o volume total do carregamento, e o sistema calcula, com exatidão, o consumo de agregados, cimento, água e aditivos para o volume considerado. Como os agregados miúdos são adicionados à mistura com certo teor de umidade, a proporção em massa adicionada considera seu peso seco. Além disso, o volume referente ao teor de umidade dos agregados é descontado na dosagem da água, de modo a corrigir o fator água/cimento.

O padrão de carregamento dos agregados segue a sequência representada na Figura 33 – brita 01, brita 0, areia natural, pó de pedra e areia artificial -, de acordo o traço adotado. Com o auxílio de uma retroescavadeira todos os agregados são coletados das baias (Figura 29.a) e descarregados na balança (Figura 29.b) para pesagem. Cabe ressaltar que os agregados graúdos são umedecidos antes da dosagem para evitar a retenção de parte da água de amassamento do concreto.

Figura 29 – Carregamento da balança

(a) Coleta dos agregados



(b) Balança



Fonte: Da autora.

Mensurado o peso de todos os agregados, estes são transportados da balança até o caminhão betoneira por meio de uma esteira (Figura 30.a). Após o carregamento de 30% dos agregados, é iniciada a descarga de cimento a partir do silo (Figura 30.b). Por fim, mediante o carregamento de 70% da carga total, é

adicionada à mistura a água e os aditivos. Nesta etapa, parte da água considerada no traço é retida para possível manutenção do concreto.

Figura 30 – Carregamento do caminhão betoneira

(a) Esteira



(b) Silo de cimento



Fonte: Da autora.

A betoneira fica em constante movimento durante todo o carregamento, de forma a garantir a homogeneidade da mistura. Finalizada a carga, é necessária a aferição do abatimento de tronco de cone, sendo que, para a realização do ensaio, ainda é necessário um tempo de mistura proporcional ao volume de concreto: um minuto por metro cúbico. Baseado no resultado do ensaio, caso haja a necessidade de adição de água para atingir o abatimento contratado, é adicionado, manualmente e com o auxílio de um hidrômetro, parte do volume retido. Esta adição de água é registrada na nota fiscal do concreto.

Finalizada a mistura e verificação do abatimento, o concreto é transportado até a obra no caminhão betoneira, que permanece em constante rotação. O tempo médio de deslocamento do caminhão para a obra em questão foi de 30 minutos, atendendo aos requisitos normativos.

3.4.5 Concretagem

3.4.5.1 *Recebimento e aceitação do concreto*

Em cada evento de concretagem, no momento do recebimento dos caminhões em obra, foram verificadas as notas fiscais, de forma a comparar a quantidade dos materiais empregados na produção do concreto com sua respectiva carta traço, o volume de concreto e o fator água/cimento. Também foi verificada a quantidade de água retida na dosagem, a hora de início da mistura e a integridade do lacre do caminhão.

Posteriormente, para cada remessa de concreto, foi realizado o ensaio de abatimento de tronco de cone, de forma a avaliar a consistência do concreto fresco. A Figura 31 ilustra tal procedimento em obra, executado pelo do laboratorista do laboratório aprovado.

Figura 31 – Ensaio de abatimento de tronco de cone



Fonte: Da autora.

Após esta execução, foram moldados corpos de prova (CP's), também pelo laboratorista, para os ensaios de controle tecnológico de concreto (Figura 32.a). A quantidade de CP's para cada remessa atendeu aos critérios estabelecidos no item 3.2.7. No momento da moldagem, os CP's foram rotulados com etiquetas nas quais foram referenciadas a nota fiscal do caminhão e a data da moldagem (Figura 32.b). Foram utilizados moldes em PVC, de diâmetro 100 mm e altura 200 mm.

Figura 32 – Moldagem dos corpos de prova

(a) Moldagem dos corpos de prova

(b) Rastreabilidade dos corpos de prova



Fonte: Da autora.

A partir dos dados obtidos no documento de entrega de cada remessa de concreto, foi preenchida uma tabela de rastreabilidade de cada amostra por evento de concretagem. A Figura 33 demonstra a planilha, lançada posteriormente em Excel, referente à concretagem dos pilares do subsolo realizada no dia 21 de janeiro de 2021.

Figura 33 – Rastreabilidade do concreto

MAPA DE RASTREABILIDADE DO CONCRETO (BOMBEADO)														
OBRA: Fórum de Três Corações/MG														
Item	Data	Número da Nota	Placa do Carro	Hora de saída da central	Hora de chegada na obra	Volume (m3)	Água Retida (L)	Slump Teste (cm)	Água adicional (L)	Slump Test Final (cm)	Concretagem		Local Concretado	Quant. Corpos de prova
											Início (h)	Término (h)		
1	20/01/2021			09:48	10:20	8	160	10,00	64,00	13,50	10:35	12:45	P1-P5, PT1, P15, P16, P30, P31, P42, FT1, F35, METADE F34	6
2	20/01/2021			13:35	14:08	8	140	12,00	-	12,00	14:24	16:50	P13, P14, P17-P19, P21, P22, P32, PF1, PF3, PE1, METADE F34, FT3, FT6, METADE FT4, FT8, V19b, METADE V24a, V55b, V55c	6
3	20/01/2021			16:45	17:15	8	160	13,00	-	13,00	17:25	19:29	PT2, P8, P12, V19a, V54, V28, V30, METADE (V24a), V24b, V56, F75, F76, FT9, F56, F69, INÍCIO E2	6
4	20/01/2021			17:15	18:12	8	160	14,00	-	14,00	19:35	20:30	E2, CTS, F72, F73	14
5	20/01/2021			19:38	20:20	3,5	70	11,00	15,00	12,00	20:35	21:45	FT7, F58, F70, F71, F74	6

Fonte: Da autora.

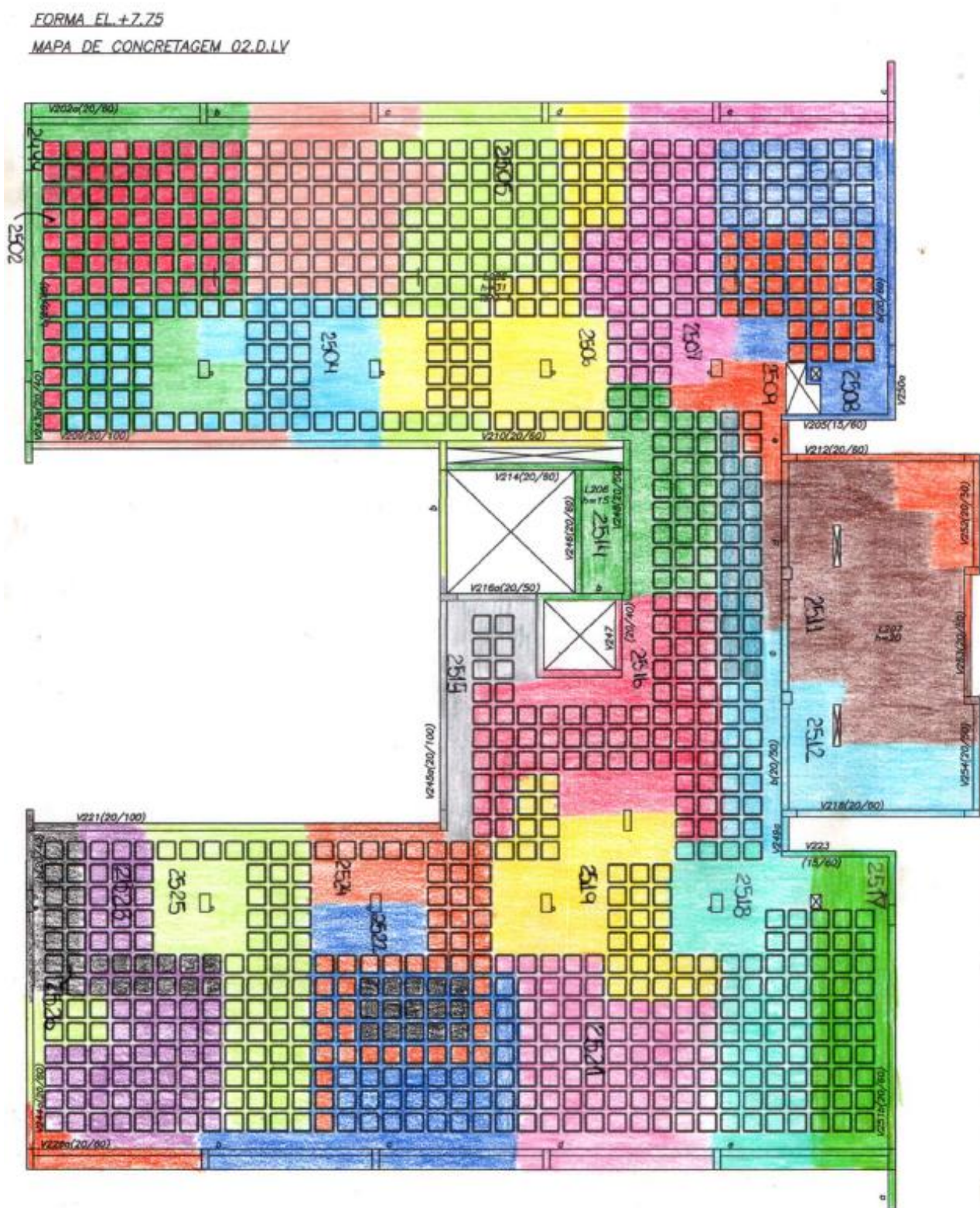
Na planilha constam os principais dados necessários ao controle executivo no momento do lançamento do concreto e posterior rastreabilidade, como volume de concreto, a água retida e água adicional, o resultado do ensaio de abatimento, o local concretado e a quantidade de corpos de prova moldados em cada amostra. Além disso, também foram anotados os horários de saída da central, chegada em obra e de início e término da concretagem, de forma a auxiliar no controle do tempo de lançamento do concreto e garantir que este não ultrapasse o limite normativo.

3.4.5.2 *Lançamento e adensamento*

Para proporcionar maior agilidade ao serviço, no dia anterior a cada concretagem, todo o sistema de bombeamento foi montado *in loco*. Dessa maneira, após a aferição do documento de entrega e abatimento do concreto, o caminhão foi posicionado no local definido, em posição estratégica ao lançamento do concreto. Previamente ao início do serviço, as fôrmas de todos os elementos foram umedecidas para se evitar a retenção de parte da água de amassamento do concreto.

O lançamento do concreto foi rastreado por meio de um mapa de concretagem (Figura 34), onde foram relacionados os elementos e notas fiscais de cada remessa de concreto lançada. Finalizada a concretagem, o mapa é desenhado em AutoCAD (Figura 35) e anexado, junto com as respectivas notas fiscais do concreto lançado, ao Diário de Obra. Assim, é possível identificar, para cada amostra ensaiada no controle tecnológico do material, os elementos correspondentes.

Figura 34 – Mapa de concretagem manual



Fonte: Da autora.

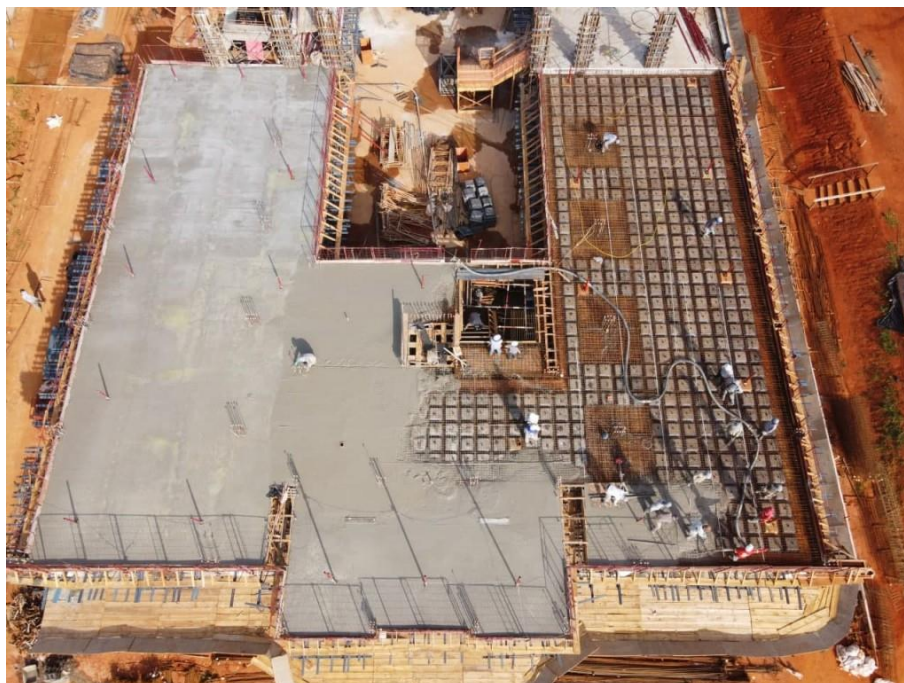
Para o adensamento foram utilizados vibradores mecânicos compatíveis com cada peça concretada. As Figuras 36, 37 e 38 ilustram a execução do lançamento e adensamento do concreto nos pilares e lajes da edificação.

Figura 36 – Concretagem dos pilares



Fonte: Da autora.

Figura 37 – Concretagem das lajes



Fonte: CONSTRUTORA A (2021)

Figura 38 – Lançamento e adensamento do concreto



Fonte: Da autora.

O adensamento foi executado criteriosamente, evitando tanto a falta quanto o excesso de vibração, uniformemente distribuído em todo o elemento. Em alguns elementos, devido ao enérgico adensamento, foi necessária a execução de reforço das fôrmas no momento da concretagem.

3.4.5.3 *Acabamento*

Após o lançamento e adensamento do concreto nos pilares, foi verificado o prumo destes elementos, conforme ilustrado na Figura 39. Além do prumo, também foi conferido o alinhamento entre os pilares e a disposição de suas armações, que podem movimentar durante o lançamento do concreto.

Figura 39 – Verificação do prumo dos pilares



Fonte: Da autora.

Para facilitar o acabamento das lajes, previamente à concretagem, foram posicionadas mestras metálicas de forma a garantir a altura das lajes e o capeamento de concreto sobre as cubetas, conforme exemplificado na Figura 40, que ilustra um capeamento de 10 cm de concreto sobre as cubetas.

Figura 40 – Conferência do posicionamento das mestras metálicas



Fonte: Da autora.

Após o lançamento do concreto e adensamento com vibradores de imersão sobre as vigas e lajes, o acabamento das lajes foi executado com régua vibratória, posicionada entre as mestras metálicas. Posteriormente, as mestras foram removidas e o acabamento final foi realizado manualmente por meio de régua e colher de pedreiro. Tal procedimento é exemplificado na Figura 41.

Figura 41 – Acabamento das lajes



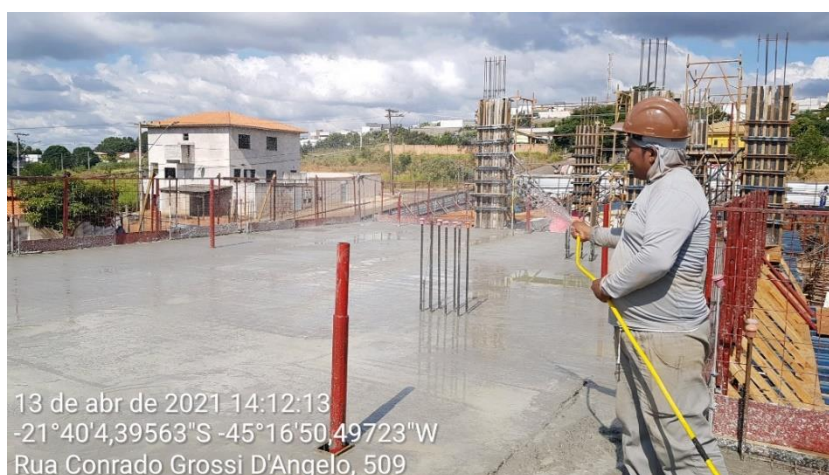
Fonte: Da autora.

É importante ressaltar que o acabamento de todos os elementos foi executado tempestivamente após o lançamento e adensamento, e antes do início da pega do concreto.

3.4.5.4 Cura

Os procedimentos referentes à cura do concreto foram iniciados ainda durante o lançamento, nos locais onde o acabamento já havia sido finalizado. Nesta fase, a cura foi realizada por meio de mangueiras, conforme representado na Figura 42.

Figura 42 – Cura úmida com mangueira



Fonte: Da autora.

Mediante o endurecimento do concreto, foram instalados aspersores de água de forma a abranger toda a área das lajes (Figura 43).

Figura 43 – Cura úmida com aspersores



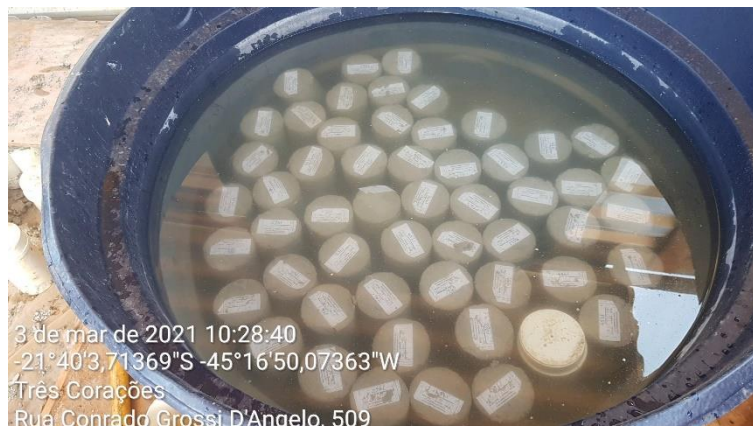
Fonte: Da autora.

Conforme especificação técnica da obra, a cura úmida de todos os elementos estruturais foi realizada durante 7 dias. A cura das lajes, por meio de aspersores, e a cura dos pilares, faces laterais das vigas e escadas, por meio de mangueiras.

3.4.6 Controle tecnológico do concreto

Conforme mencionado no item 3.4.4, os corpos de prova necessários ao controle tecnológico do concreto foram moldados, pelo laboratorista, após a aprovação do *slump test* de cada remessa aplicada em obra. Após a moldagem, os corpos de prova foram destinados para um local fechado, arejado e livre de intempéries, onde foi realizada a cura inicial por um período de pelo menos 24 horas. Posteriormente, foram desmoldados e armazenados em caixas d'água (Figura 44) até o momento do transporte ao laboratório.

Figura 44 – Armazenamento dos corpos de prova



Fonte: Da autora.

O transporte das amostras foi feito após um período de aproximadamente 20 dias a partir da data da moldagem. De forma a garantir sua integridade durante o transporte, os CP's foram envolvidos por plástico bolha e armazenados em caixas rígidas (Figura 45).

Figura 45 – Transporte dos corpos de prova



Fonte: Da autora.

Apesar de, a princípio, a especificação técnica da obra determinar que os ensaios de controle tecnológico do concreto à compressão deveriam ser efetuados aos 7 e 28 dias, foi acordado, entre a construtora e a fiscalização do TJMG, ensaios aos 21 e 28 dias. Tal mudança teve o objetivo de avaliar o comportamento do material em maiores idades. Já os ensaios para determinação dos módulos de

elasticidade secante e tangente foram realizados aos 28 dias, conforme especificado.

3.4.7 Retirada das fôrmas e escoramento

A desforma das faces laterais de vigas e pilares foi realizada após três dias da concretagem. Já o descimbramento da estrutura e consequente desforma das faces inferiores das vigas e lajes foi realizado somente mediante comprovação dos resultados da resistência à compressão e módulo de elasticidade tangente e secante satisfatórios.

Após a desforma dos pilares, por meio de régua metálica e nível de bolha, foi conferido o prumo de todos os elementos (Figura 46). Também foram avaliadas a existência de variações dimensionais, vazios de concretagem, ressaltos e armações expostas.

Figura 46 – Conferência do prumo dos pilares

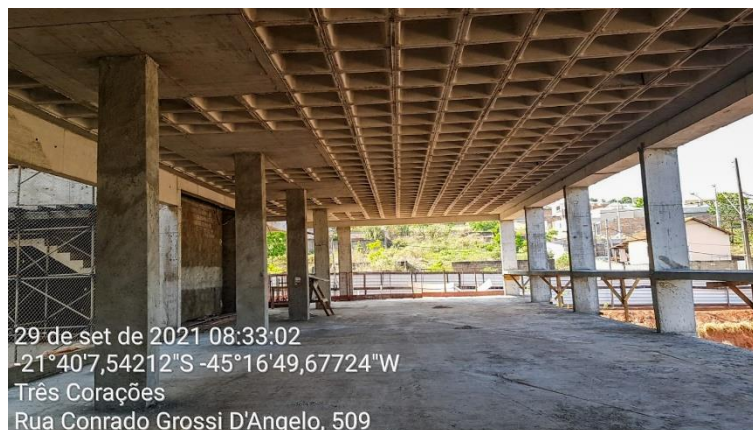


Fonte: Da autora.

Para autorização do descimbramento das vigas e lajes, os laudos de controle tecnológico, devidamente assinados pelo seu responsável técnico e pelo engenheiro residente da obra, foram enviados por e-mail à fiscalização do TJMG e anexados ao Diário de Obras. Foram considerados alguns pontos de reescoramento nas lajes que

ainda iriam receber a concretagem do nível imediatamente superior e nas lajes sujeitas a grande movimentação de pessoas, materiais e equipamentos. A Figura 47 representa uma laje descimbrada.

Figura 47 – Descimbramento das lajes



Fonte: Da autora.

Após a desforma das vigas e lajes, também foram avaliadas possíveis deformações geométricas e armações expostas, além do acabamento superficial e o nivelamento do fundo dos elementos.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Serão apresentados, a seguir, os resultados dos ensaios de controle tecnológico do concreto aplicado na superestrutura da obra em estudo, uma avaliação da qualidade da usina de concreto, assim como algumas situações problema identificadas na obra.

4.1 DA QUALIDADE DA ESTRUTURA

Os resultados obtidos nos ensaios de controle tecnológico do concreto aplicado na superestrutura foram satisfatórios e atenderam aos requisitos estabelecidos em projeto. No Anexo B estão relacionados, mediante planilha de controle empregada na obra, os resultados para todas as remessas de concreto ensaiadas e sua respectiva rastreabilidade. A partir de tais resultados, foi calculada (Tabela 02) a média e o desvio padrão obtidos para a resistência à compressão e para os módulos de elasticidade tangente e secante. Cabe ressaltar que os valores médios calculados tem o objetivo de verificar o comportamento geral da estrutura em termos de resultados. Contudo, em termos de controle tecnológico do concreto em obra, a verificação foi realizada por amostragem total, conforme especificado pela ABNT NBR 12655:2015.

Tabela 2 – Resultados dos ensaios de resistência à compressão e módulo de deformação

Valores de Projeto			Valores obtidos nos ensaios			
Resistência à compressão (MPa)	Módulo de deformação (GPa)		Resistência à compressão (MPa)		Módulo de deformação (GPa)	
	E _{ci}	E _{cs}	21 dias	28 dias	E _{ci}	E _{cs}
30,00	30,67	26,84	33,45	37,00	31,54	29,23
Desvio Padrão			3,81	3,80	0,70	1,40

Fonte: Da autora.

Devido a problemas internos, o primeiro laboratório subcontratado para a execução do controle tecnológico do concreto não apresentou os resultados para os ensaios de módulos de elasticidade referentes aos pilares do subsolo. Portanto,

após a troca de laboratórios, tais ensaios foram realizados aos 63 dias, utilizando os corpos de prova moldados como contraprova. Além disso, a partir dos resultados obtidos para a resistência à compressão de tais elementos, foi necessário incrementar o consumo de cimento no traço, conforme foi detalhado no item 3.3.1 deste trabalho. Tal procedimento se deu principalmente para garantir que os módulos de elasticidade definidos em projeto para os demais elementos estruturais fossem atingidos aos 28 dias.

Conforme comentado no item 3.4.6, os ensaios de controle tecnológico do concreto à compressão foram efetuados aos 21 e 28 dias e os ensaios para determinação dos módulos de elasticidade secante e tangente, aos 28 dias. Apesar de os resultados obtidos aos 21 dias atenderem ao f_{ck} de projeto, devido ao andamento da obra, a construtora optou por seguir as diretrizes do projeto estrutural para a retirada dos escoramentos, e não foi necessária a antecipação deste serviço. Caso contrário, teria sido indispensável a determinação dos módulos de elasticidade aos 21 dias, além de um projeto de retirada dos escoramentos emitido por profissional competente, com a devida ART.

4.2 DA QUALIDADE DA USINA DE CONCRETO

Mediante a visita a usina de concreto que atende a obra deste estudo de caso, observou-se que os agregados – areia, brita e pó de pedra –, separados de acordo com sua granulometria, são armazenados em baias sobre piso de concreto e em baias sobre o solo. Já o cimento, fornecido a granel, é estocado em silo estanque, provido de respiradouro com filtro para reter poeira, tubulação de carga e descarga e janela de inspeção, conforme recomendação normativa. A água destinada ao amassamento do concreto, porém, é armazenada em tanques abertos. Por fim, o acondicionamento dos aditivos, em tonéis graduados, atende às exigências normativas.

Considerando o processo de dosagem do concreto, a usina atende aos requisitos de qualidade previstos pela norma. São realizados ensaios recorrentes para a avaliação do teor de umidade dos agregados miúdos e os agregados graúdos são umedecidos antes da dosagem, garantindo a quantidade precisa de água no

traço. Os dosadores volumétricos de água e aditivos ainda são calibrados periodicamente.

O processo de dosagem, por ser automatizado, garante maior padronização e precisão nas pesagens e, conseqüentemente, um produto final com maior controle de qualidade. Cabe ressaltar que apenas a última adição de água na usina, após a verificação do abatimento do concreto, é realizada manualmente com o auxílio de um hidrômetro. Este, por ser manual, é um processo passível de erros e necessita de maior rigor e controle.

A partir destas considerações, pode-se verificar que ainda há melhorias a serem implantadas na usina para se garantir um melhor controle de qualidade, principalmente com relação à armazenagem dos componentes do concreto. Porém, ainda assim, os resultados obtidos mediante o controle tecnológico do concreto aplicado na obra deste estudo de caso, foram satisfatórios e atenderam à resistência especificada na carta traço e aos requisitos especificados em projeto, conforme detalhado no item 3.5.1.

4.3 DA QUALIDADE NO PROCEDIMENTO EXECUTIVO DA CONCRETAGEM

Apesar de todo o controle tecnológico na produção do concreto apresentado no item 3.4.3 deste trabalho, no momento da aceitação das remessas de concreto em obra, mediante a realização do ensaio de abatimento de tronco de cone, cerca de 5% apresentaram *slump* acima daquele definido em projeto. Ou seja, uma média de 1 a cada 20 caminhões de concreto foram rejeitados no momento do recebimento do material em obra. A Figura 48 representa o resultado do ensaio para uma remessa que apresentou abatimento igual a 18 cm e que, portanto, foi rejeitada.

Figura 48 – *Slump test* reprovado

Fonte: Da autora.

Algumas remessas ainda apresentaram *slump* inferior ao especificado em projeto. Nestes casos, foi realizada a complementação de parte da água retida na dosagem, conforme prevê a ABNT NBR 7212:2021, de forma a garantir a trabalhabilidade do concreto apropriada aos processos de lançamento e adensamento. O volume de água adicionado foi anotado na nota fiscal e no respectivo controle de rastreabilidade.

Em grande parte dos eventos de concretagem foram observados problemas quanto ao sistema de bombeamento do concreto e consequente atraso na execução do serviço. Este fato, aliado a atrasos no recebimento do concreto em obra, resultou em eventos de concretagem prolongados.

No evento de concretagem da primeira laje da edificação, tais atrasos, aliados a problemas técnicos na esteira de carregamento da usina, resultaram na interrupção do lançamento do concreto. Como parte desta laje foi executada sobre solo compactado, a concretagem foi paralisada em tal região, sobre vigas, conforme pode-se verificar na Figura 49. Esta situação foi imediatamente comunicada e autorizada pelo responsável técnico pelo projeto estrutural.

Figura 49 – Paralisação da concretagem das lajes



Fonte: Da autora.

Os atrasos apresentados durante o lançamento também resultaram, para algumas remessas, no vencimento do tempo recomendado pela ABNT NBR 7212:2021 para a aplicação do concreto em obra. Apesar de a carta traço considerar um aditivo poli funcional retardador de pega, foi exigido, pela fiscalização do TJMG, que o intervalo de tempo transcorrido entre a saída do caminhão da usina, descrito na nota fiscal, e o final do lançamento da remessa de concreto não ultrapasse o tempo normativo de 2h 30min. Portanto, mediante o vencimento deste, o lançamento foi interrompido para cada remessa de concreto em questão.

Com relação às armações, os principais problemas verificados no procedimento executivo da concretagem foram o deslocamento das armações negativas e o esmagamento dos espaçadores das armações da primeira laje da edificação (Figura 50). Tal situação se deu, principalmente, devido à grande movimentação dos colaboradores durante a armação e concretagem dos elementos.

Figura 50 – Problemas observados nas armações das lajes

(a) Deslocamento das armações negativas



(b) Esmagamento dos espaçadores



Fonte: Da autora.

Mediante tais ocorrências, para os pavimentos superiores, foi necessário reforçar a amarração das barras e melhorar a qualidade dos espaçadores. Dessa forma, foi possível garantir o posicionamento e o cobrimento das armações exatamente conforme previsto em projeto.

4.4 DA QUALIDADE DO ACABAMENTO DOS ELEMENTOS

Com relação ao acabamento das vigas e pilares, os principais problemas observados foram relacionados à qualidade do madeirite empregado nos primeiros eventos de concretagem e à eficácia do travamento das fôrmas. Já com relação ao acabamento das lajes, houve a ocorrência de algumas fissuras de retração.

Conforme mencionado no item 3.4.1, foi utilizado madeirite compensado resinado nas fôrmas dos pilares do subsolo, que corresponderam ao primeiro evento de concretagem da superestrutura da edificação. Devido à má qualidade do material empregado nas fôrmas e do travamento executado, aliado a um possível excesso de vibração, no momento da desforma verificou-se “embarrigamento” em alguns pilares, conforme exemplificado na Figura 51.a. Este problema também foi observado em algumas vigas, principalmente devido ao excesso de vibração, conforme se pode observar na Figura 51.b.

Figura 51 – Embarrigamento dos elementos

(a) Pilar

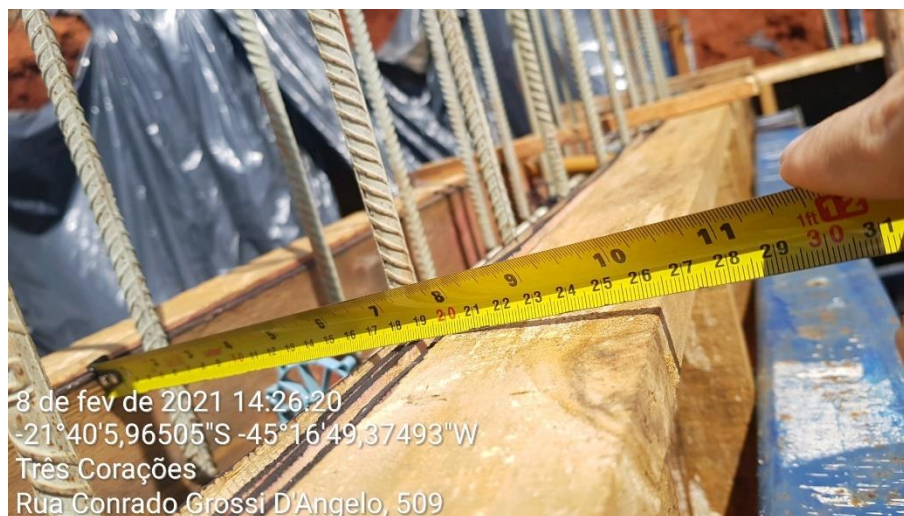
(b) Viga



Fonte: Da autora.

A má qualidade do madeirite, associado a um tempo prolongado de exposição a condições climáticas adversas, também causou o empenamento de algumas fôrmas dos elementos estruturais localizados no subsolo da edificação. A Figura 52 exemplifica o empenamento da fôrma de uma parede de concreto que, em projeto, tem espessura de 20 cm, mas, no momento da conferência de suas dimensões anteriormente à concretagem, apresentou espessura de 17 cm. Neste caso, de forma a garantir a espessura definida em projeto, foi necessário corrigir o travamento das fôrmas do elemento.

Figura 52 – Fôrma da parede de concreto empenada



Fonte: Da autora.

Mediante tais ocorrências, a fiscalização do TJMG solicitou a redução do espaçamento entre as barras de ancoragem, além do uso de madeirite plastificado e do aumento da seção do sarrafo utilizados na execução das fôrmas dos demais pilares da edificação. Com estas melhorias, tais elementos apresentaram perfeito estado após a desfôrma, conforme pode-se observar na Figura 53, que representa a desfôrma dos pilares do 1º pavimento.

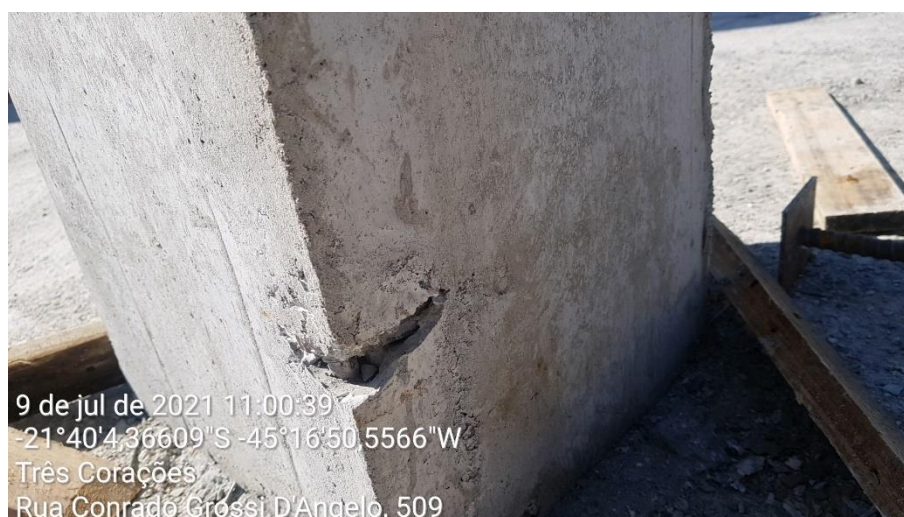
Figura 53 – Desfôrma dos pilares



Fonte: Da autora.

Após a desfôrma, foi realizada a conferência das dimensões finais, esquadro e prumo dos pilares concretados, assim como a verificação da existência de vazios de concretagem e do posicionamento final das armações. Em toda a edificação, não foram observadas vazios de concretagem significativas nos pilares. A Figura 54 representa uma exceção – um pilar que apresentou um vazio de concretagem de aproximadamente 1,5 cm em profundidade na base, mas sem exposição da armadura. Em casos como este, as imperfeições foram corrigidas com argamassa estrutural.

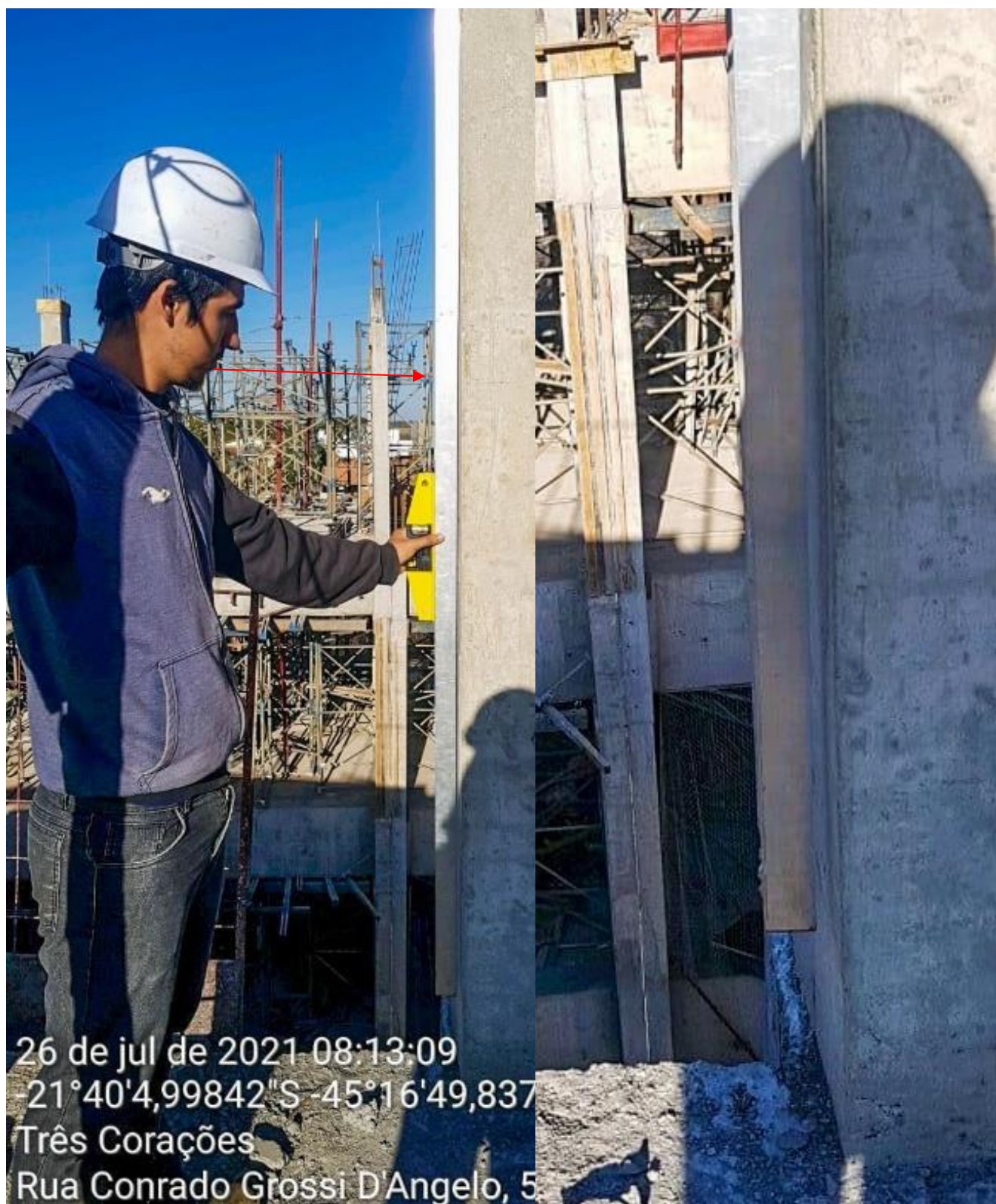
Figura 54 – Pilar com broca



Fonte: Da autora.

Já com relação ao prumo e esquadro dos pilares, dentre os 496 pilares concretados em toda a superestrutura, após a desfôrma, considerando desvios da ordem de 2,0 cm, apenas um pilar ficou fora de prumo, dois pilares, fora de esquadro, e dois pilares apresentaram torção nas armações. Dessa forma, 99% dos pilares concretados asseguraram seu perfeito estado após a desfôrma. As Figuras 55 e 56 representam pilares fora de esquadro e prumo, respectivamente. Os cinco pilares que apresentaram os problemas citados foram demolidos até o arranque e, posteriormente, concretados novamente.

Figura 55 – Pilar fora de prumo



Fonte: Da autora.

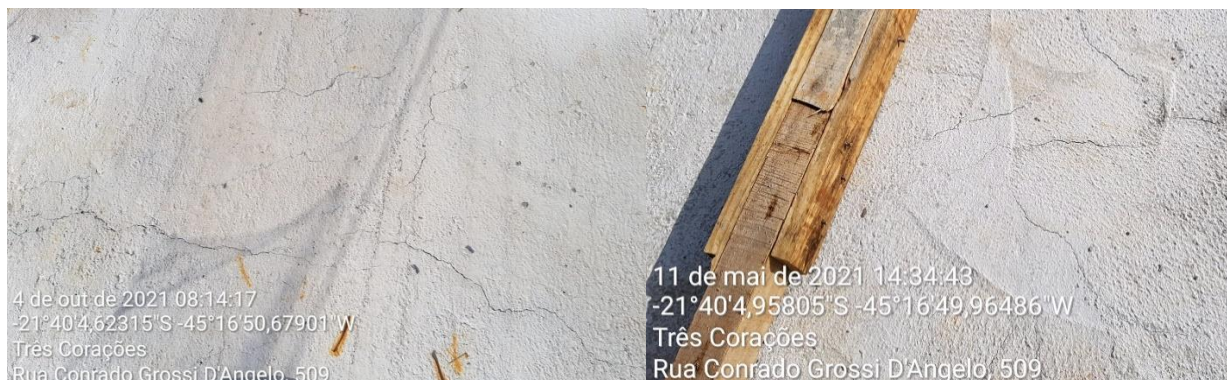
Figura 56 – Pilares fora de esquadro



Fonte: Da autora.

Todas as lajes concretadas, apesar da constante irrigação durante sete dias, apresentaram fissuras de retração em diversas áreas na ordem de 0,5 cm, conforme representado na Figura 57. As lajes onde tal patologia foi mais evidente foram aquelas nas quais o processo de cura úmida foi iniciado tardiamente, no dia seguinte ao evento de concretagem, ou devido a falhas do sistema de irrigação, em consequência da limitação dos aspersores instalados.

Figura 57 – Fissuras nas lajes



Fonte: Da autora.

No momento da desfôrma das lajes do 2º pavimento, foram observadas brocas significativas na região de um capitel (Figura 58). A ocorrência de tal patologia é justificada pela alta taxa de armação dos capiteis, que dificultam o preenchimento de todos os vazios pelo concreto e necessitam de uma vibração mais enérgica. Para correção desta patologia, as brocas foram preenchidas com argamassa estrutural.

Figura 58 – Brocas no capitel



Fonte: Da autora.

Com o aprimoramento do processo de adensamento, não foram verificadas outras brocas significativas nas demais lajes e vigas. Além disso, com exceção da fissuração, a qualidade do desempenho e acabamento final das lajes foi satisfatória (Figura 59). O nivelamento dos elementos foi realizado adequadamente, e as lajes não apresentaram flechas.

Figura 59 – Acabamento das lajes



Fonte: Da autora.

Na Figura 60 pode-se verificar o resultado de toda a superestrutura da edificação. Em dez meses de obra, foram executados os quatro pavimentos, além das lajes do pavimento técnico.

Figura 60 – Superestrutura executada



Fonte: Da autora.

Os incidentes abordados neste estudo de caso são rotineiros na execução de estruturas em concreto armado e não comprometeram a capacidade estrutural da

edificação. Porém, nas etapas referentes ao fechamento dos ambientes e acabamento, independente do sistema construtivo adotado, problemas quanto ao prumo, esquadro e embarrigamento dos elementos interferem diretamente na execução dos serviços. Na obra estudada, foram observadas interferências principalmente no levantamento e acabamento das alvenarias do subsolo.

Sabe-se que as alvenarias externas devem ser executadas de acordo com o alinhamento e prumo global da edificação para garantir o perfeito nivelamento das fachadas, e o reboco deve acompanhar o nivelamento dos pilares e vigas. Foram observados desvios globais, do subsolo até o último pavimento, referentes ao prumo e acabamento dos elementos na ordem de 2,50 cm e, portanto, a marcação das alvenarias externas foi executada de forma a acompanhar tais desvios. Além disso, como o acabamento dos pilares e vigas do subsolo foram os mais deficitários da edificação, a espessura final do reboco nos ambientes dessa região foi da ordem de 3 a 6 cm, em contraste com uma espessura média de 2,50 cm nas alvenarias dos demais pavimentos.

Como a maior parte dos problemas verificados no procedimento executivo das estruturas de concreto armado ocorreu durante a execução dos pilares do subsolo e das lajes do primeiro pavimento, foi possível, por meio deles, aprimorar o procedimento executivo dos elementos subsequentes. Portanto, o acabamento das lajes, vigas e pilares de toda a superestrutura da edificação foi satisfatório e atendeu a todos os requisitos exigidos em projeto e na especificação técnica da obra.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

5.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os procedimentos adotados na execução e no controle de qualidade das estruturas de concreto da edificação abordada neste estudo de caso atenderam rigorosamente às normas em vigência e, como consequência, a qualidade da estrutura foi satisfatória. O sistema de controle adotado – a rigorosa definição das cartas traço, a contratação de laboratório especializado para a execução do controle tecnológico de concreto, a elaboração de planos de concretagem bem definidos, os critérios de verificação e aprovação de cada serviço, o rigor no recebimento e aceitação do concreto em obra, a rastreabilidade do lançamento do concreto, assim como os cuidados referentes ao adensamento, acabamento, cura e posterior desfôrma e liberação do escoramento – são um modelo que necessita ser implementado em obras de pequeno, médio e grande porte, a fim de garantir a qualidade da estrutura segundo critérios técnicos normativos e de projeto.

Mesmo com esta sistemática rotina de controle de qualidade, pôde-se observar certos problemas relacionados principalmente à má qualidade das fôrmas, ao excesso de vibração, aos atrasos no lançamento do concreto e à qualidade do acabamento dos elementos. Apesar destas ocorrências não comprometerem a capacidade estrutural e a durabilidade da edificação, tais fatos evidenciam a importância do estabelecimento de um controle de qualidade consistente tanto das propriedades e características técnicas do concreto, assim como da forma em que este é aplicado nas obras.

Além disso, o acompanhamento sistemático dos serviços possibilitou correções de eventuais inconsistências de planejamento e execução, como os erros observados na montagem das armações e os problemas verificados quanto à qualidade das fôrmas. Estas situações, se não corrigidas, poderiam gerar elementos com comportamento estrutural distinto daquele previsto em projeto. O procedimento executivo da concretagem também foi aprimorado no decorrer da obra, garantindo melhorias no processo de lançamento, adensamento e acabamento e, consequentemente, na qualidade final da estrutura. Por fim, a eficácia na elaboração do plano e na preparação do serviço de concretagem também foi de extrema

importância para se garantir a continuidade do serviço, um melhor acabamento aos elementos e um reduzido volume de perdas de concreto.

Obras sem um rigoroso controle de qualidade podem apresentar situações que, em casos extremos, podem causar o rompimento do elemento estrutural. Alguns exemplos são a montagem equivocada das armações e corrosão devido ao cobrimento inadequado; nichos no concreto devido à falta de vibração ou ao lançamento de concreto com prazo de validade vencido; prumo, alinhamento e esquadro deficiente dos elementos, devido à movimentação das fôrmas; alta taxa de fissuração devido à cura deficitária; resistência inadequada do concreto devido ao acréscimo indevido de água; além de flechas nas vigas e lajes devido à retirada precoce dos escoramentos.

É importante ressaltar também a importância da realização do ensaio de abatimento de tronco de cone no momento do recebimento do material em obra, já que, mesmo com todo o controle aplicado na usina, ainda foram entregues alguns poucos de lotes de concreto que divergiram quanto aos limites do abatimento previsto. O controle rigoroso da água retida no traço também é essencial para a manutenção do concreto em obra e garantia do fator água/cimento e consequente resistência à compressão especificada.

Vale ressaltar que, neste estudo de caso, como todas as amostras ensaiadas atingiram aos requisitos de projeto, a rastreabilidade do lançamento do concreto não foi necessária no quesito de reforço estrutural. Porém, a rastreabilidade das amostras é de extrema importância quando os resultados de controle tecnológico são insatisfatórios. Além disso, o acompanhamento destes resultados também é válido para se garantir o rápido avanço da obra, que depende essencialmente do conhecimento da capacidade estrutural do concreto no tempo. Nestes processos, a contratação de laboratórios especializados é essencial para a garantia de qualidade do serviço.

Mediante estas considerações, é notável a grande importância do controle adequado de todas as etapas envolvidas com a qualidade do concreto, que se inicia por meio do controle de qualidade na produção do material na usina, seguido do controle de qualidade dos procedimentos executivos antecedentes e concomitantes à concretagem e, posteriormente, pela validação dos requisitos técnicos definidos em projeto por meio dos laudos e resultados dos ensaios. Estes resultados, porém,

só serão efetivos na estrutura se for executado um controle adequado em todos os processos. Portanto, para se garantir a qualidade das estruturas de concreto em obras de qualquer porte, é imprescindível o estabelecimento de uma rotina de controle quanto aos procedimentos executivos referentes ao serviço de concretagem.

5.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Inúmeros trabalhos poderão ser desenvolvidos de forma a se aprofundar na análise referente à importância do controle tecnológico de concreto e da qualidade do procedimento executivo da concretagem. Desta forma, propõem-se, neste item, as seguintes sugestões para trabalhos futuros:

- Realizar uma pesquisa de campo em obras prediais unifamiliares e de múltiplos pavimentos de modo a verificar a qualidade do procedimento executivo da concretagem, assim como do controle tecnológico do concreto;
- Realizar o levantamento de possíveis manifestações patológicas em obras prediais unifamiliares e de múltiplos pavimentos finalizadas, nas quais foi aplicado ou negligenciado o controle de qualidade do concreto e dos serviços referentes à concretagem, e avaliar comparativamente a eficácia dos serviços executados;
- Avaliar o comportamento de estruturas em concreto por meio da análise dinâmica, em detrimento da relação existente entre a resistência à compressão, módulo de elasticidade estático e módulo de elasticidade dinâmico.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Seminário Desafios do Projeto, Produção e Aplicação do Concreto São Paulo**. Outubro, 2015.

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

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12655: Concreto de cimento Portland: Preparo, controle e recebimento**. 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 7212: Execução de concreto dosado em central – Procedimento**. Rio de Janeiro, 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8522: Concreto Endurecido – Determinação dos módulos estáticos de elasticidade e de deformação**. Rio de Janeiro, 2021.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15696: Fôrmas e escoramentos para estruturas de concreto – Projeto, dimensionamento e procedimentos executivos**. Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16889: Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone**. Rio de Janeiro, 2020.

BARBOZA, L.; GONÇALVES, E.; SANTOS, T.; SARTORTI, A.. Influência do tempo máximo de mistura e transporte especificado pela ABNT NBR 7212:2021 na resistência a compressão de concretos usinados. **Revista de Engenharia Civil IMED**. Passo Fundo, vol. 4, n. 2, p. 20-33, Jul.-Dez. 2017.

BEZERRA, A.; SILVA, F.; SOARES, M.; AGUILAR, M.. Relações do módulo de elasticidade dinâmico, estático e resistência à compressão do concreto. **Anais do 51º Congresso Brasileiro do Concreto**, IBRACON. Minas Gerais, Outubro, 2009.

BORIN, L.A.; BAUER, R.J. F.; FIGUEIREDO, A.D.. Risco de rejeição de concretos devido a não conformidade com os parâmetros normalizados para o módulo de elasticidade. **Construindo**, Belo Horizonte, v. 4, No. 2, Jul/Dez. 2012, pp. 79-89.

CARROMEU, C.; OLIVEIRA, K.; HELENE, P.; HERVÉ NETO, E.; BILESKY, P.; PACHECO, J.. A importância da acreditação laboratorial e da certificação de mão de obra no controle de aceitação do concreto. **Anais do 54º Congresso Brasileiro do Concreto**, IBRACON. Maceió, Maceió, Outubro, 2012.

GHADBAN, A.. **Effect of vibration on freeze-thaw resistance of concrete**. Thesis (Doctor of Philosophy), Department of Civil Engineering, Kansas State University, Manhattan, 2016.

GONÇALVES, D.. **Planejamento da execução de estruturas em concreto armado para edifícios: estudo de caso em obra com restrições e limitações operacionais**. Monografia (Obtenção do título de Especialista em Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

GONÇALVES, E.. **Estudo de patologias e suas causas nas estruturas de concreto armado de obras de edificações**. Monografia (Curso de Engenharia Civil), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

HELENE, P., ANDRADE, T. **Concreto de Cimento Portland**. Cap. 29. In: ISAIA, G. C. (Ed.). **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais**. São Paulo, Instituto Brasileiro do Concreto IBRACON, 2010.

HELENE, P., TERZIAN, P.. **Manual de Dosagem e Controle do Concreto**. Editora PINI. São Paulo, 1993.

HELENE, P. **Manual para reparo, reforço e proteção de estruturas de concreto**. Editora PINI. São Paulo, 1992.

LIMA, K.; VIOLIN, R.; VAROTO, R.; BERTACCHINI, G.. A qualidade do concreto dosado em central. **XI Encontro Internacional de Produção Científica**. Paraná, Outubro, 2019. Disponível em: <http://rdu.unicesumar.edu.br/handle/123456789/3491>.

MARCELLI, M. **Sinistros na construção civil: causas e soluções para danos e prejuízos em obras**. Editora PINI. São Paulo, 2007.

MEHTA, P.K.; MONTEIRO, P.J.M. **Concreto: Estrutura, Propriedades e Materiais**. Ed. PINI, São Paulo, 1994.

NEHDI, M.; AL-MARTINI, S.. Coupled effects of high temperature, prolonged mixing time, and chemical admixtures on rheology of fresh concrete. **ACI Materials Journal**. Western Ontario, Canada. May, 2009.

MELO NETO, A., HELENE, P.. Módulo de Elasticidade: Dosagem e Avaliação de Modelos de Previsão do Módulo de Elasticidade de Concretos. **Anais do 44º Congresso Brasileiro**, IBRACON. São Paulo, 2002.

NEVILLE. A. M.. **Propriedades do concreto**. 5. Ed. Porto Alegre: Bookman, 2016.

OBATA, S. Organização básica do serviço de concretagem. **Exacta**, São Paulo, v. 5, n.1, p. 185-192, jan/jun. 2007.

PACHECO, J., BILESKY, P., MORAIS, T. Considerações sobre o Módulo de Elasticidade do Concreto. In: **Anais do 56º Brasileiro do Concreto**, IBRACON. Natal, 2014.

RIBEIRO JÚNIOR, E. Propriedades dos materiais constituintes do concreto. **Revista Especialize online**. MBA Gerenciamento de obras, tecnologia & qualidade da construção, Instituto de Pós-Graduação – IPOG. Goiânia, 2015.

SAHAFNIA, Mahdi. **Concrete structures durability and repair**. Thesis (Master of Science), Kansas State University, Manhattan, 2018.

SIDDIQUI, M. **Effect of temperature and curing on the early hydration of cementitious materials**. Thesis (Master of Science), Kansas State University, Manhattan, 2010.

TACKETT, P. **Evaluation of concrete strength and permeability with time**. Thesis (Master of Science), Kansas State University, Manhattan, 2013.

TAKATA L.. **Aspectos executivos e a qualidade de estruturas em concreto armado: Estudo de caso**. Dissertação (Programa de Pós Graduação em Construção Civil), Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2009.

TRIBUNAL DE JUSTIÇA DE MINAS GERAIS. **Especificação Técnica: Padrão P9 – Parte A**. TJMG, 2019. Disponível em: <http://www8.tjmg.gov.br/licitacoes/consulta/consultaLicitacao.jsf?anoLicitacao=2020&numeroLicitacao=93>. Acesso em: 17 set. 2021.

TRIBUNAL DE JUSTIÇA DE MINAS GERAIS. **Projetos Técnicos Comarca Três Corações – Estrutural**. TJMG, 2019. Disponível em:

<<http://www8.tjmg.gov.br/licitacoes/consulta/consultaLicitacao.jsf?anoLicitacao=2020&numeroLicitacao=93>>. Acesso em: 17 set. 2021.

VOSAHLIK, J.. **Pumping of concrete mixtures: rheology, lubrication layer properties and pumping pressure assessment**. Thesis (Doctor of Philosophy), Kansas State University, Manhattan, 2018.

ANEXO A – PLANILHA DE CONTROLE DE CONCRETO

Nas páginas 101 a 121, mediante planilha de controle empregada na obra deste estudo de caso, estão referenciados os resultados para todas as remessas de concreto ensaiadas, assim como sua respectiva rastreabilidade.

CONTROLE DOS RESULTADOS DO ENSAIO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO E MÓDULO DE DEFORMAÇÃO - TRÊS CORAÇÕES - MESO / SUPER

DATA DA MOLDAGEM DOS CPS	Nº DA NOTA FISCAL	Nº CAMINHÃO	FORNECEDOR	VOLUME M³	FCK	SLUMP TEST	LOCAL APLICADO	RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO - MPa				MÓDULO DE DEFORMAÇÃO GPa	
								7 DIAS	14 DIAS	21 DIAS	28 DIAS	E _{cl}	E _{cs}
21/12/2020	1593	1	12 Mix	8,00	30,00	13	Metade da Parede 7, Parede 8, Parede 9 e fustes F86, F87, F88 (El. -3,80 a +0,05)	21,14	-	-	33,92	-	-
								20,73	-	-	32,53	-	-
	1594	2	12 Mix	8,00	30,00	14.5	Metade da Parede 7, Parede 5, Parede 6 e fustes F84, F85, pilares P6-P8, P14, P20, P23, P24 e metade do pilar P25 (El. -3,80 a +0,05)	22,05	-	32,63	33,96	-	-
								21,89	27,39	32,29	33,67	-	-
	1596	3	12 Mix	5,00	30,00	15	Pilares P9, P10, P11, metade do pilar P25, P26, P27, PF2, PF4, P37, P38 e PE2 (El. -3,80 a +0,05)	20,80	-	-	33,35	-	-
								18,72	-	-	31,27	-	-
20/01/2021	1706	1	12 Mix	8,00	30,00	13,5	Pilares P1-P5, PT1, P15, P16, P30, P31, P42 da superestrutura e fustes FT1, F35, metade F34 (El. -3,80 a +0,05)	20,52	-	-	33,87	-	-
								19,85	-	-	32,99	-	-
	1709	2	12 Mix	8,00	30,00	12	Pilares P13, P14, P17-P19, P21, P22, P32, PF1, PF3, PE1 e Vigas V19b, metade V24(a), V55(b), V55(c), metade do fuste F34, e nível final (h = 12 cm) dos fustes FT3, FT6, FT4, FT8 (El. -3,80 a +0,05)	-	26,06	-	-	-	-
								-	25,43	-	-	-	-
	1711	3	12 Mix	8,00	30,00	13	Pilares PT2, P8, P12, F75, F76, FT9, F56, F69, INÍCIO E2 (El. -3,80 a +0,05), e vigas V19a, V54, V28, V30, metade V24(a), V24(b), V56 da El.+0,05	-	27,58	-	-	-	-
								-	24,75	-	-	-	-
	1712	4	12 Mix	8,00	30,00	14	Elevador E2, cinta CT5 e fustes F72, F73 (El. -3,80 a +0,05)	-	26,29	-	-	-	-
								-	25,46	-	-	-	-
	1715	5	12 Mix	3,50	30,00	12	Fustes FT7, F58, F70, F71, F74 (El. -3,80 a +0,05)	-	25,46	-	-	-	-
								-	25,19	-	-	-	-
								-	27,68	-	-	-	-
								-	26,89	-	-	-	-
09/02/2021	1842	1	12 Mix	6,00	30,00	14,00	Paredes 1-4 da mesoestrutura e Pilares P29, P41, P45, P49 (El. -3,80 a +0,05)	-	-	34,90	37,00	-	-
								-	-	33,00	36,40	-	-
	1843	2	12 Mix	6,00	30,00	13,00	Paredes 1-4 e 10 da mesoestrutura, e Pilares P50, P46, P29, P41, P45, P49 (El. -3,80 a +0,05)	-	-	42,20	43,20	-	-
								-	-	39,60	42,70	-	-
	1845	3	12 Mix	8,00	30,00	16,00	Paredes 4 e 10 da mesoestrutura. pilares P50, P46 (El. -3,80 a +0,05) e vigas V1, V54(g), V56(f), V56(g), V4, V6 da El.+0,05 (MAPA DE CONCRETAGEM 00.C.LV)	-	-	32,40	33,50	-	-
								-	-	28,20	33,00	-	-
	1846	4	12 Mix	8,00	30,00	13,50	Vigas V54(d-f), V6, V11, FT1, V55d, V56(d-e) e lajes L1 da El.+0,05 (MAPA DE CONCRETAGEM 00.C.LV)	-	-	36,20	38,60	31,00	29,40
								-	-	35,50	36,20		
	1847	5	12 Mix	8,00	30,00	13,00	Lajes L1, L12, L19 da El.+0,05 (MAPA DE CONCRETAGEM 00.C.LV)	-	-	32,80	34,30	-	-
								-	-	29,50	34,20	-	-
	1848	6	12 Mix	8,00	30,00	11,00	Lajes L19, L32, L33, L43, L44 e vigas V19(a,b) da El.+0,05 (MAPA DE CONCRETAGEM 00.C.LV)	-	-	30,80	32,20	-	-
								-	-	28,70	32,00	-	-

CONTROLE DOS RESULTADOS DO ENSAIO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO E MÓDULO DE DEFORMAÇÃO - TRÊS CORAÇÕES - MESO / SUPER

DATA DA MOLDAGEM DOS CPS	Nº DA NOTA FISCAL	Nº CAMINHÃO	FORNECEDOR	VOLUME M³	FCK	SLUMP TEST	LOCAL APLICADO	RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO - MPa				MÓDULO DE DEFORMAÇÃO GPa	
								7 DIAS	14 DIAS	21 DIAS	28 DIAS	E _{cl}	E _{cs}
25/02/2021	1849	7	12 Mix	8,00	30,00	12,50	Lajes L33, L43, L44, e vigas V19b, V24a-b da El.+0,05 (MAPA DE CONCRETAGEM 00.C.LV)	-	-	32,70	34,70	-	-
								-	-	31,40	33,30	-	-
	1852	8	12 Mix	8,00	30,00	13,00	Lajes L43, L56, L76, L70, L77, vigas V54a-c, V28, V30, V55a-b, V56a-b da El.+0,05 (MAPA DE CONCRETAGEM 00.C.LV)	-	-	34,10	36,50	31,00	29,6
								-	-	30,30	35,50		
25/02/2021	1919	1	12 Mix	8,00	30,00	14,00	Elevador E2 (El. -3,80 a +0,05)	-	-	29,10	30,40	-	-
								-	-	28,60	30,10	-	-
01/03/2021	1943	1	12 Mix	8,00	30,00	14,00	Vigas V3(e), V71, V9, V7(e), V12 (c, d), V72(e), V74 da da El.+0,05 (MAPA DE CONCRETAGEM 00.D.LV)	-	-	29,10	32,40	-	-
								-	-	27,30	31,70	-	-
	1944	2	12 Mix	8,00	30,00	14,00	Vigas V15(a), V12(c), V65, V62, V7(b,c,d), V3(d) e lajes L11 e L10 da da El.+0,05 (MAPA DE CONCRETAGEM 00.D.LV)	-	-	31,90	35,00	-	-
								-	-	28,70	34,30	-	-
	1945	3	12 Mix	8,00	30,00	14,00	Lajes L9, L10, L11, L23, L24, L25 e viga V3(b,c) da da El.+0,05 (MAPA DE CONCRETAGEM 00.D.LV)	-	-	32,50	34,20	-	-
								-	-	30,10	33,70	-	-
	1946	4	12 Mix	8,00	30,00	14,00	Vigas V3(a,b), V7(a,b), V12(a,b), V57(e,f), V59, V62 da da El.+0,05 (MAPA DE CONCRETAGEM 00.D.LV)	-	-	32,60	35,10	30,90	30,30
								-	-	30,10	33,80		
	1947	5	12 Mix	8,00	30,00	14,00	Lajes L7, L8, L9, L10, L11 e viga V1 da da El.+0,05 (MAPA DE CONCRETAGEM 00.D.LV)	-	-	26,30	33,00	-	-
								-	-	25,20	31,90	-	-
	1948	6	12 Mix	8,00	30,00	14,00	Lajes L7, L8, L9, L20, L21, L22 e viga V7(a) da da El.+0,05 (MAPA DE CONCRETAGEM 00.D.LV)	-	-	33,20	34,10	-	-
								-	-	30,00	33,60	-	-
	1949	7	12 Mix	8,00	30,00	14,00	Vigas V1, V75, V76, V77, V16, V23(d,e) V72 (a,b,c,d), e laje L39 da da El.+0,05 (MAPA DE CONCRETAGEM 00.D.LV)	-	-	35,30	40,90	-	-
								-	-	33,80	38,90	-	-
	1950	8	12 Mix	8,00	30,00	14,00	Laje L39 da da El.+0,05 (MAPA DE CONCRETAGEM 00.D.LV)	-	-	34,60	36,60	30,80	31,40
								-	-	33,60	36,30		
	1951	9	12 Mix	8,00	30,00	14,00	Lajes L39 e L64 e vigas V26, V72(a), V64, V68, V70(b), V73(b, c), V23(c,d), V29(d,e) da da El.+0,05 (MAPA DE CONCRETAGEM 00.D.LV)	-	-	29,40	36,80	-	-
								-	-	27,80	35,10	-	-
	1953	10	12 Mix	8,00	30,00	12,00	Vigas V29(c), V63, V66 e lajes L20, L21 L22, L23, L34, L35 da da El.+0,05 (MAPA DE CONCRETAGEM 00.D.LV)	-	-	31,50	36,40	-	-
								-	-	28,20	34,80	-	-
	1954	11	12 Mix	8,00	30,00	9,00	Vigas V67, V69, V15(b), V18(b), nível superior elevador E2 (El.+0,05), L36, L37, L47 da El.+0,05 (MAPA DE CONCRETAGEM 00.D.LV)	-	-	28,90	32,50	-	-
								-	-	25,10	31,90	-	-
	1955	12	12 Mix	8,00	30,00	14,00	Lajes L61, L62, L63, L64, L47, L38, nível superior elevador E2 (El.+0,05), V18(a), V21c da da El.+0,05 (MAPA DE CONCRETAGEM 00.D.LV)	-	-	41,40	42,80	31,00	30,40
								-	-	37,20	41,50		

CONTROLE DOS RESULTADOS DO ENSAIO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO E MÓDULO DE DEFORMAÇÃO - TRÊS CORAÇÕES - MESO / SUPER

DATA DA MOLDAGEM DOS CPS	Nº DA NOTA FISCAL	Nº CAMINHÃO	FORNECEDOR	VOLUME M³	FCK	SLUMP TEST	LOCAL APLICADO	RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO - MPa				MÓDULO DE DEFORMAÇÃO GPa	
								7 DIAS	14 DIAS	21 DIAS	28 DIAS	E _{cl}	E _{cs}
	1956	13	12 Mix	8,00	30,00	12,00	Vigas V60, V21(a,b), V57(c,d) e lajes L34 e L35 da da EL.+0,05 (MAPA DE CONCRETAGEM 00.D.LV)	-	-	35,10	38,10	-	-
								-	-	31,80	35,60	-	-
	1957	14	12 Mix	8,00	30,00	14,00	Vigas V29(c), V61(b), V23(b), V57(c) e lajes L34, L35, L45, L46 da da EL.+0,05 (MAPA DE CONCRETAGEM 00.D.LV)	-	-	31,20	35,10	-	-
								-	-	27,80	33,90	-	-
	1958	15	12 Mix	8,00	30,00	15,00	Lajes L45, L46, L57, L58, L59, L60 e vigas V23(a), V29(a,b), V57(b), V58(b) da da EL.+0,05 (MAPA DE CONCRETAGEM 00.D.LV)	-	-	31,70	35,20	-	-
								-	-	30,50	34,20	-	-
	1959	16	12 Mix	8,00	30,00	10,50	Lajes L57, L75, LP10 e vigas V73(a,b), V70(a), V32(c) da da EL.+0,05 (MAPA DE CONCRETAGEM 00.D.LV), nível superior Parede 9 da meso estrutura	-	-	36,70	38,50	30,80	30,70
								-	-	35,80	38,10		
	1960	17	12 Mix	8,00	30,00	14,00	Lajes L74, L75, LP9, LP8 e vigas V70(a), V64(a), V32(c,d) da da EL.+0,05 (MAPA DE CONCRETAGEM 00.D.LV), nível superior das Paredes 7 e 8 da mesoestrutura	-	-	30,00	34,70	-	-
								-	-	27,50	32,80	-	-
	1962	18	12 Mix	8,00	30,00	12,00	Lajes LP7, L72, L73 e vigas V32(b), V61(a) da da EL.+0,05 (MAPA DE CONCRETAGEM 00.D.LV), nível superior da Parede 6 da mesoestrutura	-	-	34,10	39,10	-	-
								-	-	30,30	37,20	-	-
	1963	19	12 Mix	8,00	30,00	10,00	Lajes LP6, L71, L72 e vigas V58(a), V57(a), V32(a) da da EL.+0,05 (MAPA DE CONCRETAGEM 00.D.LV), nível superior da Parede 5 da mesoestrutura	-	-	35,30	36,00	-	-
								-	-	32,50	35,40	-	-
	1964	20	12 Mix	2,00	30,00	14,50	Lajes L71 da da EL.+0,05 (MAPA DE CONCRETAGEM 00.D.LV)	-	-	31,80	36,90	-	-
								-	-	28,7	35,50	-	-
15/03/2021	2019	1	12 Mix	5,00	30,00	13,00	Pilares P8-P12, PT2, P14, P22, P24, P25, P35, P37 da superestrutura (EL.+0,05 a +3,90)	-	-	23,80	31,00	-	-
								-	-	22,1	30,40	-	-
	2022	2	12 Mix	5,00	30,00	14,00	Pilares P26-P28, P37-P40, P43, P44, P47, P48, P59, P60, P73 da superestrutura (EL.+0,05 a +3,90)	-	-	23,50	30,60	-	-
								-	-	23,10	30,20	-	-
	2024	3	12 Mix	5,00	30,00	14,00	Elevador E2, pilares P58, P72, P73 da superestrutura (EL.+0,05 a +3,90)	-	-	24,80	31,10	-	-
								-	-	21,80	31,00	-	-
	2025	4	12 Mix	5,00	30,00	14,00	Pilares PE2, P55, P57, P68, P70, P71, P74, P84-P88 da superestrutura (EL.+0,05 a +3,90)	-	-	23,60	31,10	-	-
								-	-	22,70	30,90	-	-
	2028	5	12 Mix	5,00	30,00	14,00	Pilares PT1, P13, P21, P34, P54, P67, P75, P76, P83 da superestrutura (EL.+0,05 a +3,90)	-	-	24,80	32,10	-	-
								-	-	24,70	31,10	-	-
	2073	1	12 Mix	8	30	13	Vigas V37, V8, V5(a), V38(c), V40(b), V2(a,b), laje L13 da EL.+0,05 (MAPA DE CONCRETAGEM 00.E.LV)	-	-	39,20	41,40	-	-
								-	-	33,10	40,60	-	-
	2074	2	12 Mix	8	30	16	Vigas V46, V40(a), V10(a-c), V2(d), V5(b,c), V52 e laje L5 da EL.+0,05 (MAPA DE CONCRETAGEM 00.E.LV)	-	-	38,10	42,90	-	-
								-	-	35,10	40,40	-	-

CONTROLE DOS RESULTADOS DO ENSAIO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO E MÓDULO DE DEFORMAÇÃO - TRÊS CORAÇÕES - MESO / SUPER

DATA DA MOLDAGEM DOS CPS	Nº DA NOTA FISCAL	Nº CAMINHÃO	FORNECEDOR	VOLUME M³	FCK	SLUMP TEST	LOCAL APLICADO	RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO - MPa				MÓDULO DE DEFORMAÇÃO GPa	
								7 DIAS	14 DIAS	21 DIAS	28 DIAS	E _{cl}	E _{cs}
23/03/2021	2075	3	12 Mix	8	30	13	Vigas V2(c,d), V5(d), V49(b) e lajes L2, L3, L4, L5 da El.+0,05 (MAPA DE CONCRETAGEM 00.E.LV)	-	-	31,20	33,70	-	-
								-	-	30,70	31,90	-	-
	2076	4	12 Mix	8	30	13	Vigas V2(e), V5(d), V52, V53(f) e lajes L2, L3, L6 da El.+0,05 (MAPA DE CONCRETAGEM 00.E.LV)	-	-	33,10	36,20	32,50	31,00
								-	-	29,20	34,50		
	2077	5	12 Mix	8	30	12	Lajes L2-L6, L13-L15 da El.+0,05 (MAPA DE CONCRETAGEM 00.E.LV)	-	-	33,20	39,40	-	-
								-	-	32,50	37,50	-	-
	2078	6	12 Mix	8	30	12	Vigas V49a, V14, V10(c,d), V52(a) e lajes L4,-L6, L16, L17 da El.+0,05 (MAPA DE CONCRETAGEM 00.E.LV)	-	-	37,40	40,10	-	-
								-	-	35,00	38,20	-	-
	2080	7	12 Mix	8	30	16	Vigas V10(d), V53(e), V34, V13, V38(d) e lajes L6, L18, L26 da El.+0,05 (MAPA DE CONCRETAGEM 00.E.LV)	-	-	35,60	38,60	-	-
								-	-	31,20	37,20	-	-
	2081	8	12 Mix	8	30	16	Vigas V38(c), V20(a), V17(a), V41, V42, V45 e lajes L26-L28 da El.+0,05 (MAPA DE CONCRETAGEM 00.E.LV)	-	-	35,10	37,30	32,00	30,70
								-	-	34,90	36,70		
	2082	9	12 Mix	6	30	14	Vigas V33, V35, V22a e laje L26 da El.+0,05 (MAPA DE CONCRETAGEM 00.E.LV)	-	-	32,90	34,00	-	-
								-	-	30,50	33,50	-	-
	2084	10	12 Mix	8	30	12	Vigas V22(a), V38(b), V47(c), V50(b) e lajes L26, L30 e L31 da El.+0,05 (MAPA DE CONCRETAGEM 00.E.LV)	-	-	29,90	36,70	-	-
								-	-	29,20	36,00	-	-
	2085	11	12 Mix	8	30	16	Vigas V17(b), V20(b-c), V47(b), V50(b), V53(d) e lajes L29-L31 da El.+0,05 (MAPA DE CONCRETAGEM 00.E.LV)	-	-	29,10	36,00	-	-
								-	-	29,50	35,20	-	-
	2087	12	12 Mix	6	30	13	Vigas V20(c-d), V50(b), V53(c-d) e lajes L30, L31 da El.+0,05 (MAPA DE CONCRETAGEM 00.E.LV)	-	-	28,90	34,80	32,10	29,80
								-	-	26,90	33,80		
	2088	13	12 Mix	8	30	11,5	Vigas V22(b), V47(b), V50(a) e lajes L40-L42 da El.+0,05 (MAPA DE CONCRETAGEM 00.E.LV)	-	-	35,00	37,00	-	-
								-	-	31,90	36,30	-	-
	2090	14	12 Mix	7	30	16	Vigas V36(c), V25, V38(a), V50(a) e lajes L41, L42, L48, L65, LP1 da El.+0,05 (MAPA DE CONCRETAGEM 00.E.LV)	-	-	34,10	36,10	-	-
								-	-	31,90	35,10	-	-
	2089	15	12 Mix	7	30	14	Viga V39(b) e lajes L49-L52, L65, LP1 da El.+0,05 (MAPA DE CONCRETAGEM 00.E.LV)	-	-	35,90	41,40	32,20	31,70
								-	-	30,30	40,40		
24/03/2021	2091	1	12 Mix	8	30	15	Pilares P7, P23, P36, P56, P69 e lajes LP2, L66 da El.+0,05 (MAPA DE CONCRETAGEM 00.E.LV)	-	-	32,30	34,80	-	-
								-	-	32,50	33,30	-	-
	2092	2	12 Mix	8	30	10	Lajes L53, L66, L67, LP3 da El.+0,05 (MAPA DE CONCRETAGEM 00.E.LV)	-	-	35,60	37,10	-	-
								-	-	34,50	36,00	-	-

CONTROLE DOS RESULTADOS DO ENSAIO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO E MÓDULO DE DEFORMAÇÃO - TRÊS CORAÇÕES - MESO / SUPER

DATA DA MOLDAGEM DOS CPS	Nº DA NOTA FISCAL	Nº CAMINHÃO	FORNECEDOR	VOLUME M³	FCK	SLUMP TEST	LOCAL APLICADO	RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO - MPa				MÓDULO DE DEFORMAÇÃO GPa	
								7 DIAS	14 DIAS	21 DIAS	28 DIAS	E _{cl}	E _{cs}
27/03/2021	2093	3	12 Mix	8	30	16	Lajes L54, L67, L68, LP4 da El.+0,05 (MAPA DE CONCRETAGEM 00.E.LV)	-	-	39,40	40,50	-	-
								-	-	36,80	40,00	-	-
	2094	4	12 Mix	8,5	30	15	Lajes L55, L68, L69, LP5 da El.+0,05 (MAPA DE CONCRETAGEM 00.E.LV)	-	-	39,30	39,40	-	-
								-	-	38,20	38,90	-	-
01/04/2021	2140	1	12 Mix	8	30	15	Lajes L103 e L104 e viga V104 da El.+3,90 (MAPA DE CONCRETAGEM 01.C.LV)	-	-	33,40	42,70	-	-
								-	-	32,10	38,80	-	-
	2141	2	12 Mix	8	30	14	Lajes L103 e L104 e vigas V101, V142, V144, V109 da El.+3,90 (MAPA DE CONCRETAGEM 01.C.LV)	-	-	36,10	42,60	-	-
								-	-	34,10	36,60	-	-
	2142	3	12 Mix	8	30	16	Lajes L103 e L104 e vigas V109, V144 da El.+3,90 (MAPA DE CONCRETAGEM 01.C.LV)	-	-	33,80	38,80	-	-
								-	-	32,30	38,20	-	-
	2143	4	12 Mix	8	30	14	Lajes L103 e L104 da El.+3,90 (MAPA DE CONCRETAGEM 01.C.LV)	-	-	35,70	39,50	32,80	31,30
								-	-	34,80	39,70		
	2144	5	12 Mix	8	30	12	Lajes L103 e L104 e vigas V141a, V126, V143, VE13, VE14 da El.+3,90 (MAPA DE CONCRETAGEM 01.C.LV)	-	-	36,10	43,90	-	-
								-	-	34,10	39,00	-	-
	2145	6	12 Mix	5	30	14	Laje L109 e vigas V121, V125, V141b da El.+3,90 (MAPA DE CONCRETAGEM 01.C.LV)	-	-	35,90	40,40	-	-
								-	-	31,50	37,10	-	-
	2147	7	12 Mix	7	30	13	Laje L109 da El.+3,90 (MAPA DE CONCRETAGEM 01.C.LV) e pilares P1-P5, P16-P19 da El.+0,05 a +3,90	-	-	36,40	43,50	-	-
								-	-	35,80	43,40	-	-
	2149	8	12 Mix	5	30	12	Pilares P15, P29-P32, P41, P42, P45, P46, P49-P51, P62 da El.+0,05 a +3,90	-	-	34,80	38,10	-	-
								-	-	32,70	36,90	-	-
	2151	9	12 Mix	5,5	30	14	Pilares PE1, P52, P61, P63-P65, P77-P82 da El.+0,05 a +3,90	-	-	33,50	34,50	-	-
								-	-	32,10	32,90	-	-
12/04/2021	2207	1	12 Mix	6	30	15	Pilares P13, P14, P21, P22, P34, P35, P55, P68, P75, P76 e metade do P67 da El.+3,90 a +7,75 e Pilares P6, P20, P33 da El.+0,05 a +3,90. Viga V101	-	33,80	-	40,10	-	-
								-	33,80	-	38,50	-	-
	2208	2	12 Mix	7	30	16	Metade do pilar P67, P54 da El.+3,90 a +7,75, Pilares P53, P66 e Elevador E1 da El.+0,05 a +3,90, e vigas VE3 e VE4	-	34,20	-	41,30	-	-
								-	33,60	-	40,80	-	-
	2212	1	12 Mix	8	30	15	Laje L102 e vigas V128(a,b), V145(a) da El.+3,90 (MAPA DE CONCRETAGEM 00.D.LV)	-	34,70	-	38,00	-	-
								-	33,60	-	35,30	-	-
	2213	2	12 Mix	8	30	13	Laje L102 e vigas V122, V145(b) da El.+3,90 (MAPA DE CONCRETAGEM 00.D.LV)	-	31,10	-	36,80	-	-
								-	28,90	-	36,00	-	-

CONTROLE DOS RESULTADOS DO ENSAIO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO E MÓDULO DE DEFORMAÇÃO - TRÊS CORAÇÕES - MESO / SUPER

DATA DA MOLDAGEM DOS CPS	Nº DA NOTA FISCAL	Nº CAMINHÃO	FORNECEDOR	VOLUME M³	FCK	SLUMP TEST	LOCAL APLICADO	RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO - MPa				MÓDULO DE DEFORMAÇÃO GPa	
								7 DIAS	14 DIAS	21 DIAS	28 DIAS	E _{cl}	E _{cs}
13/04/2021	2215	3	12 Mix	8	30	15	Laje L102 e vigas V122, V128(b,c) da El.+3,90 (MAPA DE CONCRETAGEM 00.D.LV)	-	31,90	-	35,30	-	-
								-	31,00	-	33,40	-	-
	2216	4	12 Mix	8	30	15	Laje L102 e vigas V122, V128(c) da El.+3,90 (MAPA DE CONCRETAGEM 00.D.LV)	-	31,70	-	34,80	30,80	32,20
								-	30,80	-	33,40		
	2217	5	12 Mix	10	30	15	Laje L102 e vigas V128(c,d) da El.+3,90 (MAPA DE CONCRETAGEM 00.D.LV)	-	32,30	-	37,40	-	-
								-	30,60	-	34,40	-	-
	2218	6	12 Mix	8	30	14	Laje L102 e vigas V128(d), V147(a) da El.+3,90 (MAPA DE CONCRETAGEM 00.D.LV)	-	30,00	-	35,10	-	-
								-	27,90	-	33,70	-	-
	2219	7	12 Mix	8	30	16	Laje L102 e vigas V128(d,e), V152(a,b) da El.+3,90 (MAPA DE CONCRETAGEM 00.D.LV)	-	32,10	-	42,40	-	-
								-	31,10	-	38,50	-	-
	2220	8	12 Mix	8	30	16	Laje L102 e vigas V152(b,c), V124, V151(a) da El.+3,90 (MAPA DE CONCRETAGEM 00.D.LV)	-	31,50	-	41,00	31,00	30,60
								-	30,60	-	34,40		
	2221	9	12 Mix	8	30	15	Lajes L108 e vigas V151(b), V119, V154, V155, V156, V113 da El.+3,90 (MAPA DE CONCRETAGEM 00.D.LV)	-	33,40	-	34,80	-	-
								-	33,20	-	34,90	-	-
	2223	10	12 Mix	8	30	16	Laje L102 e L108 e vigas V151(b-e), V113 da El.+3,90 (MAPA DE CONCRETAGEM 00.D.LV)	-	30,90	-	37,60	-	-
								-	29,70	-	33,30	-	-
	2222	11	12 Mix	10	30	16	Laje L102 e vigas V147(a), V117(a) da El.+3,90 (MAPA DE CONCRETAGEM 00.D.LV)	-	32,20	-	33,30	-	-
								-	31,10	-	33,10	-	-
	2224	12	12 Mix	8	30	13	Laje L102 e vigas V153(a,b), V106, V149 da El.+3,90 (MAPA DE CONCRETAGEM 00.D.LV)	-	32,40	-	39,10	32,20	31,70
								-	31,60	-	36,60		
	2225	13	12 Mix	8	30	14	Laje L102 e vigas V103(d,e), V153(b,c) da El.+3,90 (MAPA DE CONCRETAGEM 00.D.LV)	-	30,80	-	34,10	-	-
								-	31,10	-	33,40	-	-
	2226	14	12 Mix	8	30	14	Laje L102 e vigas V117(b), V149 e V150 da El.+3,90 (MAPA DE CONCRETAGEM 00.D.LV)	-	31,00	-	34,30	-	-
								-	29,90	-	34,80	-	-
	2227	15	12 Mix	8	30	16	Laje L102 e vigas V103(c,d) da El.+3,90 (MAPA DE CONCRETAGEM 00.D.LV)	-	28,50	-	31,60	-	-
								-	28,80	-	33,20	-	-
	2228	16	12 Mix	10	30	14	Laje L102 e vigas V103(a,b), V146(b) da El.+3,90 (MAPA DE CONCRETAGEM 00.D.LV)	-	31,70	-	38,30	31,80	28,80
								-	32,20	-	36,60		
	2229	17	12 Mix	8	30	14	Laje L102 e viga V117(a,b) da El.+3,90 (MAPA DE CONCRETAGEM 00.D.LV). Escada E2 (El.+0,05 a +3,90)	-	32,20	-	35,40	-	-
								-	31,90	-	37,90	-	-

CONTROLE DOS RESULTADOS DO ENSAIO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO E MÓDULO DE DEFORMAÇÃO - TRÊS CORAÇÕES - MESO / SUPER

DATA DA MOLDAGEM DOS CPS	Nº DA NOTA FISCAL	Nº CAMINHÃO	FORNECEDOR	VOLUME M³	FCK	SLUMP TEST	LOCAL APLICADO	RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO - MPa				MÓDULO DE DEFORMAÇÃO GPa	
								7 DIAS	14 DIAS	21 DIAS	28 DIAS	E _{cl}	E _{cs}
	2230	18	12 Mix	8	30	12	Lajes L102 e L107 e vigas V111, V115, V147(b), V148 da EL.+3,90 (MAPA DE CONCRETAGEM 00.D.LV). Escada E2 (EL.+0,05 a +3,90)	-	32,10	-	40,30	-	-
								-	31,50	-	36,40	-	-
	2231	19	12 Mix	10	30	13	Laje L102 e vigas V110, V146(a,b) da EL.+3,90 (MAPA DE CONCRETAGEM 00.D.LV)	-	29,70	-	32,90	-	-
								-	29,40	-	35,90	-	-
	2232	20	12 Mix	8	30	12	Laje L102 e viga V110 da EL.+3,90 (MAPA DE CONCRETAGEM 00.D.LV)	-	31,10	-	32,20	31,50	29,20
								-	31,30	-	35,00		
23/04/2021	2303	1	12 Mix	6	30	16	Pilares P7-P12, P23-P28, P36 da EL.+3,90 a +7,75	-	-	23,80	33,60	-	-
								-	-	25,10	34,80	-	-
	2305	2	12 Mix	8	30	16	Pilares P37-P40, P43, P44, P47, P48, P59 e Elevador E2 da EL.+3,90 a +7,75	-	-	23,50	35,00	-	-
								-	-	28,10	37,60	-	-
	2311	3	12 Mix	8	30	14	Pilares PE2, P56-P60, P69-P74, P83-P88 da da EL.+3,90 a +7,75	-	-	26,80	35,80	-	-
								-	-	22,80	32,00	-	-
	2319	1	12 Mix	8	30	14	Laje L101, vigas V140b e V102e da EL.+3,90 (MAPA DE CONCRETAGEM 01.E.LV)	-	-	36,80	38,60	-	-
								-	-	35,80	37,00	-	-
	2320	2	12 Mix	8	30	15	Laje L101 e vigas V140a e V108 da EL.+3,90 (MAPA DE CONCRETAGEM 01.E.LV)	-	-	38,20	38,90	-	-
								-	-	35,50	38,20	-	-
	2321	3	12 Mix	8	30	15	Laje L101 e viga V108 da EL.+3,90 (MAPA DE CONCRETAGEM 01.E.LV)	-	-	35,90	37,20	-	-
								-	-	31,00	36,60	-	-
	2322	4	12 Mix	8	30	16	Laje L101 e viga V102(b-d) da EL.+3,90 (MAPA DE CONCRETAGEM 01.E.LV)	-	-	36,80	38,10	31,80	30,00
								-	-	35,80	37,80		
	2324	5	12 Mix	8	30	14	Laje L101 e viga V107 da EL.+3,90 (MAPA DE CONCRETAGEM 01.E.LV)	-	-	38,60	40,20	-	-
								-	-	32,40	39,20	-	-
	2325	6	12 Mix	8	30	14	Escada E1, laje L101 e L106 e vigas V114, V135, V116(a), V137 da EL.+3,90 (MAPA DE CONCRETAGEM 01.E.LV)	-	-	37,00	40,00	-	-
								-	-	36,70	38,20	-	-
	2326	7	12 Mix	8	30	16	Laje L101 e vigas V102(a,b) e V133b da EL.+3,90 (MAPA DE CONCRETAGEM 01.E.LV)	-	-	33,20	38,40	-	-
								-	-	32,50	35,10	-	-
	2327	8	12 Mix	10	30	16	Laje L101 e vigas V133(a,b) e V105 da EL.+3,90 (MAPA DE CONCRETAGEM 01.E.LV)	-	-	35,30	36,20	30,90	29,70
								-	-	31,90	36,10		
	2328	9	12 Mix	8	30	15	Laje L101 e viga V134(c-e) da EL.+3,90 (MAPA DE CONCRETAGEM 01.E.LV)	-	-	37,20	40,40	-	-
								-	-	34,80	38,50	-	-

CONTROLE DOS RESULTADOS DO ENSAIO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO E MÓDULO DE DEFORMAÇÃO - TRÊS CORAÇÕES - MESO / SUPER

DATA DA MOLDAGEM DOS CPS	Nº DA NOTA FISCAL	Nº CAMINHÃO	FORNECEDOR	VOLUME M³	FCK	SLUMP TEST	LOCAL APLICADO	RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO - MPa				MÓDULO DE DEFORMAÇÃO GPa	
								7 DIAS	14 DIAS	21 DIAS	28 DIAS	E _{cl}	E _{cs}
26/04/2021	2329	10	12 Mix	8	30	14	Laje L101 e vigas V139a e V127(d,e) da EL.+3,90 (MAPA DE CONCRETAGEM 01.E.LV)	-	-	40,50	42,30	-	-
								-	-	39,60	41,30	-	-
	2330	11	12 Mix	8	30	14	Laje L101 e vigas V139(a,b), V120 e VE16 da EL.+3,90 (MAPA DE CONCRETAGEM 01.E.LV)	-	-	37,50	39,90	-	-
								-	-	33,20	38,30	-	-
	2331	12	12 Mix	10	30	15	Laje L101 e vigas V127(c,d) e V120 da EL.+3,90 (MAPA DE CONCRETAGEM 01.E.LV)	-	-	33,10	34,30	31,00	28,40
								-	-	32,00	33,70		
	2332	13	12 Mix	8	30	12	Laje L101 da EL.+3,90 (MAPA DE CONCRETAGEM 01.E.LV)	-	-	33,00	35,20	-	-
								-	-	32,00	34,90	-	-
	2333	14	12 Mix	8	30	12	Laje L101 e viga V127(b,c) da EL.+3,90 (MAPA DE CONCRETAGEM 01.E.LV)	-	-	34,40	37,60	-	-
								-	-	30,80	36,40	-	-
	2334	15	12 Mix	8	30	15	Laje L101 e vigas V127(a,b) e V132(a,b) da EL.+3,90 (MAPA DE CONCRETAGEM 01.E.LV)	-	-	33,40	35,40	-	-
								-	-	29,80	34,10	-	-
	2335	16	12 Mix	10	30	15	Laje L101 e vigas V132(b,c) e V123 da EL.+3,90 (MAPA DE CONCRETAGEM 01.E.LV)	-	-	36,80	40,10	31,30	28,40
								-	-	33,40	37,30		
	2337	17	12 Mix	8	30	15	Laje L101 e vigas V134(a), V138(a,b) e V116(b) da EL.+3,90 (MAPA DE CONCRETAGEM 01.E.LV)	-	-	37,20	38,40	-	-
								-	-	33,60	37,60	-	-
	2338	18	12 Mix	8	30	12	Laje L101 e vigas V138(a) e V136 da EL.+3,90 (MAPA DE CONCRETAGEM 01.E.LV)	-	-	33,70	34,50	-	-
								-	-	33,20	34,10	-	-
	2336	19	12 Mix	8	30	15	Laje L101 e L105 e vigas V134(b,c), V118, V130, V112 e VE15 da EL.+3,90 (MAPA DE CONCRETAGEM 01.E.LV)	-	-	32,80	35,90	-	-
								-	-	31,90	33,50	-	-
	2339	20	12 Mix	8	30	15	L105 e vigas V118, V129, V131 e V112 da EL.+3,90 (MAPA DE CONCRETAGEM 01.E.LV)	-	-	30,60	34,50	31,40	28,40
								-	-	28,70	32,20		
	2413	1	12 Mix	7	30	12	Vigas V203, V239b, V241, V208 e Laje L203 da EL.+7,75 (MAPA DE CONCRETAGEM 02.C.LV)	31,4	-	-	33,20	-	-
								30,1	-	-	32,80	-	-
	2414	2	12 Mix	7	30	16	Vigas V239, V208, e Laje L203 da EL.+7,75 (MAPA DE CONCRETAGEM 02.C.LV)	38,1	-	-	39,80	-	-
								34,3	-	-	38,70	-	-
	2416	3	12 Mix	8	30	10	Viga V208, Laje L203 da EL.+7,75 e pilares P5 e P6 da EL.+3,90 a +7,76 (MAPA DE CONCRETAGEM 02.C.LV)	36,7	-	-	39,00	-	-
								36,2	-	-	37,30	-	-
	2417	4	12 Mix	8	30	15	Pilares P3, P4, P16-P19, P31, P32 e Elevador E1 da EL.+3,90 a +7,75	36,7	-	-	39,70	31,00	28,80
								32,6	-	-	38,80		

CONTROLE DOS RESULTADOS DO ENSAIO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO E MÓDULO DE DEFORMAÇÃO - TRÊS CORAÇÕES - MESO / SUPER

DATA DA MOLDAGEM DOS CPS	Nº DA NOTA FISCAL	Nº CAMINHÃO	FORNECEDOR	VOLUME M³	FCK	SLUMP TEST	LOCAL APLICADO	RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO - MPa				MÓDULO DE DEFORMAÇÃO GPa	
								7 DIAS	14 DIAS	21 DIAS	28 DIAS	E _{cl}	E _{cs}
06/05/2021	2420	5	12 Mix	7	30	14	Pilares P1, P2, P15, P20, P30, P33, P42, P46, P50-P52, P61-P64 e Elevador E1 da EL.+3,90 a +7,75	30,6	-	-	37,00	-	-
								30,1	-	-	34,60	-	-
	2422	6	12 Mix	8	30	12	Vigas V220, V224, V242 e Laje L208 da EL.+7,75	28,4	-	-	33,30	-	-
								27,1	-	-	32,60	-	-
	2423	7	12 Mix	7	30	12	Vigas V220, V224 e Laje L208 da EL.+7,75	29,1	-	-	33,10	-	-
								28,9	-	-	32,50	-	-
	2424	8	12 Mix	8	30	15	Vigas V220, V240, V224, laje L208 da EL.+7,75 e Pilares P53, P65, P66, P81 e P82 da EL.+3,90 a +7,76 (MAPA DE CONCRETAGEM 02.C.LV)	27,3	-	-	31,30	30,90	28,80
								23,3	-	-	30,80		
	2425	9	12 Mix	2,5	30	14	Pilares P77-P80, PE1, P49, P45, P41 e P29 da EL.+3,90 a +7,75	24,7	-	-	30,40	-	-
								23,2	-	-	30,20	-	-
	2499	1	12 Mix	4,5	30	16	Laje L202, viga V243 e V202(a,b) da EL.+7,75 (MAPA DE CONCRETAGEM 02.D.LV)	-	-	35,20	39,40	-	-
								-	-	34,00	37,30	-	-
	2502	2	12 Mix	7	30	14	Laje L202 da EL.+7,75 (MAPA DE CONCRETAGEM 02.D.LV)	-	-	37,10	39,60	-	-
								-	-	32,60	36,90	-	-
	2503	3	12 Mix	7	30	13	Laje L202 e vigas V202(b,c) e V209 (MAPA DE CONCRETAGEM 02.D.LV)	-	-	37,60	41,00	-	-
								-	-	33,40	38,20	-	-
	2504	4	12 Mix	7	30	14	Laje L202 e viga V209 (MAPA DE CONCRETAGEM 02.D.LV)	-	-	31,80	37,60	31,00	28,70
								-	-	29,90	36,90		
	2505	5	12 Mix	7	30	15	Laje L202 e vigas V202(c), V210 e V245(b) da EL.+7,75 (MAPA DE CONCRETAGEM 02.D.LV)	-	-	37,20	42,10	-	-
								-	-	36,30	41,20	-	-
	2506	6	12 Mix	7	30	14	Laje L202 e vigas V202(d) e V210 da EL.+7,75 (MAPA DE CONCRETAGEM 02.D.LV)	-	-	37,60	40,30	-	-
								-	-	34,30	37,50	-	-
	2507	7	12 Mix	7	30	13	Laje L202 e vigas V202(d,e) e V250© da EL.+7,75 (MAPA DE CONCRETAGEM 02.D.LV)	-	-	38,10	41,70	-	-
								-	-	36,20	41,30	-	-
	2508	8	12 Mix	7	30	15	Laje L202 e vigas V50(a,b) e V205 da EL.+7,75 (MAPA DE CONCRETAGEM 02.D.LV)	-	-	39,20	43,00	32,00	27,50
								-	-	35,90	40,50		
	2509	9	12 Mix	7	30	13	Lajes L202 e L207 e vigas V212, V252, V253 e V249(d,e) da EL.+7,75 (MAPA DE CONCRETAGEM 02.D.LV)	-	-	35,00	37,80	-	-
								-	-	34,60	36,20	-	-
	2511	10	12 Mix	7	30	16	Laje L202 e L207 e vigas V253, V254 e V249(c,d) da EL.+7,75 (MAPA DE CONCRETAGEM 02.D.LV)	-	-	39,10	41,40	-	-
								-	-	35,10	39,60	-	-

CONTROLE DOS RESULTADOS DO ENSAIO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO E MÓDULO DE DEFORMAÇÃO - TRÊS CORAÇÕES - MESO / SUPER

DATA DA MOLDAGEM DOS CPS	Nº DA NOTA FISCAL	Nº CAMINHÃO	FORNECEDOR	VOLUME M³	FCK	SLUMP TEST	LOCAL APLICADO	RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO - MPa				MÓDULO DE DEFORMAÇÃO GPa	
								7 DIAS	14 DIAS	21 DIAS	28 DIAS	E _{cl}	E _{cs}
19/05/2021	2512	11	12 Mix	7	30	16	Laje L202 e L207 e vigas V254, V218, V249(a-c) da El.+7,75 (MAPA DE CONCRETAGEM 02.D.LV)	-	-	34,70	41,80	-	-
								-	-	30,10	40,10	-	-
	2514	12	12 Mix	7	30	16	Laje L202 e L206 e vigas V246, V248, V214 e V216(b) da El.+7,75 (MAPA DE CONCRETAGEM 02.D.LV)	-	-	32,30	36,50	30,90	29,70
								-	-	29,50	35,70		
	2515	13	12 Mix	7	30	16	Laje L202 e vigas V216(a) e V245(a) da El.+7,75 e Escada E2 da El.+3,90 a El.+7,75 (MAPA DE CONCRETAGEM 02.D.LV)	-	-	31,40	36,10	-	-
								-	-	29,90	35,20	-	-
	2516	14	12 Mix	7	30	16	Laje L202 e viga V247 da El.+7,75 (MAPA DE CONCRETAGEM 02.D.LV)	-	-	30,60	39,50	-	-
								-	-	26,70	37,90	-	-
	2517	15	12 Mix	7	30	15	Laje L202 e viga V251, V223 e V226(e) da El.+7,75 (MAPA DE CONCRETAGEM 02.D.LV)	-	-	34,00	39,80	31,00	26,80
								-	-	32,80	37,40	-	-
	2518	16	12 Mix	7	30	14	Laje L202 e viga V226(e) da El.+7,75 (MAPA DE CONCRETAGEM 02.D.LV)	-	-	33,90	40,10	-	-
								-	-	33,30	38,20	-	-
	2519	17	12 Mix	7	30	15	Laje L202 da El.+7,75 (MAPA DE CONCRETAGEM 02.D.LV)	-	-	32,20	36,40	-	-
								-	-	29,30	33,60	-	-
	2521	18	12 Mix	7	30	14	Laje L202 e viga V226(c,d) da El.+7,75 (MAPA DE CONCRETAGEM 02.D.LV)	-	-	33,60	38,20	-	-
								-	-	32,10	37,10	-	-
	2522	19	12 Mix	7	30	16	Laje L202 e viga V226(b,c) da El.+7,75 (MAPA DE CONCRETAGEM 02.D.LV)	-	-	35,60	39,90	31,00	26,80
								-	-	36,50	38,30	-	-
	2524	20	12 Mix	7	30	10	Laje L202 e vigas V221 e V226(a) da El.+7,75 (MAPA DE CONCRETAGEM 02.D.LV)	-	-	35,00	37,40	-	-
								-	-	31,70	35,30	-	-
	2525	21	12 Mix	7	30	12	Laje L202 e vigas V221 e V255(a) da El.+7,75 (MAPA DE CONCRETAGEM 02.D.LV)	-	-	35,10	40,50	-	-
								-	-	31,90	37,90	-	-
	2523	22	12 Mix	7	30	16	Laje L202 e viga V221 da El.+7,75 (MAPA DE CONCRETAGEM 02.D.LV)	-	-	30,00	38,70	-	-
								-	-	28,50	36,60	-	-
	2526	23	12 Mix	7	30	11	Laje L202 e viga V221 e V244 da El.+7,75 (MAPA DE CONCRETAGEM 02.D.LV)	-	-	35,00	36,80	-	-
								-	-	32,60	36,70	-	-
21/05/2021	2550	1	12 Mix	6	30	14	Pilares P13, P14, P21, P22, P34, P35, P54, P55, P67, P68, P75, P76 da El.+7,75 a +11,60	-	-	40,50	42,80	-	-
								-	-	36,10	41,30	-	-
	2634	1	12 Mix	7	30	11	Laje L201 e vigas V237, V207 e V201(e) (MAPA DE CONCRETAGEM 02.E.LV.)	-	-	37,80	39,40	-	-
								-	-	36,90	38,30	-	-

CONTROLE DOS RESULTADOS DO ENSAIO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO E MÓDULO DE DEFORMAÇÃO - TRÊS CORAÇÕES - MESO / SUPER

DATA DA MOLDAGEM DOS CPS	Nº DA NOTA FISCAL	Nº CAMINHÃO	FORNECEDOR	VOLUME M³	FCK	SLUMP TEST	LOCAL APLICADO	RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO - MPa				MÓDULO DE DEFORMAÇÃO GPa	
								7 DIAS	14 DIAS	21 DIAS	28 DIAS	E _{cl}	E _{cs}
01/06/2021	2635	2	12 Mix	7	30	14	Laje L201 e viga V201(c) da El.+7,75 (MAPA DE CONCRETAGEM 02.E.LV.)	-	-	32,20	36,80	-	-
								-	-	30,80	35,40	-	-
	2636	3	12 Mix	7	30	11	Laje L201 e vigas V207 e V201(C) da El.+7,75 (MAPA DE CONCRETAGEM 02.E.LV.)	-	-	31,40	33,70	-	-
								-	-	30,60	33,20	-	-
	2638	4	12 Mix	7	30	15	Laje L201 e vigas V207 e V201(c,d) da El.+7,75 (MAPA DE CONCRETAGEM 02.E.LV.)	-	-	31,90	37,60	32,30	27,70
								-	-	31,20	36,20		
	2639	5	12 Mix	7	30	15	Laje L201 e vigas V206, V236(b) e V213 da El.+7,75 (MAPA DE CONCRETAGEM 02.E.LV.)	-	-	33,30	37,40	-	-
								-	-	33,50	36,20	-	-
	2640	6	12 Mix	7,5	30	10	Laje L201 e vigas V201(a-c), V213 e V230(b,c) da El.+7,75 (MAPA DE CONCRETAGEM 02.E.LV.)	-	-	39,60	42,60	-	-
								-	-	38,30	39,70	-	-
	2641	7	12 Mix	7,5	30	12	Laje L201, escada E1 (El.+3,90 a+7,75) e viga V235 da El.+7,75 (MAPA DE CONCRETAGEM 02.E.LV.)	-	-	30,00	32,90	-	-
								-	-	29,20	31,80	-	-
	2642	8	12 Mix	7,5	30	16	Laje L201 e viga V230(b) da El.+7,75 (MAPA DE CONCRETAGEM 02.E.LV.)	-	-	31,00	35,50	31,20	27,90
								-	-	31,00	33,30		
	2644	9	12 Mix	7,5	30	12	Laje L201 e vigas V232(e), V204 e V230(a,b) da El.+7,75 (MAPA DE CONCRETAGEM 02.E.LV.)	-	-	37,00	38,40	-	-
								-	-	36,30	37,70	-	-
	2645	10	12 Mix	7,5	30	11	Lajes L201 e L205 e vigas V233, V234, V232(a,b) e V215(a) da El.+7,75 (MAPA DE CONCRETAGEM 02.E.LV.)	-	-	34,80	38,10	-	-
								-	-	34,40	36,80	-	-
	2647	11	12 Mix	7,5	30	12	Laje L201 e vigas V238(a) e V225(d,e) da El.+7,75 (MAPA DE CONCRETAGEM 02.E.LV.)	-	-	35,40	38,00	-	-
								-	-	35,50	37,40	-	-
	2648	12	12 Mix	7,5	30	16	Laje L201 e vigas V238(b) e V219 da El.+7,75 (MAPA DE CONCRETAGEM 02.E.LV.)	-	-	35,20	36,30	31,20	28,60
								-	-	35,30	36,50		
	2649	13	12 Mix	7,5	30	15	Laje L201 e viga V219 da El.+7,75 (MAPA DE CONCRETAGEM 02.E.LV.)	-	-	36,70	42,00	-	-
								-	-	36,00	41,00	-	-
	2651	14	12 Mix	7,5	30	12	Laje L201 e viga V225(c,d) da El.+7,75 (MAPA DE CONCRETAGEM 02.E.LV.)	-	-	39,30	41,60	-	-
								-	-	38,30	39,20	-	-
	2650	15	12 Mix	7,5	30	13	Laje L201 e viga V225(b,c) da El.+7,75 (MAPA DE CONCRETAGEM 02.E.LV.)	-	-	38,70	41,60	-	-
								-	-	36,40	39,10	-	-
	2652	16	12 Mix	7,5	30	15	Laje L201 da El.+7,75 (MAPA DE CONCRETAGEM 02.E.LV.)	-	-	36,70	42,30	33,20	27,90
								-	-	37,00	39,60		

CONTROLE DOS RESULTADOS DO ENSAIO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO E MÓDULO DE DEFORMAÇÃO - TRÊS CORAÇÕES - MESO / SUPER

DATA DA MOLDAGEM DOS CPS	Nº DA NOTA FISCAL	Nº CAMINHÃO	FORNECEDOR	VOLUME M³	FCK	SLUMP TEST	LOCAL APLICADO	RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO - MPa				MÓDULO DE DEFORMAÇÃO GPa	
								7 DIAS	14 DIAS	21 DIAS	28 DIAS	E _{cl}	E _{cs}
	2653	17	12 Mix	7,5	30	14	Laje L201 e vigas V225(a) e V231(a,b) da EL.+7,75 (MAPA DE CONCRETAGEM 02.E.LV.)	-	-	37,20	41,90	-	-
								-	-	37,10	40,50	-	-
	2654	18	12 Mix	7,5	30	13	Laje L201 e vigas V231(b,c), V222, V236(a) e V215(b) da EL.+7,75 (MAPA DE CONCRETAGEM 02.E.LV.)	-	-	36,90	40,40	-	-
								-	-	36,40	39,60	-	-
	2655	19	12 Mix	7,5	30	13	Laje L201 e viga V236 da EL.+7,75 (MAPA DE CONCRETAGEM 02.E.LV.)	-	-	36,20	39,40	-	-
								-	-	35,70	39,00	-	-
	2656	20	12 Mix	7,5	30	13	Laje L201 e viga V232(a,b) da EL.+7,75 (MAPA DE CONCRETAGEM 02.E.LV.)	-	-	36,10	37,60	31,60	29,80
								-	-	32,50	35,40		
	2657	21	12 Mix	7,5	30	14	Lajes L201 e L204 e vigas V232(b), V227, V228 e V211 da EL.+7,75 (MAPA DE CONCRETAGEM 02.E.LV.)	-	-	37,00	39,90	-	-
								-	-	36,70	39,80	-	-
	2658	22	12 Mix	7,5	30	10	Laje L204 e vigas V228, V229 e V217 da EL.+7,75 (MAPA DE CONCRETAGEM 02.E.LV.)	-	-	38,00	41,40	-	-
								-	-	34,40	39,80	-	-
02/06/2021	2667	1	12 Mix	6,5	30	12,5	Pilares P7-P12, P23-P26, P28, P36-P38 da EL.+7,75 a +11,60	-	-	35,00	36,40	-	-
								-	-	32,60	34,50	-	-
	2669	2	12 Mix	7,5	30	14	Pilares P26, P27, P39, P43, P47, P59 e elevador E2 da EL.+7,75 a +11,60	-	-	27,90	34,70	-	-
								-	-	27,20	30,90	-	-
04/06/2021	2678	1	12 Mix	7,5	30	15	Pilares P40, PE2, P44, P48, P56, P57, P58, P60, P69-P74, P83-P88 da EL.+7,75 a +11,60	-	-	33,40	34,80	-	-
								-	-	30,10	34,30	-	-
11/06/2021	2732	1	12 Mix	7,5	30	13	Laje L303 e vigas V303, V308, V339 e V341 da EL.+11,60 (MAPA DE CONCRETAGEM 03.C.LV)	-	-	30,80	32,80	-	-
								-	-	28,70	31,50	-	-
	2733	2	12 Mix	7,5	30	15	Laje L303 e viga V308 da EL.+11,60 (MAPA DE CONCRETAGEM 03.C.LV)	-	-	31,80	34,50	-	-
								-	-	30,30	33,80	-	-
	2737	3	12 Mix	7,5	30	14	Laje L303 da EL.+11,60 (MAPA DE CONCRETAGEM 03.C.LV) e pilares P4, P5, P6, P19, P20, P33 da EL.+7,75 a +11,60	-	-	30,70	33,40	31,40	27,40
								-	-	29,20	31,90		
	2739	4	12 Mix	7,5	30	13	Pilares P1, P2, P3, P15-P18, P29-P32, P41, P42, P45, P46, P49 EL.+7,75 a +11,60	-	-	33,70	34,70	-	-
								-	-	33,60	34,40	-	-
	2740	1	12 Mix	7,5	30	16	Laje L308 e vigas V342, V320 e V324 da EL.+11,60 (MAPA DE CONCRETAGEM 03.C.LV)	-	-	31,10	32,00	-	-
								-	-	30,30	31,50	-	-
	2741	2	12 Mix	8	30	16	Laje L308, vigas V320, V324 da EL.+11,60 (MAPA DE CONCRETAGEM 03.C.LV) e pilar P66 da EL.+7,75 a +11,60	-	-	29,70	33,40	-	-
								-	-	28,40	30,70	-	-

CONTROLE DOS RESULTADOS DO ENSAIO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO E MÓDULO DE DEFORMAÇÃO - TRÊS CORAÇÕES - MESO / SUPER

DATA DA MOLDAGEM DOS CPS	Nº DA NOTA FISCAL	Nº CAMINHÃO	FORNECEDOR	VOLUME M³	FCK	SLUMP TEST	LOCAL APLICADO	RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO - MPa				MÓDULO DE DEFORMAÇÃO GPa	
								7 DIAS	14 DIAS	21 DIAS	28 DIAS	E _{cl}	E _{cs}
12/06/2021	2745	3	12 Mix	8	30	15	Laje L308 da EL.+11,60 (MAPA DE CONCRETAGEM 03.C.LV) e pilares P53, P81 e P82 da EL.+7,75 a +11,60	-	-	31,70	34,10	-	-
								-	-	31,70	32,80	-	-
	2746	4	12 Mix	8	30	15	Pilares P64, P65, P77-P80 e Elevador E1 da EL.+7,75 a +11,60	-	-	31,20	33,10	-	-
								-	-	30,80	33,00	-	-
	2748	5	12 Mix	3	30	14	Pilares PE1, P50-P52, P61-P63 da EL.+7,75 a +11,60	-	-	33,70	37,20	-	-
								-	-	32,50	35,80	-	-
23/06/2021	2820	1	12 Mix	8	30	14	Laje de piso Reservatório / Subestação	-	-	32,00	34,80	-	-
								-	-	31,10	33,90	-	-
	2822	2	12 Mix	7,5	30	10	Laje de piso Reservatório / Subestação	-	-	31,20	32,50	31,00	28,30
								-	-	31,20	32,30		
	2824	1	12 Mix	8	30	11	Laje L302 e vigas V344 e V326(a,b) da EL.+11,60 (MAPA DE CONCRETAGEM 03.D.LV)	-	-	34,10	36,10	-	-
								-	-	32,40	34,60	-	-
	2825	2	12 Mix	7	30	14	Laje L302 e vigas V321 e V326(b,c) da EL.+11,60 (MAPA DE CONCRETAGEM 03.D.LV)	-	-	30,00	31,70	-	-
								-	-	28,70	30,60	-	-
	2826	3	12 Mix	8	30	15	Laje L302 e vigas V321 da EL.+11,60 (MAPA DE CONCRETAGEM 03.D.LV)	-	-	31,60	35,00	-	-
								-	-	30,50	31,80	-	-
	2827	4	12 Mix	8	30	15	Laje L302 e viga V326(c) da EL.+11,60 (MAPA DE CONCRETAGEM 03.D.LV)	-	-	29,70	30,90	31,40	27,80
								-	-	27,20	30,70		
	2829	5	12 Mix	8	30	15	Laje L302 e vigas V326(c-e) e V351(a,b) da EL.+11,60 (MAPA DE CONCRETAGEM 03.D.LV)	-	-	32,20	33,70	-	-
								-	-	30,20	32,80	-	-
	2830	6	12 Mix	8	30	12	Laje L302 da EL.+11,60 (MAPA DE CONCRETAGEM 03.D.LV)	-	-	32,30	33,40	-	-
								-	-	31,60	32,00	-	-
	2831	7	12 Mix	8	30	14	Laje L302 e vigas V351(b,c) e V323 da EL.+11,60 (MAPA DE CONCRETAGEM 03.D.LV)	-	-	32,60	35,90	-	-
								-	-	32,10	34,30	-	-
	2832	8	12 Mix	8	30	16	Laje L302 e vigas V323 da EL.+11,60 (MAPA DE CONCRETAGEM 03.D.LV)	-	-	33,10	38,90	31,60	28,50
								-	-	32,30	35,90		
	2833	9	12 Mix	8	30	15	Laje L302 e vigas V354 e V316(a) da EL.+11,60 (MAPA DE CONCRETAGEM 03.D.LV)	-	-	33,90	35,50	-	-
								-	-	32,90	35,00	-	-
	2834	10	12 Mix	7	30	14	Laje L302 e L306 e vigas V314, V346, V347 e V348 da EL.+11,60 e Escada E2 (MAPA DE CONCRETAGEM 03.D.LV)	-	-	29,90	31,80	-	-
								-	-	26,50	30,80	-	-

CONTROLE DOS RESULTADOS DO ENSAIO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO E MÓDULO DE DEFORMAÇÃO - TRÊS CORAÇÕES - MESO / SUPER

DATA DA MOLDAGEM DOS CPS	Nº DA NOTA FISCAL	Nº CAMINHÃO	FORNECEDOR	VOLUME M³	FCK	SLUMP TEST	LOCAL APLICADO	RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO - MPa				MÓDULO DE DEFORMAÇÃO GPa	
								7 DIAS	14 DIAS	21 DIAS	28 DIAS	E _{cl}	E _{cs}
24/06/2021	2835	11	12 Mix	8	30	14	Laje L302 e L307 e vigas V349(a-c), V318, V354 e V353 da EL.+11,60 (MAPA DE CONCRETAGEM 03.D.LV)	-	-	31,40	35,20	-	-
								-	-	31,00	34,10	-	-
	2836	12	12 Mix	8	30	16	Laje L302 e L307 e vigas V349(c,d), V352 e V312 da EL.+11,60 (MAPA DE CONCRETAGEM 03.D.LV)	-	-	32,60	35,50	32,00	31,10
								-	-	31,50	32,80		
	2837	13	12 Mix	8	30	14	Laje L302 e vigas V350(a) e V305 da EL.+11,60 (MAPA DE CONCRETAGEM 03.D.LV)	-	-	33,40	34,70	-	-
								-	-	32,40	34,00	-	-
	2839	14	12 Mix	8	30	15	Laje L302 e vigas V343(b) E V302(a,b) da EL.+11,60 e VE7 (MAPA DE CONCRETAGEM 03.D.LV)	-	-	30,30	33,60	-	-
								-	-	28,60	33,50	-	-
	2840	15	12 Mix	7	30	14	Laje L302 e viga V343(b) da EL.+11,60 e VE8 (MAPA DE CONCRETAGEM 03.D.LV)	-	-	28,50	31,20	-	-
								-	-	26,60	30,60	-	-
	2841	16	12 Mix	8	30	11	Laje L302 e vigas V343 e V309 da EL.+11,60 (MAPA DE CONCRETAGEM 03.D.LV)	-	-	32,70	34,50	31,20	29,10
								-	-	31,00	33,50		
	2843	17	12 Mix	8	30	15	Laje L302 e vigas V350(b,c), V305 e V302(e) da EL.+11,60 (MAPA DE CONCRETAGEM 03.D.LV)	-	-	29,70	33,00	-	-
								-	-	28,40	32,70	-	-
	2844	18	12 Mix	8	30	12	Laje L302 e vigas V302(d) e V349(e) da EL.+11,60 (MAPA DE CONCRETAGEM 03.D.LV)	-	-	31,60	32,80	-	-
								-	-	30,10	32,20	-	-
	2845	19	12 Mix	7	30	16	Laje L302 e viga V302(c,d) da EL.+11,60 (MAPA DE CONCRETAGEM 03.D.LV)	-	-	30,90	32,00	-	-
								-	-	28,80	30,90	-	-
	2846	20	12 Mix	8	30	11	Laje L302 e viga V309 da EL.+11,60 (MAPA DE CONCRETAGEM 03.D.LV)	-	-	29,90	32,10	31,40	29,40
								-	-	29,00	31,00		
	2847	21	12 Mix	8	30	16	Laje L302 e vigas V310 da EL.+11,60 (MAPA DE CONCRETAGEM 03.D.LV)	-	-	32,20	38,40	-	-
								-	-	29,40	34,10	-	-
	2848	22	12 Mix	4	30	11	Laje L302 e L306 e viga V348 da EL.+11,60 (MAPA DE CONCRETAGEM 03.D.LV)	-	-	30,20	31,50	-	-
								-	-	27,10	30,50	-	-
	2890	1	12 Mix	8	30	13	Laje L301 e vigas V337, V307 e V301(e) da EL.+11,60 (MAPA DE CONCRETAGEM 03.E.LV.)	-	-	30,30	32,10	-	-
								-	-	27,70	30,70	-	-
	2891	2	12 Mix	8	30	12	Laje L301 e vigas V307 e V301(e) da EL.+11,60 (MAPA DE CONCRETAGEM 03.E.LV.)	-	-	27,10	30,60	-	-
								-	-	26,70	30,40	-	-
	2892	3	12 Mix	8	30	16	Laje L301 e vigas V307 e V301(d) da EL.+11,60 (MAPA DE CONCRETAGEM 03.E.LV.)	-	-	26,10	31,00	-	-
								-	-	24,80	30,50	-	-

CONTROLE DOS RESULTADOS DO ENSAIO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO E MÓDULO DE DEFORMAÇÃO - TRÊS CORAÇÕES - MESO / SUPER

DATA DA MOLDAGEM DOS CPS	Nº DA NOTA FISCAL	Nº CAMINHÃO	FORNECEDOR	VOLUME M³	FCK	SLUMP TEST	LOCAL APLICADO	RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO - MPa				MÓDULO DE DEFORMAÇÃO GPa	
								7 DIAS	14 DIAS	21 DIAS	28 DIAS	E _{cl}	E _{cs}
01/07/2021	2893	4	12 Mix	8	30	13	Laje L301 e viga e V301(c) da EL.+11,60 (MAPA DE CONCRETAGEM 03.E.LV.)	-	-	35,30	37,10	30,70	27,40
								-	-	32,70	36,50		
	2894	5	12 Mix	8	30	16	Laje L301 e vigas V306 e V301(b,c) da EL.+11,60 (MAPA DE CONCRETAGEM 03.E.LV.)	-	-	32,50	34,40	-	-
								-	-	28,30	32,80	-	-
	2895	6	12 Mix	8	30	16	Laje L301 e vigas V306, V313 e V336(b) da EL.+11,60 (MAPA DE CONCRETAGEM 03.E.LV.)	-	-	33,30	35,30	-	-
								-	-	29,30	34,10	-	-
	2896	7	12 Mix	8	30	15	Laje L301, vigas V332(e), V304, V330 e V301(a,b) da EL.+11,60 e escada E1 (EL.+7,75 a +11,60) (MAPA DE CONCRETAGEM 03.E.LV.)	-	-	30,90	34,80	-	-
								-	-	27,40	32,50	-	-
	2897	8	12 Mix	9	30	16	Laje L301, viga V315 da EL.+11,60 e escada E1 (EL.+7,75 a +11,60) (MAPA DE CONCRETAGEM 03.E.LV.)	-	-	27,70	32,20	31,30	29,70
								-	-	27,40	30,50		
	2898	9	12 Mix	8	30	16	Lajes L301 e L305, vigas V332(b,c,d), V333, V334 e V313 da EL.+11,60 (MAPA DE CONCRETAGEM 03.E.LV.)	-	-	32,20	33,50	-	-
								-	-	31,40	33,20	-	-
	2899	10	12 Mix	8	30	13	Lajes L301 e L305, vigas V335, V315(a), V336(a) da EL.+11,60 (MAPA DE CONCRETAGEM 03.E.LV.)	-	-	32,80	33,60	-	-
								-	-	31,80	33,30	-	-
	2900	11	12 Mix	8	30	11	Laje L301 e vigas V338, V325(d,e) e V319 da EL.+11,60 (MAPA DE CONCRETAGEM 03.E.LV.)	-	-	40,00	42,20	-	-
								-	-	38,90	41,30	-	-
	2901	12	12 Mix	8	30	14	Laje L301 e vigas V325(b,c) e V319 da EL.+11,60 (MAPA DE CONCRETAGEM 03.E.LV.)	-	-	37,50	39,70	34,40	28,03
								-	-	33,70	38,90		
	2902	13	12 Mix	9	30	15	Laje L301 da EL.+11,60 (MAPA DE CONCRETAGEM 03.E.LV.)	-	-	37,20	40,40	-	-
								-	-	32,50	38,80	-	-
	2903	14	12 Mix	8	30	16	Laje L301 e viga V336(a) (MAPA DE CONCRETAGEM 03.E.LV.)	-	-	34,50	35,80	-	-
								-	-	30,30	35,50	-	-
	2904	15	12 Mix	8	30	14	Laje L301 e vigas V319 e V336(a) (MAPA DE CONCRETAGEM 03.E.LV.)	-	-	40,80	42,30	-	-
								-	-	38,70	41,50	-	-
	2905	16	12 Mix	8	30	13	Laje L301 (MAPA DE CONCRETAGEM 03.E.LV.)	-	-	38,70	42,50	32,00	32,60
								-	-	34,60	41,00		
	2906	17	12 Mix	8	30	13	Laje L301 e vigas V325(a,b) e V331(a) da EL.+11,60 (MAPA DE CONCRETAGEM 03.E.LV.)	-	-	34,40	37,60	-	-
								-	-	34,70	36,60	-	-
	2907	18	12 Mix	10	30	16	Laje L301 e vigas V331(b,c) e V322 da EL.+11,60 (MAPA DE CONCRETAGEM 03.E.LV.)	-	-	41,50	42,60	-	-
								-	-	36,40	42,10	-	-

CONTROLE DOS RESULTADOS DO ENSAIO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO E MÓDULO DE DEFORMAÇÃO - TRÊS CORAÇÕES - MESO / SUPER

DATA DA MOLDAGEM DOS CPS	Nº DA NOTA FISCAL	Nº CAMINHÃO	FORNECEDOR	VOLUME M³	FCK	SLUMP TEST	LOCAL APLICADO	RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO - MPa				MÓDULO DE DEFORMAÇÃO GPa	
								7 DIAS	14 DIAS	21 DIAS	28 DIAS	E _{cl}	E _{cs}
	2908	19	12 Mix	8	30	10	Laje L301 e L304 e vigas V332(a,b), V327 e V311 da EL.+11,60 (MAPA DE CONCRETAGEM 03.E.LV.)	-	-	41,10	43,50	-	-
								-	-	39,40	41,30	-	-
	2909	20	12 Mix	8	30	14	Laje L304 e vigas V317 e V329 da EL.+11,60 (MAPA DE CONCRETAGEM 03.E.LV.)	-	-	42,60	43,10	31,40	30,30
								-	-	39,00	42,70		
	2910	21	12 Mix	3	30	14	Laje L304 e viga V328 da EL.+11,60 (MAPA DE CONCRETAGEM 03.E.LV.)	-	-	33,10	34,90	-	-
								-	-	28,80	34,10	-	-
06/07/2021	2926	1	12 Mix	6	30	16	Pilares P38, P39, P43, P47, P48, P58-P60, P72 e P73 da EL.+11,60 a +15,45	-	-	30,90	35,50	-	-
								-	-	30,90	34,40	-	-
	2928	2	12 Mix	6	30	14	Pilares P7-P12, P23-P28, P36, P37 e P40 da EL.+11,60 a +15,45	-	-	32,00	36,20	-	-
								-	-	31,00	33,20	-	-
	2931	3	12 Mix	6	30	12	Pilares PE2, P44, P56, P57, P69-P71, P74, P83-P88 e Elevador E2 da EL.+11,60 a +15,45	-	-	33,90	36,90	-	-
								-	-	33,70	34,70	-	-
	2933	4	12 Mix	8	30	16	Elevador E2 da EL.+11,60 a +15,45, Escada E2 (Subsolo a +0,05) e laje brise lado direito (EL.+1,225)	-	-	30,40	34,10	-	-
								-	-	29,30	31,80	-	-
	2935	5	12 Mix	3	30	10	Escada E2 (Subsolo a +0,05) e laje brise lado direito do 1º Pavimento	-	-	30,40	33,60	-	-
								-	-	30,10	32,70	-	-
08/07/2021	2940	1	12 Mix	4	30	16	Gradil GV2	-	-	30,60	34,90	-	-
								-	-	28,90	33,80	-	-
09/07/2021	2948	1	12 Mix	7,5	30	14	Escada E1 (Subsolo a +0,05) e lajes e vigas da guarita	-	-	30,70	34,40	-	-
								-	-	28,20	32,00	-	-
15/07/2021	2993	1	12 Mix	5,5	30	15	Elevador E1 da EL.+11,60 a +15,45	-	-	31,20	34,50		
								-	-	30,50	33,50		
	2997	2	12 Mix	7	30	15	Elevador E1 e pilares P3-P6, P17-P20, P31-P33 da EL.+11,60 a +15,45	-	-	31,10	32,80		
								-	-	30,80	32,30		
	3004	3	12 Mix	7	30	12	Pilares P1, P2, P15, P16, P29, P30, P41, P42, PE1, P45, P46, P52, P49, P50, P65, P77 e P82 da EL.+11,60 a +15,45	-	-	30,20	32,00		
								-	-	29,10	30,60		
16/07/2021	3016	1	12 Mix	6	30	16	Pilares P51, P53, P61-P64, P66 e P78-P81 da EL.+11,60 a +15,45 e lajes do brise do lado esquerdo da EL.+1,125	-	-	33,20	34,50		
								-	-	31,50	35,50		
	3020	2	12 Mix	8	30	16	Lajes do brise do lado esquerdo do 1º Pavimento	-	-	31,10	34,80		
								-	-	30,80	32,80		

CONTROLE DOS RESULTADOS DO ENSAIO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO E MÓDULO DE DEFORMAÇÃO - TRÊS CORAÇÕES - MESO / SUPER

DATA DA MOLDAGEM DOS CPS	Nº DA NOTA FISCAL	Nº CAMINHÃO	FORNECEDOR	VOLUME M³	FCK	SLUMP TEST	LOCAL APLICADO	RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO - MPa				MÓDULO DE DEFORMAÇÃO GPa	
								7 DIAS	14 DIAS	21 DIAS	28 DIAS	E _{cl}	E _{cs}
	3021	3	12 Mix	4,5	30	16	Base da sapata do gradil GV3	-	-	31,20	33,00		
								-	-	30,10	30,00		
22/07/2021	3073	1	12 Mix	3,5	30	20	Estacas do Mastro de Bandeira	-	-		30,50		
								-	-		26,00		
	3075	2	12 Mix	3	30	16	Base da sapata do gradil GV1	-	-		37,00		
								-	-		25,50		
	3097	3	12 Mix	5	30	16	Base da sapata do gradil GV1	-	-		40,00		
								-	-		39,60		
	3135	1	12 Mix	8	30	13	Laje L405 e L403 e vigas V446(b,c) e V403(a) da El.+15,45 (MAPA DE CONCRETAGEM 04.D.LV)	-	-	37,70	42,60		
								-	-	36,80	41,00		
	3136	2	12 Mix	8	30	16	Laje L405 e L403 e vigas V446(b) e V403(a) da El.+15,45 (MAPA DE CONCRETAGEM 04.D.LV)	-	-	34,20	36,40		
								-	-	33,20	35,40		
	3140	3	12 Mix	8	30	16	Laje L405 e L403 e vigas V412 e V403(a,b) da El.+15,45 (MAPA DE CONCRETAGEM 04.D.LV)	-	-	35,20	36,10		
								-	-	31,30	35,80		
	3139	4	12 Mix	8	30	14	Laje L405 e L403 e viga V403(b,c) da El.+15,45 (MAPA DE CONCRETAGEM 04.D.LV)	-	-	34,70	38,10	30,90	30,10
								-	-	33,80	37,70		
	3141	5	12 Mix	8	30	13	Laje L405 e L403 e vigas V412, V408 e V403(c) da El.+15,45 (MAPA DE CONCRETAGEM 04.D.LV)	-	-	35,60	37,60		
								-	-	35,10	36,00		
	3142	6	12 Mix	8	30	12	Laje L405 e vigas V406 e V453(a) da El.+15,45 (MAPA DE CONCRETAGEM 04.D.LV)	-	-	35,50	38,10		
								-	-	33,50	37,20		
	3143	7	12 Mix	8	30	16	Lajes L405 e L403 e viga V403(c,d) da El.+15,45 (MAPA DE CONCRETAGEM 04.D.LV)	-	-	37,10	42,20		
								-	-	34,10	38,90		
	3145	8	12 Mix	8	30	16	Lajes L405 e L403 e viga V403(d,e) da El.+15,45 (MAPA DE CONCRETAGEM 04.D.LV)	-	-	37,80	38,90	31,10	27,20
								-	-	32,80	38,70		
	3146	9	12 Mix	8	30	14	Laje L405 e viga V453(b,c) da El.+15,45 (MAPA DE CONCRETAGEM 04.D.LV)	-	-	37,50	39,90		
								-	-	37,40	37,90		
	3147	10	12 Mix	8	30	14	Lajes L405, L416 e L410 e vigas V408, V415, V413, V456, V451(d,e) e V450 da El.+15,45 (MAPA DE CONCRETAGEM 04.D.LV)	-	-	31,60	34,40		
								-	-	31,60	32,20		
	3148	11	12 Mix	8	30	14	Lajes L405 e L410 e vigas V454, V456, V451(c,d) da El.+15,45 (MAPA DE CONCRETAGEM 04.D.LV)	-	-	33,30	37,40		
								-	-	32,40	35,90		

CONTROLE DOS RESULTADOS DO ENSAIO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO E MÓDULO DE DEFORMAÇÃO - TRÊS CORAÇÕES - MESO / SUPER

DATA DA MOLDAGEM DOS CPS	Nº DA NOTA FISCAL	Nº CAMINHÃO	FORNECEDOR	VOLUME M³	FCK	SLUMP TEST	LOCAL APLICADO	RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO - MPa				MÓDULO DE DEFORMAÇÃO GPa	
								7 DIAS	14 DIAS	21 DIAS	28 DIAS	E _{cl}	E _{cs}
30/07/2021	3149	12	12 Mix	8	30	13	Lajes L405 e L410 e vigas V455, V451(a,b) e V422 da El.+15,45 (MAPA DE CONCRETAGEM 04.D.LV)	-	-	33,90	37,50	31,70	27,00
								-	-	30,60	35,70		
	3150	13	12 Mix	8	30	13	Lajes L405 e L409 e vigas V449, V450 da El.+15,45 (MAPA DE CONCRETAGEM 04.D.LV)	-	-	33,80	36,40		
								-	-	32,10	36,00		
	3151	14	12 Mix	8	30	12	Laje L405 e vigas V424 e V452(c) da El.+15,45 (MAPA DE CONCRETAGEM 04.D.LV)	-	-	36,90	38,30		
								-	-	34,10	38,10		
	3152	15	12 Mix	8	30	14	Laje L405 e vigas V447, V417 e V427(e) da El.+15,45 (MAPA DE CONCRETAGEM 04.D.LV)	-	-	35,20	41,20		
								-	-	34,20	36,90		
	3153	16	12 Mix	8	30	12	Lajes L405 e L414 e vigas V452(a,b) e V427(e) da El.+15,45 (MAPA DE CONCRETAGEM 04.D.LV)	-	-	38,30	39,00	32,00	30,30
								-	-	37,10	38,70		
	3154	17	12 Mix	8	30	14	Lajes L405 e L414 e viga V427(d) da El.+15,45 (MAPA DE CONCRETAGEM 04.D.LV)	-	-	37,00	41,60		
								-	-	36,70	38,40		
	3155	18	12 Mix	8	30	13	Lajes L405 e L414 e viga V427(c,d) da El.+15,45 (MAPA DE CONCRETAGEM 04.D.LV)	-	-	35,50	38,10		
								-	-	32,90	36,60		
	3156	19	12 Mix	8	30	12	Lajes L405 e L414 e vigas V445(a,b) e V427(a) da El.+15,45 (MAPA DE CONCRETAGEM 04.D.LV)	-	-	34,90	42,30		
								-	-	32,30	42,30		
	3157	20	12 Mix	8	30	12	Laje L405 e vigas V455(c) e V421 da El.+15,45 (MAPA DE CONCRETAGEM 04.D.LV)	-	-	36,80	37,30	31,20	30,10
								-	-	35,40	37,10		
	3158	21	12 Mix	8	30	14	Lajes L405 e L414 e viga V427(a,b) da El.+15,45 (MAPA DE CONCRETAGEM 04.D.LV)	-	-	35,50	37,10		
								-	-	34,20	35,70		
	3159	22	12 Mix	8	30	15	Lajes L405 e L414 e viga V427(b,c) da El.+15,45 (MAPA DE CONCRETAGEM 04.D.LV)	-	-	38,20	41,10		
								-	-	37,00	40,60		
	3160	23	12 Mix	8	30	14	Laje L405 e vigas V447(a) e V421 da El.+15,45 (MAPA DE CONCRETAGEM 04.D.LV)	-	-	37,70	40,20		
								-	-	35,10	39,00		
	3161	24	12 Mix	8	30	14	Laje L405 da El.+15,45 (MAPA DE CONCRETAGEM 04.D.LV)	-	-	38,80	41,80		
								-	-	38,20	40,70		
06/08/2021	3211	1	12 Mix	4	30	10	BA3, vigas V445 e V446 e P55 da El.+15,45	-	-	38,50	40,20		
								-	-	34,80	38,90		
	3214	2	12 Mix	7	30	14	P81, P82, P54, P67, P68, P75, P76 da El.+15,45 e lajes do brise do lado direito do 2º Pavimento	-	-	34,30	40,20		
								-	-	34,20	38,60		

CONTROLE DOS RESULTADOS DO ENSAIO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO E MÓDULO DE DEFORMAÇÃO - TRÊS CORAÇÕES - MESO / SUPER

DATA DA MOLDAGEM DOS CPS	Nº DA NOTA FISCAL	Nº CAMINHÃO	FORNECEDOR	VOLUME M³	FCK	SLUMP TEST	LOCAL APLICADO	RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO - MPa				MÓDULO DE DEFORMAÇÃO GPa	
								7 DIAS	14 DIAS	21 DIAS	28 DIAS	E _{cl}	E _{cs}
	3216	3	12 Mix	5	30	15	Lajes do brise do lado direito do 2º Pavimento, sapata de fundação do gradil GV1 e laje de apoio do mastro	-	-	39,30	40,80		
								-	-	37,10	39,50		
19/08/2021	3240	1	12 Mix	8	30	12	Laje L404 e viga V439 da EL.+15,45 (MAPA DE CONCRETAGEM 04.E.LV)	-	-	35,80	37,30		
								-	-	31,60	32,20		
	3241	2	12 Mix	8	30	11	Lajes L404 e L412 e viga V426(d,e) da EL.+15,45 (MAPA DE CONCRETAGEM 04.E.LV)	-	-	34,40	36,20		
								-	-	32,00	32,80		
	3242	3	12 Mix	8	30	13	Laje L404 e viga V419 da EL.+15,45 (MAPA DE CONCRETAGEM 04.E.LV)	-	-	34,00	40,10		
								-	-	33,70	38,60		
	3243	4	12 Mix	8	30	12	Lajes L404 e L412 e viga V426(c,d) da EL.+15,45 (MAPA DE CONCRETAGEM 04.E.LV)	-	-	38,60	41,60	31,90	28,20
								-	-	32,80	39,40		
	3244	5	12 Mix	8	30	14	Laje L404 e viga V419 da EL.+15,45 (MAPA DE CONCRETAGEM 04.E.LV)	-	-	33,90	38,70		
								-	-	32,30	36,70		
	3245	6	12 Mix	8	30	15	Laje L404 e L412 e viga V426(b,c) da EL.+15,45 (MAPA DE CONCRETAGEM 04.E.LV)	-	-	41,50	42,90		
								-	-	37,90	41,90		
	3247	7	12 Mix	8	30	15	Laje L404 e L412 e vigas V426(a) e V432(a,b) da EL.+15,45 (MAPA DE CONCRETAGEM 04.E.LV)	-	-	40,60	44,80		
								-	-	37,60	42,40		
	3248	8	12 Mix	8	30	13	Laje L404 da EL.+15,45 (MAPA DE CONCRETAGEM 04.E.LV)	-	-	40,80	45,40	31,60	28,00
								-	-	40,70	45,00		
	3250	9	12 Mix	8	30	15	Laje L404 e vigas V432(b,c), V423 e V434(a) da EL.+15,45 (MAPA DE CONCRETAGEM 04.E.LV)	-	-	37,10	38,70		
								-	-	35,50	37,40		
	3251	10	12 Mix	8	30	15	Lajes L404 e L401 e vigas V440(b,c) e V402(d,e) da EL.+15,45 (MAPA DE CONCRETAGEM 04.E.LV)	-	-	34,90	42,40		
								-	-	34,70	39,10		
	3252	11	12 Mix	8	30	16	Laje L404 e viga V440(b) da EL.+15,45 (MAPA DE CONCRETAGEM 04.E.LV)	-	-	33,30	38,10		
								-	-	32,50	37,10		
	3253	12	12 Mix	8	30	16	Laje L404 e vigas V440(a,b) e V410 da EL.+15,45 (MAPA DE CONCRETAGEM 04.E.LV)	-	-	37,00	40,00	31,90	27,90
								-	-	37,00	38,10		
	3255	13	12 Mix	8	30	12	Lajes L404 e L401 e vigas V410 e V402(c,d) da EL.+15,45 (MAPA DE CONCRETAGEM 04.E.LV)	-	-	41,10	43,30		
								-	-	40,70	41,30		
	3254	14	12 Mix	8	30	11	Lajes L404 e L401 e viga V402(a,b) da EL.+15,45 (MAPA DE CONCRETAGEM 04.E.LV)	-	-	36,80	38,70		
								-	-	36,60	37,50		

CONTROLE DOS RESULTADOS DO ENSAIO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO E MÓDULO DE DEFORMAÇÃO - TRÊS CORAÇÕES - MESO / SUPER

DATA DA MOLDAGEM DOS CPS	Nº DA NOTA FISCAL	Nº CAMINHÃO	FORNECEDOR	VOLUME M³	FCK	SLUMP TEST	LOCAL APLICADO	RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO - MPa				MÓDULO DE DEFORMAÇÃO GPa	
								7 DIAS	14 DIAS	21 DIAS	28 DIAS	E _{cl}	E _{cs}
	3256	15	12 Mix	8	30	16	Laje L404 e viga V407 da EL.+15,45 (MAPA DE CONCRETAGEM 04.E.LV)	-	-	38,30	41,00	32,20	29,00
								-	-	38,80	40,80		
	3257	16	12 Mix	8	30	16	Laje L404 da EL.+15,45 (MAPA DE CONCRETAGEM 04.E.LV)	-	-	41,60	43,10		
								-	-	37,80	42,70		
	3258	17	12 Mix	8	30	16	Lajes L404 e L401 e vigas V402(a), V405 e V433 da EL.+15,45 (MAPA DE CONCRETAGEM 04.E.LV)	-	-	40,80	43,20		
								-	-	33,70	42,00		
	3259	18	12 Mix	8	30	16	Laje L404 e L415 e vigas V407 e V414 da EL.+15,45 (MAPA DE CONCRETAGEM 04.E.LV)	-	-	40,30	40,60		
								-	-	39,40	40,50		
	3260	19	12 Mix	8	30	15	Laje L404 e L408 e vigas V435, V437, V416 e V414 da EL.+15,45 (MAPA DE CONCRETAGEM 04.E.LV)	-	-	40,00	43,00		
								-	-	37,00	42,00		
	3261	20	12 Mix	8	30	16	Laje L404 e viga V438(a) da EL.+15,45 (MAPA DE CONCRETAGEM 04.E.LV)	-	-	36,00	41,00	31,60	29,40
								-	-	35,20	38,80		
	3262	21	12 Mix	8	30	15	Laje L404 e vigas V438(a,b) e V416 da EL.+15,45 (MAPA DE CONCRETAGEM 04.E.LV)	-	-	35,70	45,70		
								-	-	34,00	45,00		
	3263	22	12 Mix	8	30	10	Lajes L404 e L407 e vigas V434(b), V418 e V429 da EL.+15,45 (MAPA DE CONCRETAGEM 04.E.LV)	-	-	41,60	44,20		
								-	-	36,80	42,40		
	3264	23	12 Mix	8	30	14	Lajes L407 e vigas V429, V430, V431 e V434(b) da EL.+15,45 (MAPA DE CONCRETAGEM 04.E.LV)	-	-	42,40	45,00		
								-	-	40,80	43,80		
	3265	24	12 Mix	8	30	16	Lajes L404 e L407 e vigas V434(c) da EL.+15,45 (MAPA DE CONCRETAGEM 04.E.LV)	-	-	39,40	42,70		
								-	-	37,10	40,60		
24/08/2021	3286	1	12 Mix	6	30	14	P13, P14, P21, P22, P34, P35, P37, P40, P44, V440, LCM2, VCM2, E2	-	-	38,30	47,00		
								-	-	36,50	41,20		
	3287	2	12 Mix	7,5	30	16	P90, P38, P39, P43, P47, P48, P57, P58, P59, P60, PE1, B1, B2, V439	-	-	42,10	44,40		
								-	-	38,10	43,40		
	3344	1	12 Mix	4	30	14	Laje L411 da EL.+15,45 (MAPA DE CONCRETAGEM 04.C.LV)	-	-	35,20	41,30		
								-	-	33,10	37,70		
	3347	2	12 Mix	8	30	16	Laje L411 e vigas V441(b,c), V420, V425 e V443(b,c) e Escada E2 (EL.+11,60 a +15,45) da EL.+15,45 (MAPA DE CONCRETAGEM 04.C.LV)	-	-	35,10	44,40		
								-	-	34,30	37,60		

CONTROLE DOS RESULTADOS DO ENSAIO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO E MÓDULO DE DEFORMAÇÃO - TRÊS CORAÇÕES - MESO / SUPER

DATA DA MOLDAGEM DOS CPS	Nº DA NOTA FISCAL	Nº CAMINHÃO	FORNECEDOR	VOLUME M³	FCK	SLUMP TEST	LOCAL APLICADO	RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO - MPa				MODULO DE DEFORMAÇÃO GPa	
								7 DIAS	14 DIAS	21 DIAS	28 DIAS	E _{cl}	E _{cs}
31/08/2021	3349	3	12 Mix	8	30	16	Lajes L411 e L413 e vigas V443(a) e V428 da El.+15,45 (MAPA DE CONCRETAGEM 04.C.LV)	-	-	38,30	39,00		
								-	-	34,50	38,30		
	3353	4	12 Mix	8	30	16	Laje L413 e vigas V441(a) e V428 da El.+15,45 (MAPA DE CONCRETAGEM 04.C.LV)	-	-	35,30	41,60	31,10	28,20
								-	-	30,50	37,70		
	3354	5	12 Mix	8	30	11	Laje L411 da El.+15,45 (MAPA DE CONCRETAGEM 04.C.LV)	-	-	36,40	42,90		
								-	-	35,00	40,20		
09/09/2021							Laje L411 da El.+15,45 (MAPA DE CONCRETAGEM 04.C.LV) e BA1, BA2, BA4-BA12, Elevador E1, LCM1, VCM1. Pilares P89, P29-P31, P41, P42, P45, P46, P49, P50.	-	-	37,10	38,90		
								-	-	36,50	37,70		
	3403	1	12 Mix	8	30	12	P89, PE1 e P52 da El.+15,45, lajes L507 e L508 e vigas V511(a), V508, V512, V506 e V504 da El.+18,73		-	35,00	42,20		
								-	-	33,20	38,60		
	3405	2	12 Mix	8	30	14	Lajes L505 a L508, L510 e vigas V511(b), V502 da El.+18,73	-	-	37,40	44,50		
								-	-	32,90	40,20		
10/09/2021							Laje LF4 e vigas VC3 e VC4 da El.+17,97	-	-	35,10	42,90	33,20	28,80
								-	-	32,40	38,20		
	3411	4	12 Mix	8	30	14		-	-	35,10	42,90		
								-	-	32,40	38,20		
	3413	5	12 Mix	8	30	16	Laje LF3 da El.+17,97 e lajes L506 e L507 da El.+18,73	-	-	35,60	42,50		
								-	-	33,20	41,10		
17/09/2021							Laje L405 e vigas V404, V411 e V444(a) da El.+15,45 (MAPA DE CONCRETAGEM 04.C.LV)	-	-	33,40	41,20		
								-	-	31,00	36,50		
	3415	1	12 Mix	8	30	14		-	-	32,60	38,10		
								-	-	31,70	37,60		
	3416	2	12 Mix	10	30	15	Lajes L402 e L405 e vigas V401, V404, V411 e V442 da El.+15,45 (MAPA DE CONCRETAGEM 04.C.LV)	-	-	31,40	37,30		
								-	-	29,90	36,70		
17/09/2021							Lajes L402 e L405 e vigas V401 e V444 da El.+15,45 (MAPA DE CONCRETAGEM 04.C.LV) e laje do brise do lado direito do 3º pavimento	-	-	33,80	39,80	30,80	28,20
								-	-	32,00	39,00		
	3419	3	12 Mix	8	30	14		-	-	33,80	39,80		
								-	-	32,00	39,00		
	3422	4	12 Mix	10	30	12		-	-	33,80	39,80		
								-	-	32,00	39,00		
17/09/2021							Vigas V441, V428 e V443 da El.+15,45	-	-	39,10	45,70		
								-	-	35,70	44,10		
	3450	1	12 Mix	8	30	14		-	-	38,80	52,40		
								-	-	38,80	47,60		
	3454	2	12 Mix	8	30	16	Lajes LF1 e L501 e vigas V501 e V510(b) da El.+18,73	-	-	38,30	44,90		
								-	-	36,60	44,20		
	3455	3	12 Mix	10	30	15	Lajes L501-L504 e vigas V503, V505 e V509 da El.+18,73	-	-	37,80	46,40	31,50	29,90
								-	-	35,30	41,10		
	3456	4	12 Mix	8	30	15	Lajes L504 e viga V510 da El.+18,73 e LF2 da El.+17,97	-	-	37,90	44,00		
								-	-	35,70	40,90		
	3457	5	12 Mix	10	30	13	Lajes L504 e L503 vigas V509 e V507 da El.+18,73 e PAR.9, PAR.10, PAR.13 e PAR.15	-	-	40,70	49,20		
										38,40	45,90		
VOLUME TOTAL DE CONCRETO (M³)				2380,50									