

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ENGENHARIA - CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

THAIS FEITOZA BEZERRA

A UTILIZAÇÃO DE CONTRAPISO AUTONIVELANTE EM EDIFÍCIOS E SEU IMPACTO PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL

**ILHA SOLTEIRA
JUNHO DE 2022**

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ENGENHARIA - CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

A UTILIZAÇÃO DE CONTRAPISO AUTONIVELANTE EM EDIFÍCIOS E SEU IMPACTO PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao curso de Engenharia Civil da Faculdade de
Engenharia do Campus de Ilha Solteira –
UNESP, como parte dos requisitos para
obtenção do grau de Engenharia Civil.

Thais Feitoza Bezerra

Orientador: Prof. Dr. Marco Antonio de Moraes
Alcântara

**ILHA SOLTEIRA
JUNHO DE 2022**

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

B574u Bezerra, Thais Feitoza.
A utilização de contrapiso autonivelante em edifícios e seu impacto para a construção civil / Thais Feitoza Bezerra. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2022
58 f. : il.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil) -
Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, 2022

Orientador: Marco Antônio de Moraes Alcantara
Inclui bibliografia

1. Contrapiso. 2. Argamassa fluida. 3. Contrapiso convencional .


Raiane da Silva Santos

Supervisora Técnica de Seção
Seção Técnica de Referência, Atendimento ao usuário e Documentação
Diretoria Técnica de Biblioteca e Documentação
CRB/8 - 9999

Thais Feitoza Bezerra

**A UTILIZAÇÃO DE CONTRAPISO AUTONIVELANTE EM EDIFÍCIOS E SEU
IMPACTO PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)
apresentado como parte dos requisitos para
obtenção do grau de Engenharia Civil, junto ao
Curso de Graduação em Engenharia Civil, da
Faculdade de Engenharia da Universidade
Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”,
Câmpus de Ilha Solteira.

Aprovada em 25/07/2022

Comissão Examinadora


Prof. Dr. Marco Antônio de Moraes Alcantara
UNESP/FE - Campus de Ilha Solteira (Orientador)


Prof. Dr. Adriano Souza
UNESP/FE - Campus de Ilha Solteira


Prof. Dr. Artur Pantoja Marques
UNESP/FE - Campus de Ilha Solteira

Ilha Solteira
25 de julho de 2022

DEDICATÓRIA

Aos meus pais e irmão pelo apoio incondicional e por toda luta para que eu pudesse realizar o sonho de ser engenheira.

RESUMO

A indústria da construção civil vem passando por diversas transformações ao longo dos anos. As novas relações econômicas vêm estabelecendo um aumento na competitividade entre as empresas, que buscam cada vez mais investir em produtividade e otimização de recursos.

Neste cenário, diversos projetos de inovação ganham espaço no setor e, entre eles, um de grande destaque é o método de execução de contrapiso com argamassa fluida. Esta tecnologia permite redução do custo e prazo de execução do serviço, maior segurança aos colaboradores, melhoria na logística de canteiro e redução de entulho gerado.

Apesar do grande potencial de melhoria, é um sistema pouco difundido e estudado. Assim, o objetivo deste trabalho é apresentar um estudo comparativo sobre custo e prazo de execução do sistema em argamassa fluida e convencional, analisando também os parâmetros de qualidade, bem como vantagens e pontos de atenção do sistema.

Palavras-Chave: contrapiso, argamassa fluida, contrapiso convencional

ABSTRACT

The construction industry has undergone several transformations over the years. The new economic relations have established an increase in competitiveness among companies, which are investing in productivity and resource optimization.

In this scenario, several innovation projects gain space in the sector and, among them, comes the screed execution method using fluid mortar. This technology provides a reduction in the cost and time of execution, contribute to safety of employees and improves site logistics.

Despite the great potential, the absence of regulation complicates the project development. Thus, this work aims to present a comparative study on cost and execution time of the system in fluid and conventional mortar, also analyzing the quality parameters, as well as advantages and disadvantages of the system.

Palavras-Chave: screed, fluid mortar, semi-dry mortar,

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Exemplo genérico de um sistema de piso e seus componentes.....	14
Figura 2 – Fachada da Torre C (em construção).....	22
Figura 3 – Fachada das Torres A e B (em construção)	23
Figura 4 – Ilustração do empreendimento (não executado)	23
Figura 5 – Planta Baixa do pavimento tipo da Torre C.....	24
Figura 6 – Planta Baixa do pavimento tipo das Torres A e B.....	25
Figura 7 – Planta Baixa dos finais 01 e 04 (Torre C)	25
Figura 8 – Planta Baixa dos finais 02 e 03 (Torre C)	26
Figura 9 – Planta Baixa do final 01 (Torres A e B)	27
Figura 10 – Planta Baixa dos finais 02 e 03 (Torres A e B)	27
Figura 11 – Áreas executadas em Argamassa Fluida (Torre C – finais 01 e 04)	28
Figura 12 – Áreas executadas em Argamassa Fluida (Torre C – finais 02 e 03)	29
Figura 13 – Áreas executadas em Argamassa Fluida (Torres A e B – final 01).....	29
Figura 14 – Áreas executadas em Argamassa Fluida (Torres A e B – finais 02 e 03)	30
Figura 15 – Composição e Dosagem da Argamassa Fluida	35
Figura 16 – Preparo da estrutura	37
Figura 17 – Barreiras de Contenção para isolamento de áreas	38
Figura 18 – Contenção executada no primeiro pavimento da Torre C.....	38
Figura 19 – Execução de junta de dessolidarização	39
Figura 20 – Contrapiso em argamassa fluida executado na Torre C.....	40
Figura 21 – Aplicação da Argamassa Fluida	40
Figura 22 – Serviço finalizado.....	41
Figura 23 – Ensaio de resistência de aderência à tração	42
Figura 24 - Relatório de Ensaio de resistência de aderência à tração	43
Figura 25 – Falhas de nivelamento e planicidade	46
Figura 26 – Falhas por rompimento das barreiras de isolamento	47
Figura 27 – Surgimento de bolhas.....	48
Figura 28 – Fissuras	49
Figura 29 – Processo de recuperação das fissuras superficiais.....	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Limites da distribuição granulométrica do agregado miúdo.....	20
Tabela 2 – Áreas de Contrapiso da Torre C.....	31
Tabela 3 – Áreas de Contrapiso das Torres A e B.....	32
Tabela 4 – Escopo para execução dos serviços.....	34
Tabela 5 – Parâmetros para Controle de Qualidade.....	44
Tabela 6 – Áreas para Contrapiso executado com argamassa semiseca	51
Tabela 7 – Áreas para Contrapiso executado com argamassa autonivelante	51
Tabela 8 – Composição para Contrapiso em Sistema Convencional	52
Tabela 9 – Composição para Contrapiso em Sistema Autoadensável	52
Tabela 10 – Custo final do serviço (Sistema Convencional).....	53
Tabela 11 – Custo final do serviço (Argamassa Autoadensável).....	53
Tabela 12 – Cronograma de Execução para Argamassa Fluida.....	54
Tabela 13 – Cronograma de Execução para Sistema Convencional.....	54

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
1.1. Justificativa	10
1.2. Objetivos	11
1.3. Metodologia de Pesquisa	12
1.4. Parâmetros para o Estudo de Caso	12
1.5. Estruturação do trabalho	13
2. O SISTEMA DE CONTRAPISO	14
2.1. Caracterização do sistema de vedação horizontal	14
2.2. Propriedades da Camada de Contrapiso	15
2.3. Classificação da Camada de Contrapiso	16
3. CONTRAPISO DE ARGAMASSA FLUIDA	18
3.1. Produção do Contrapiso em Argamassa Fluida	19
4. ESTUDO DE CASO	21
4.1. Dados da Obra e informações sobre o estudo	21
4.2. Contratação dos Serviços	33
4.3. Procedimentos de execução	35
4.4. Controle de qualidade	41
4.5. Análise dos custos	51
4.6. Prazos para execução	54
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	55
6. CONCLUSÃO	55

1. INTRODUÇÃO

1.1. Justificativa

No Brasil, a indústria da construção civil atravessou momentos difíceis durante a década de 1970, logo após o milagre econômico. Na década de 1980, conhecida como “década perdida”, o país sofreu uma forte retração industrial, baixo crescimento econômico e altas taxas de inflação, que resultaram em perda de poder de consumo da população e agravou ainda mais o quadro de estagnação econômica. (TELLES, 1994)

As significativas mudanças socioeconômicas do final da década de 1980 forçaram a indústria a repensar sua forma de produção e questionar o seu atraso tecnológico frente aos outros setores. Apesar da difusão dessas inovações ser semelhante a qualquer outro segmento, a construção civil tem como particularidade o conservadorismo dos profissionais envolvidos. Essa resistência a assumir riscos se dá principalmente pela dependência quanto à pesquisa de novos materiais e equipamentos e a multidisciplinaridade dos projetos, que às vezes significa o envolvimento de muitas empresas. (ARO E AMORIM, 2004)

As novas relações econômicas vêm estabelecendo um aumento na competitividade entre as empresas. Nesse cenário, investir em produtividade e otimização de recursos é essencial para a conquista e manutenção do mercado.

Segundo Barros (1999, p.1), uma das estratégias que vêm sendo adotadas é a racionalização dos métodos, processo e sistemas construtivos, que visam a diminuição dos custos, cumprimento de prazos e aumento da qualidade e desempenho dos edifícios construídos.

Um exemplo disso é a racionalização do subsistema de vedação vertical, que traz diversos impactos para a produção, visto que está diretamente ligada aos demais subsistemas de um edifício. O uso de projetos de modulação de alvenaria permite uma execução eficiente dos serviços, uma vez que possui os detalhamentos adequados e pensados em conjunto com outras disciplinas como as de instalações, contribuindo para a diminuição dos retrabalhos com corte de blocos e desperdício de materiais.

A argamassa fluida, também denominada no mercado “contrapiso autonivelante”, é um sistema de piso formulado à base de cimento, areia, água e aditivos químicos, caracterizado por uma elevada fluidez, que pode ser bombeada até o local de utilização e possibilita uma rápida aplicação, reduzindo tempo e mão-de-obra para execução do serviço.

No Brasil, apesar de sua utilização não ser algo novo no mercado, poucas empresas utilizam a tecnologia, seja pela escassez de referências normativas e estudos técnicos, pela falta de parâmetros para controle de qualidade na produção do traço ou pela própria resistência da indústria à fugir dos padrões do que já é conhecido.

Além disso, o contrapiso muitas vezes é visto como um sistema secundário, seja pelos motivos já citados ou pela falta de disponibilidade de recursos financeiros suficientes para a elaboração de projetos para todas as disciplinas. Ao analisar edifícios de múltiplos pavimentos, a falta de detalhamento do sistema resulta em espessuras incompatíveis com as requeridas em projeto, resultando em consumo excessivo de materiais e impacto no custo, ou em espessuras que não garantem seu desempenho, ocasionando patologias e não conformidades.

Analisando esse contexto, o presente trabalho tem como finalidade estudar os métodos de execução do sistema de contrapiso convencional e autonivelante, fazendo uma análise comparativa de sua utilização.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo Geral

O objetivo deste trabalho é fazer uma análise comparativa entre o sistema de contrapiso convencional e em argamassa fluida para o uso em edifícios multipavimentos residenciais, que justifique sua utilização.

1.2.2. Objetivos específicos

A partir do estudo de caso:

- Apresentar uma análise dos custos de material e mão de obra para os dois métodos executivos;
- Apresentar uma análise para o prazo de execução de cada sistema;
- Apresentar as patologias apresentadas com o método da argamassa fluida;
- Avaliar as vantagens e desvantagens de cada sistema construtivo.

1.3. Metodologia de Pesquisa

Para a elaboração do trabalho, foi realizado um estudo bibliográfico sobre o contrapiso, suas funções, propriedades, desempenho e técnicas de execução para cada tipologia. Foram utilizados artigos científicos, dissertações, teses e normas técnicas.

Foi realizado também um estudo de caso em um empreendimento residencial localizado na região do Morumbi, na cidade de São Paulo, que possibilitou a elaboração de uma análise comparativa entre o sistema de contrapiso convencional e com argamassa fluida. Com o auxílio de fornecedores e prestadores de serviço, foi possível analisar os custos de cada sistema para material e mão de obra, prazo de execução, produtividade, além de patologias e não conformidades do processo.

1.4. Parâmetros para o Estudo de Caso

Para a análise comparativa, foi considerado a execução do contrapiso com argamassa fluida para um empreendimento residencial de múltiplos pavimentos, com estrutura em concreto armado, sem influência de intempéries, aplicado sobre as lajes do pavimento tipo.

1.5. Estruturação do trabalho

O presente trabalho está estruturado em cinco capítulos.

O primeiro capítulo apresenta uma introdução ao tema, discorrendo sobre a evolução do mercado da construção civil, os objetivos a serem atingidos com a pesquisa e a estruturação do trabalho. O segundo capítulo apresenta as propriedades e características do elemento piso, com foco na camada de contrapiso. No terceiro capítulo, é estudo o sistema de contrapiso com argamassa autoadensável.

Após revisão bibliográfica, no quarto capítulo será apresentado um estudo de caso com dados coletados desde 2021, durante o acompanhamento da execução do sistema. Por fim, o quinto capítulo apresenta a conclusão do estudo.

2. O SISTEMA DE CONTRAPISO

Neste capítulo serão abordados aspectos técnicos relacionados ao sistema de piso com abordagem focada no sistema de contrapiso convencional, definindo suas propriedades, composição, funções e aplicação.

2.1. Caracterização do sistema de vedação horizontal

Segundo a NBR 15575-3 da ABNT (2021, p.16), o sistema de piso pode ser definido como sendo um sistema horizontal ou inclinado composto por um conjunto de camadas destinado a atender à função de estrutura, vedação e tráfego, seguindo os critérios adotados pela norma citada. Sobre as camadas, podem ser estruturais, de contrapiso, fixação ou acabamento, podendo apresentar camadas intermediárias de isolamento e impermeabilização, conforme exemplificado na figura 1.

Figura 1 - Exemplo genérico de um sistema de piso e seus componentes



Fonte: ABNT NBR 15575-3, 2021.

Ainda da NBR 15575-3, temos uma breve definição sobre cada camada. São elas:

- **Camada Estrutural:** refere-se ao elemento do sistema que resistirá às diversas cargas.
- **Camada de Impermeabilização:** composto de uma ou mais camadas, é um conjunto de técnicas construtivas que visam proteger o sistema contra ações destrutivas de fluidos, vapores e umidade.

- **Isolamento Térmico:** composto de uma ou mais camadas, é um conjunto de técnicas construtivas que visam proteger o sistema contra ações de variações de temperatura.
- **Isolamento Acústico:** refere-se ao conjunto de técnicas construtivas com a finalidade de atenuação de ruídos.
- **Camada de Contrapiso:** camada que possui funções de regularização, podendo ser coesa, aderida ou não, e adequada à camada de acabamento que irá receber, podendo servir como camada de embutimento, caimento ou declividade.
- **Camada de Acabamento:** camada que visa revestir a superfície, composta por um ou mais componentes, com função de proteção e acabamento estético.

2.2. Propriedades da Camada de Contrapiso

Barros (1991, p.27) define o contrapiso como uma camada executada sobre laje ou outra camada intermediária, que possui características como espessura, regularidade superficial, resistência mecânica, durabilidade e compacidade, que atendam as suas funções. Entre essas funções, podemos citar a transmissão de cargas à estrutura, base para embutimento de instalações e aplicação de revestimentos de piso e camada que proporciona a realização de desníveis entre ambientes.

Para desempenhar sua função, o contrapiso deve possuir algumas propriedades e requisitos. As propriedades definidas por Barros (1991), são apresentadas a seguir:

- **Resistência mecânica:** pode ser definida com resistência ao desgaste superficial e capacidade de resistir a outros esforços sem desagregação.
- **Resistência à aderência:** refere-se a como a ligação do contrapiso com a base ou revestimento pode interferir na integridade do conjunto.

- **Resistência à deformação:** capacidade que o contrapiso possui de absorver deformações (resiliência), sem apresentar fissurações que comprometam o seu desempenho
- **Condições superficiais:** apresentar nivelamento ou declividade, planicidade e regularidade superficial compatíveis com sua utilização.
- **Durabilidade:** capacidade de manter o desempenho de suas funções ao longo do tempo.

2.3. Classificação da Camada de Contrapiso

Quanto aos tipos de contrapiso, Barros (1991) faz uma classificação quanto ao número de camadas, aderência e materiais utilizados. Visto que na época as argamassas fluidas ainda não tinham espaço no mercado e não eram objeto de estudo aprofundado, Amorim (2015) faz uma análise sobre essa proposta, atualizando a classificação da seguinte maneira:

- **Classificação quanto ao número de camadas:**

O contrapiso pode ser executado em uma ou mais etapas, com camadas de diferentes composições.

Para o contrapiso em camada única, a execução pode ser feita em uma ou mais etapas, mas utilizando o mesmo tipo de argamassa. Sendo assim, mesmo que executado em diversas etapas, não haverá superfície de separação entre elas.

Já para o contrapiso em múltiplas camadas, pode-se utilizar mais que um tipo de argamassa, havendo separação entre as camadas.

- **Classificação quanto aos materiais utilizados:**

Barros (1991) classifica as argamassas quanto aos tipos de aglomerantes e agregados, já Amorim (2015) aponta uma classificação com base nas composições mais utilizadas no Brasil:

As argamassas plásticas, que possuem teor de umidade entre 20% e 25%, possuem consistência similar aos revestimentos de alvenaria. Amorim (2015) ainda

cita a não recomendação de utilização desse tipo de material por parte de Barros (1991), em ambientes internos e externos de edifícios, visto que seu processo de cura requer alguns cuidados específicos.

A argamassa seca é composta pelos mesmos materiais das plásticas, mas com teor de umidade ideal ficando entre 8% e 10%.

As argamassas fluidas, que são objeto de estudo deste trabalho, são compostas por água, areia, cimento e aditivos químicos, podendo ter adições minerais. Sua principal característica que a diferencia das outras, é a sua elevada fluidez e capacidade de auto adensamento, sem necessidade de compactação.

- **Classificação quanto à aderência:**

Para esse critério, Amorim (2015) utiliza a mesma definição de Barros (1991).

O contrapiso aderido é a técnica mais difundida no setor da construção civil pelo fato de que possibilita a execução com maiores espessuras, que podem variar de 20mm a 70mm. Ele possui contato direto com a estrutura, podendo ser incorporado a laje, de maneira que sequem juntos, ou executado posteriormente.

O contrapiso não aderido pode ser executado sobre uma camada estanque ou direto sobre a estrutura e sua aderência não é um critério para garantir o desempenho do sistema. Sua espessura mínima é de 35mm.

O contrapiso flutuante é aplicado sobre camadas que não estão aderidas à estrutura, como por exemplo as camadas de impermeabilização e isolamentos térmico e acústico. Sua espessura pode variar entre 40mm e 70mm.

3. CONTRAPISO DE ARGAMASSA FLUIDA

O contrapiso executado em argamassa fluida é comumente denominado no mercado da construção civil do Brasil como “Contrapiso Autonivelante”. Trata-se de uma argamassa composta por areia, água, cimento e aditivos, que tem como principais características sua fluidez e agilidade do processo executivo.

Este sistema foi inicialmente desenvolvido pelo Professor Hajime Okamura, no Japão, na década de 1980, através da necessidade de obtenção de sistemas estruturais com melhor desempenho, econômicos e com menor tempo de execução. (GOMES *et al.*, 2009).

A EFNARC (2002) ressalta que o sistema foi inicialmente desenvolvido para suprir a falta de mão de obra qualificada e se provou vantajoso economicamente devido a diversos fatores. Entre eles, podemos citar:

- Rapidez de execução;
- Redução da mão de obra;
- Melhor acabamento das superfícies;
- Facilidade de execução;
- Durabilidade comprovada;
- Possibilidade de execução de espessuras reduzidas;
- Redução da exposição à ruídos e vibração;
- Ambiente de trabalho mais seguro.

Durante a elaboração deste estudo, foi possível observar e acrescentar à lista outros aspectos positivos como a redução do estoque de materiais em obra, diminuindo a necessidade de espaço para armazenamento, redução do tráfego de materiais nos elevadores cremalheira impactando na produtividade dos outros serviços, redução de entulho gerado e ambiente de trabalho mais limpo e organizado.

Sobre os pontos desfavoráveis do sistema, podemos citar a impossibilidade de execução em áreas frias, que exigem declividade do contrapiso, e maior atenção para o planejamento e programação do serviço. Como o material é usinado e possui prazo de validade reduzido, é de extrema importância o alinhamento entre fornecedores e agendamento prévio para que o serviço seja executado dentro do prazo limite de tempo e não haja perda do material.

3.1. Produção do Contrapiso em Argamassa Fluida

A argamassa fluida é composta pelos mesmos materiais que a argamassa utilizada no sistema de contrapiso convencional e sua dosagem é de extrema importância para garantir as características particulares desse processo.

- **Cimento**

O cimento é o aglomerante mais utilizado para sua produção, sendo no Brasil utilizado mais comumente o cimento Portland. Segundo EFNARC (2002) apud Amorim (2015), seu consumo pode variar de 300kg/m³ a 500kg/m³. A ABNT NBR 11172 (1990, pg.1) define o cimento como um “aglomerante hidráulico constituído em sua maior parte de silicatos e/ou aluminatos de cálcio.”

Gomes et al. (2009) diz que todos os cimentos do tipo Portland podem ser utilizados na produção da argamassa autoadensável, de acordo com as especificações de normas técnicas locais e sua escolha depende das características da aplicação. Para consumos que ultrapassem 500kg/m³, é necessário atenção a possíveis problemas com retração, e para dosagens inferiores a 300kg/m³, deve-se utilizar aditivos tais como cinza volante, escória ou outro similar.

- **Agregado miúdo**

A areia é o agregado miúdo mais utilizado nesta produção, sendo definido pela ABNT NBR 9935 (2011) como agregado originado através de processos naturais ou artificiais de desintegração de rochas ou provenientes de processos industriais. A ABNT NBR 7211 (2009), define como agregado miúdo aquelas que passam pela peneira de abertura de malha 4,75mm.

A tabela 1 ilustra os limites estabelecidos, com base em ensaio realizado de acordo com a ABNT NBR NM 248/2003 – Agregados – Determinação da composição granulométrica.

Tabela 1 – Limites da distribuição granulométrica do agregado miúdo

Peneira com abertura de malha (ABNT NBR NM ISO 3310-1)	Porcentagem, em massa, retida acumulada			
	Limites inferiores		Limites superiores	
	Zona utilizável	Zona Ótima	Zona Ótima	Zona utilizável
9,5 mm	0	0	0	0
6,3 mm	0	0	0	7
4,75 mm	0	0	5	10
2,36 mm	0	10	20	25
1,18 mm	5	20	30	50
600 µm	15	35	55	70
300 µm	50	65	85	95
150 µm	85	90	95	100
NOTA 1 O módulo de finura da zona ótima varia de 2,20 a 2,90 NOTA 2 O módulo de finura da zona utilizável inferior varia de 1,55 a 2,20 NOTA 3 O módulo de finura da zona utilizável superior varia de 2,90 a 3,50				

Fonte: ABNT NBR 7211 (2009).

Segundo Gomes et al. (2009), as argamassas autoadensáveis devem possuir um volume de agregado miúdo entre 40% e 50% de argamassa.

- **Água**

A água é utilizada para a hidratação dos compostos do cimento, proporcionando absorção dos agregados e dando fluidez à composição. Sua quantidade na mistura pode ser dividida em quatro partes: para hidratação do aglomerante, para absorção e adsorção dos componentes finos, para preencher a porosidade da estrutura e para garantir fluidez. (GOMES *et al.*, 2009).

- **Aditivos**

Os aditivos devem atender às exigências normativas de cada país. Entre os mais utilizados, estão o superplastificantes e os modificadores de viscosidade, segundo Gomes et al. (2009).

O aditivo superplastificante é responsável pela principal característica da argamassa autoadensável, a fluidez. Segundo Rixom e Mailvaganam (1999) apud Gomes et al. (2009), esses aditivos reduzem o valor de tensão de escoamento e

viscosidade plástica das pastas de cimento. Já o aditivo modificador de viscosidade tem função de aumentar a coesão da mistura, melhorando sua estabilidade e trabalhabilidade.

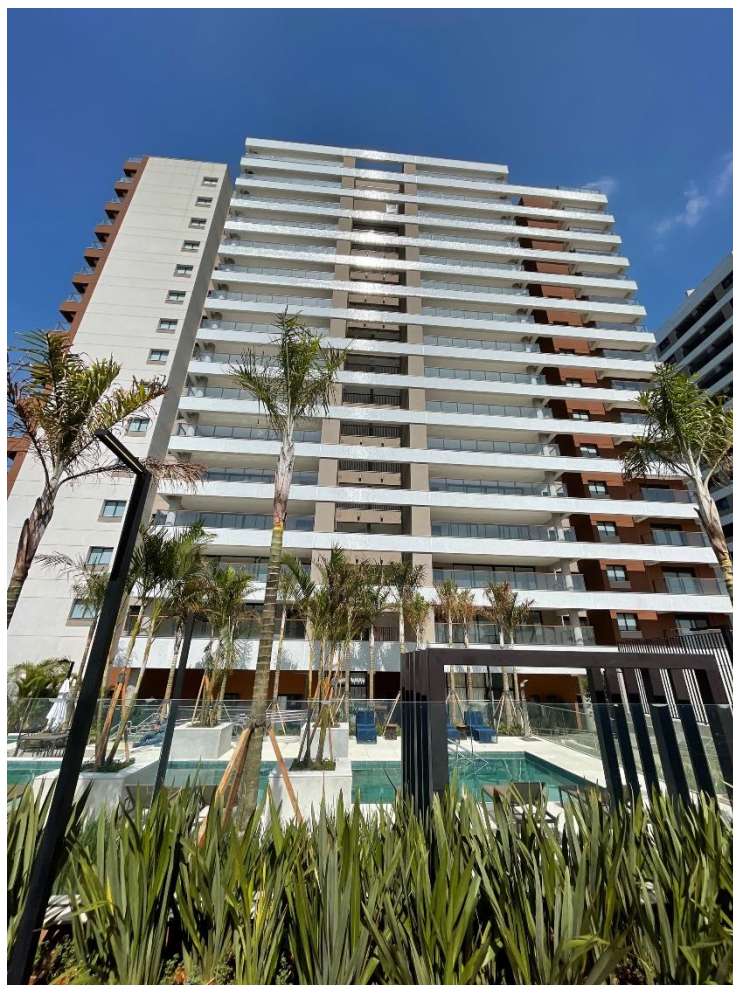
4. ESTUDO DE CASO

4.1. Dados da Obra e informações sobre o estudo

Para o estudo de caso, serão utilizados dados coletados na construção de uma obra de alto padrão localizada no Morumbi, na cidade de São Paulo. Essa obra é dividida em dois empreendimentos de uso misto, sendo o primeiro complexo composto por duas torres residenciais e uma comercial e o segundo complexo composto por uma torre residencial e uma comercial.

O Complexo 01 possui 4.608,00 m² de área de terreno e 25.259,77 m² de área construída distribuídas entre residencial e comercial. A torre residencial (Torre C) possui quinze pavimentos sendo o último duplex, com quatro unidades privativas por pavimento, totalizando cinquenta e seis unidades. A figura 2 apresenta uma foto da fachada residencial do empreendimento tirada em abril de 2022.

Figura 2 – Fachada da Torre C (em construção)



Fonte: Acervo do autor (2022)

O Complexo 02 possui 7.651,00 m² área de terreno e 44.163,73 m² de área construída também distribuídas entre residencial e comercial. Cada torre residencial (Torres A e B) possui quinze pavimentos sendo os dois últimos duplex, com três unidades privativas por pavimento, totalizando oitenta e quatro unidades. A figura 3 apresenta uma foto da fachada residencial do empreendimento tirada em abril de 2022. Já a figura 4, apresenta uma ilustração da fachada do empreendimento antes do início de sua construção.

Figura 4 – Fachada das Torres A e B (em construção)



Fonte: Acervo do autor (2022)

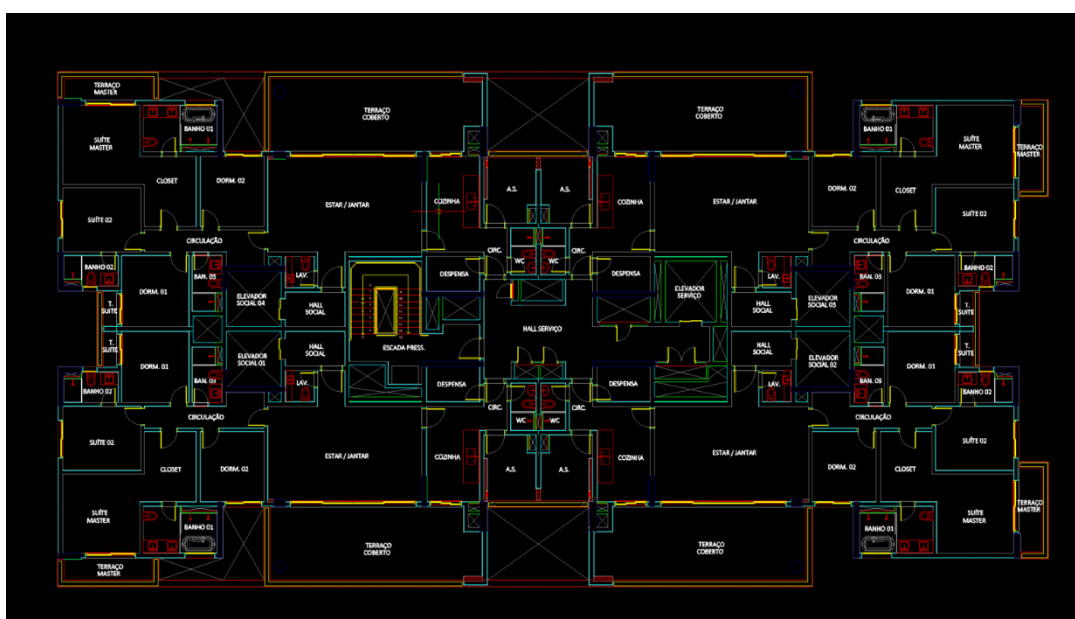
Figura 3 – Ilustração do empreendimento (não executado)



Fonte: Acervo da Incorporadora

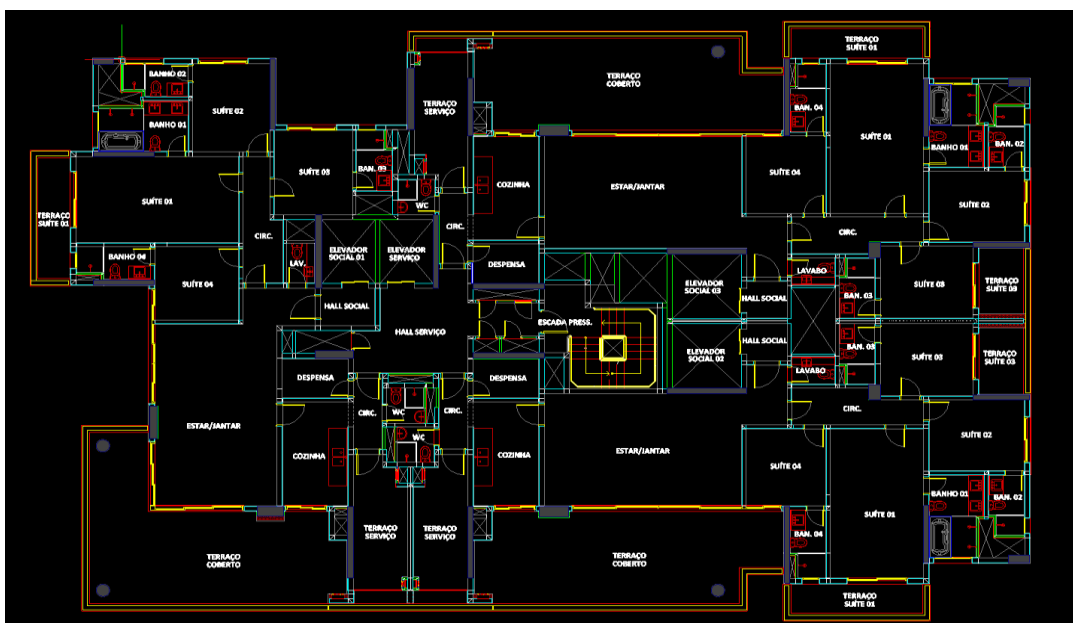
Para este estudo, as torres comerciais não foram abordadas. Todo o contrapiso foi executado com argamassa semiseca pois não é possível saber o tipo de utilização a que essas áreas serão destinadas. O pavimento superior do duplex (15º pavimento) também não será analisado pois é composto em sua maior parte por áreas molhadas e não possui a área mínima exigida para a execução do contrapiso com argamassa fluida. As figuras 5 e 6 indicam, respectivamente, a planta baixa da Torre C e das Torres A e B.

Figura 5 – Planta Baixa do pavimento tipo da Torre C



Fonte: Elaborado pelo autor.

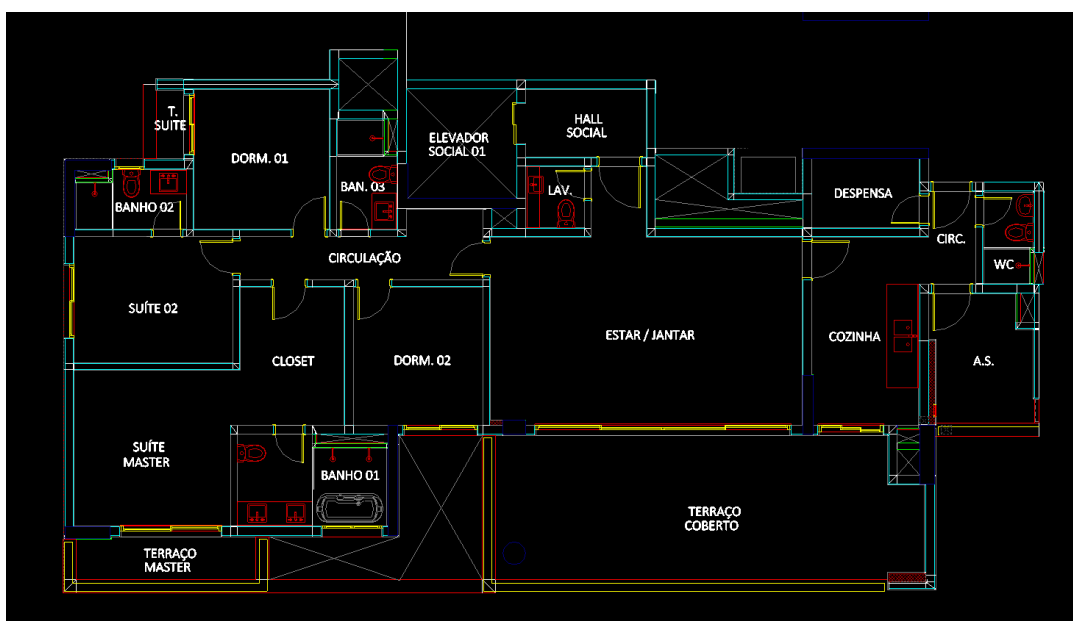
Figura 6 – Planta Baixa do pavimento tipo das Torres A e B



Fonte: Elaborado pelo autor.

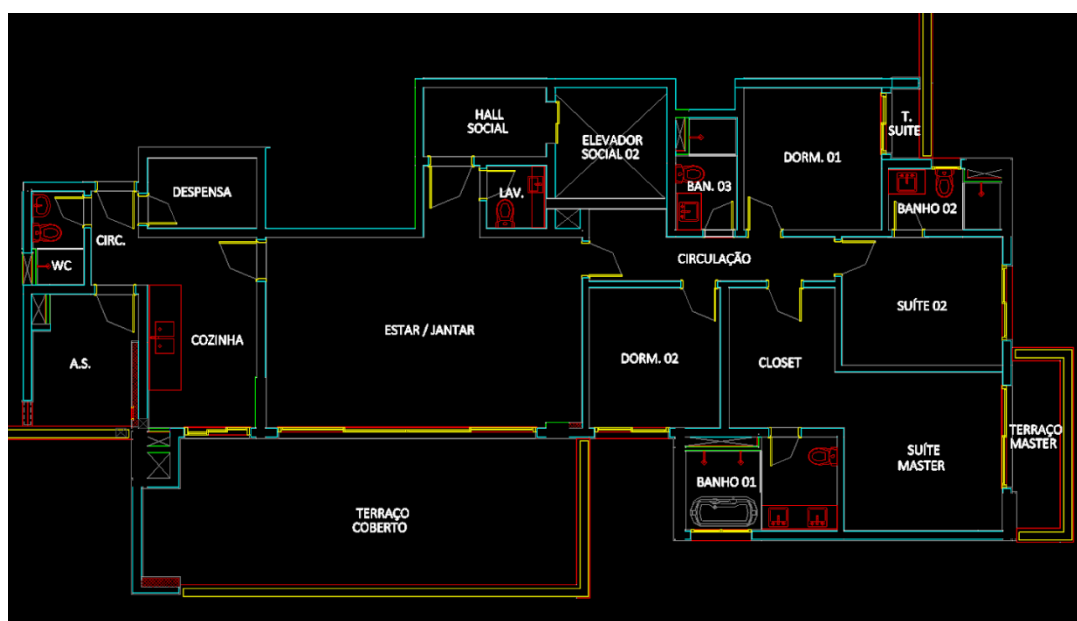
A Torre C possui quatro unidades privativas de 195m² cada por pavimento tipo, sendo duas opções de planta. As figuras 7 e 8 indicam, respectivamente, a planta dos finais 01 e 04 e a planta dos finais 02 e 03.

Figura 7 – Planta Baixa dos finais 01 e 04 (Torre C)



Fonte: Elaborado pelo autor.

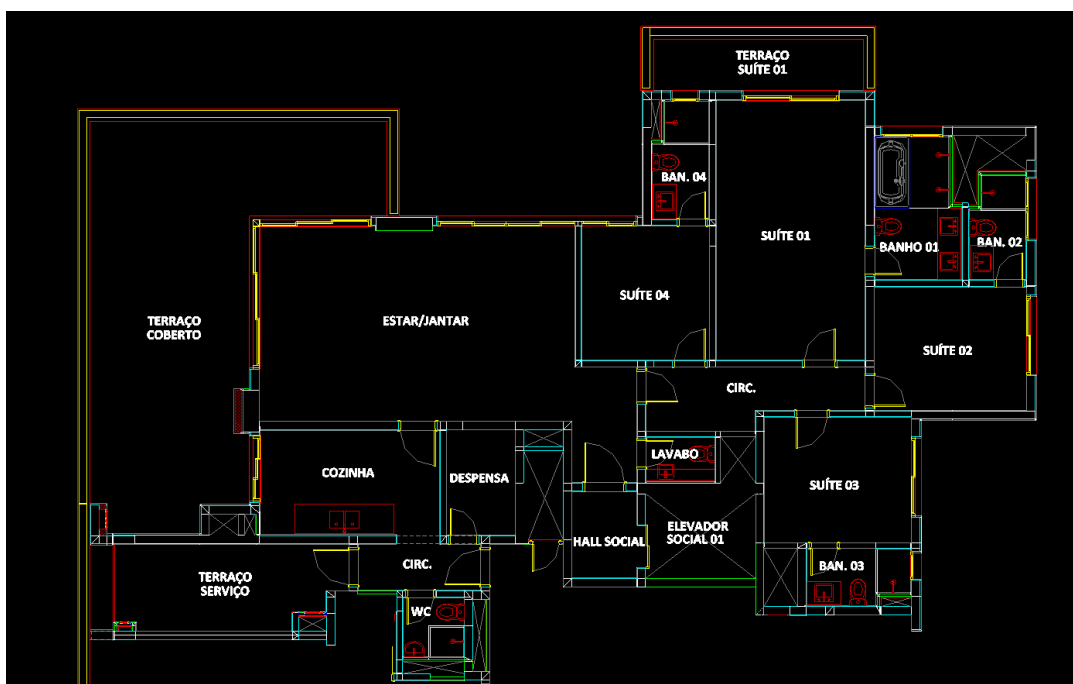
Figura 8 – Planta Baixa dos finais 02 e 03 (Torre C)



Fonte: Elaborado pelo autor.

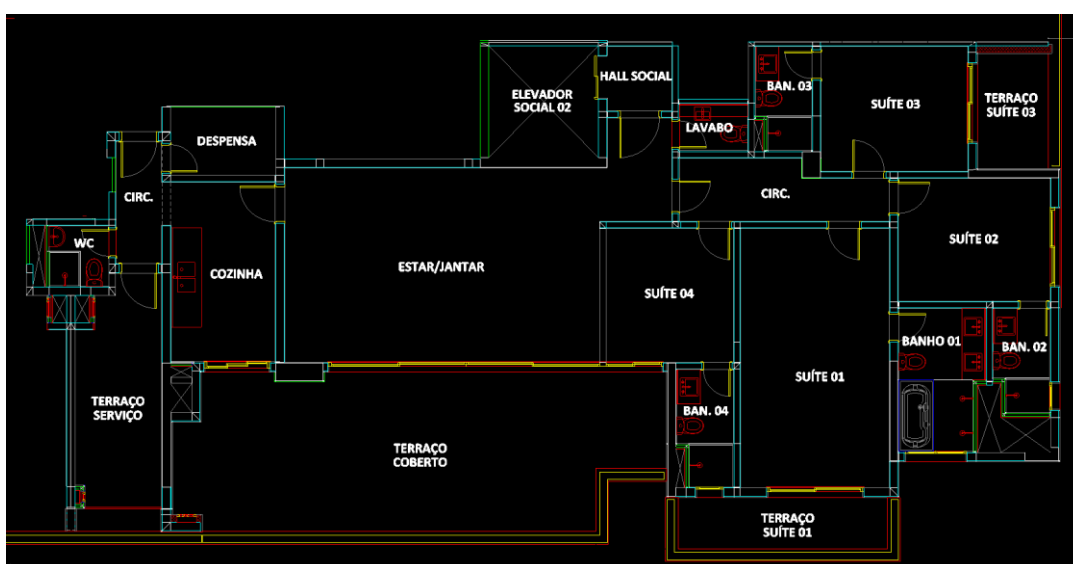
As Torres A e B possuem três unidades privativas de 230m² cada por pavimento tipo, sendo duas opções de planta. As figuras 9 e 10 indicam, respectivamente, a planta do final 01 e a planta dos finais 02 e 03.

Figura 9 – Planta Baixa do final 01 (Torres A e B)



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 10 – Planta Baixa dos finais 02 e 03 (Torres A e B)



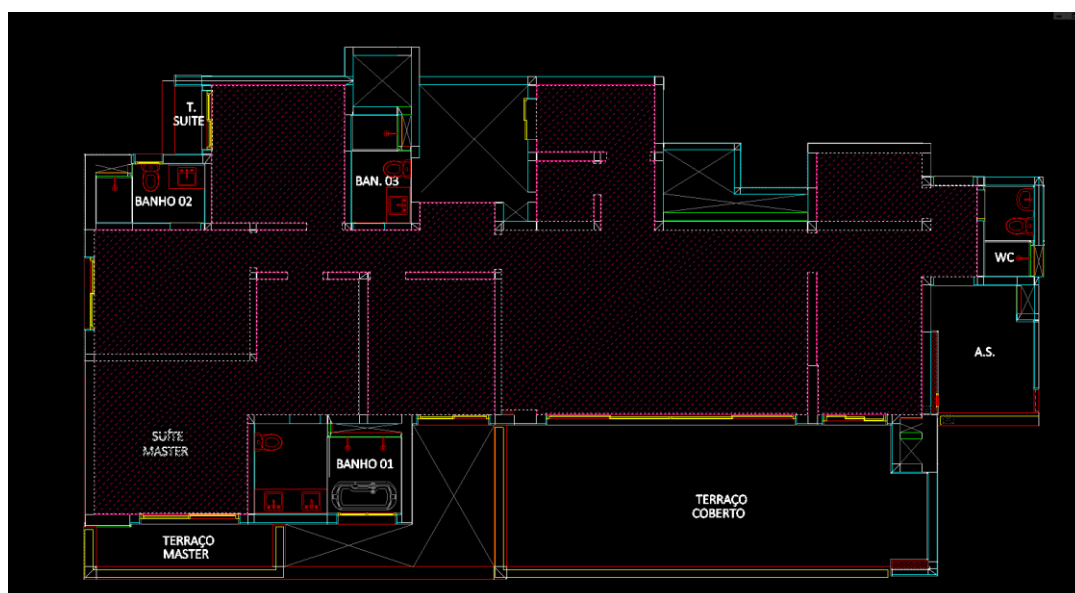
Fonte: Elaborado pelo autor.

Devido a questões de logística de recebimento e armazenamento de materiais na obra, foi feito um estudo para determinar as áreas de possível utilização de

argamassa fluida com o intuito de diminuir a necessidade de estoque de material nas torres.

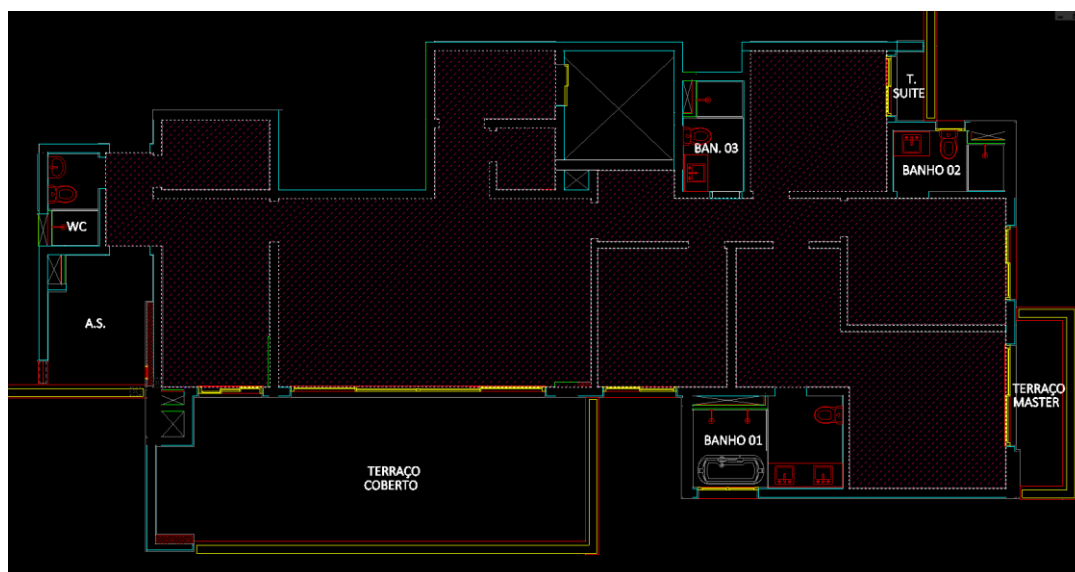
O contrapiso autonivelante será executado apenas nos pavimentos tipos das três torres, em todas as áreas secas (dormitórios, sala, hall social e de serviço) e também em algumas áreas molháveis como lavabos e cozinha. As demais áreas que necessitam de inclinação e impermeabilização (banheiros e terraços) serão executadas com argamassa semisseca. Para a Torre C, as áreas executadas em argamassa fluida foram hachuradas e representadas nas figuras 11 e 12.

Figura 11 – Áreas executadas em Argamassa Fluida (Torre C – finais 01 e 04)



Fonte: Elaborado pelo autor.

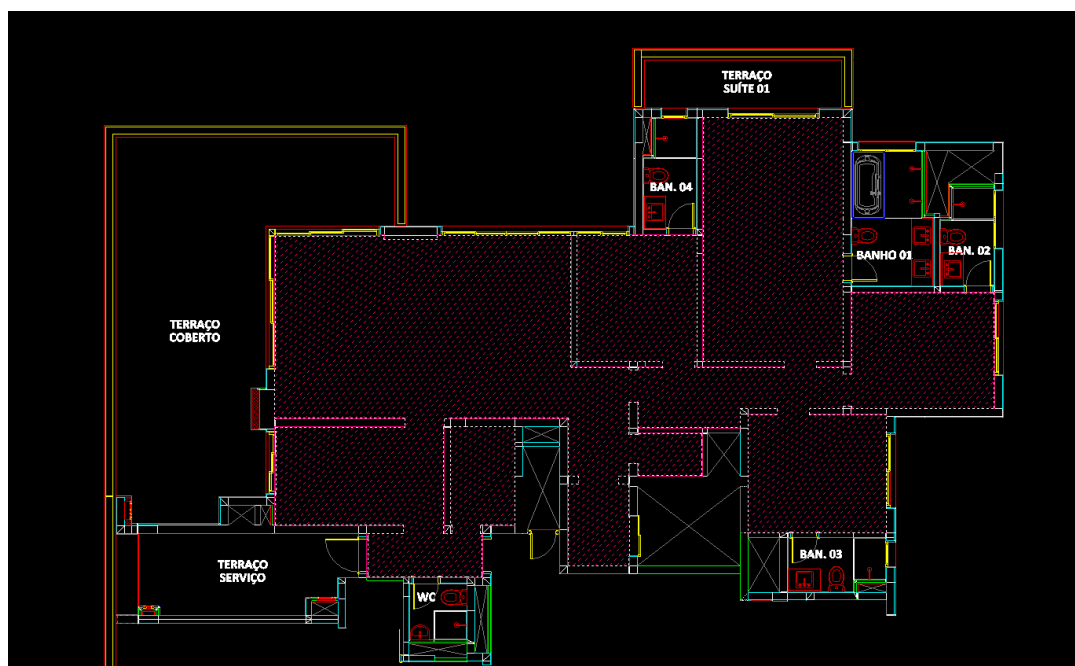
Figura 12 – Áreas executadas em Argamassa Fluida (Torre C – finais 02 e 03)



Fonte: Elaborado pelo autor.

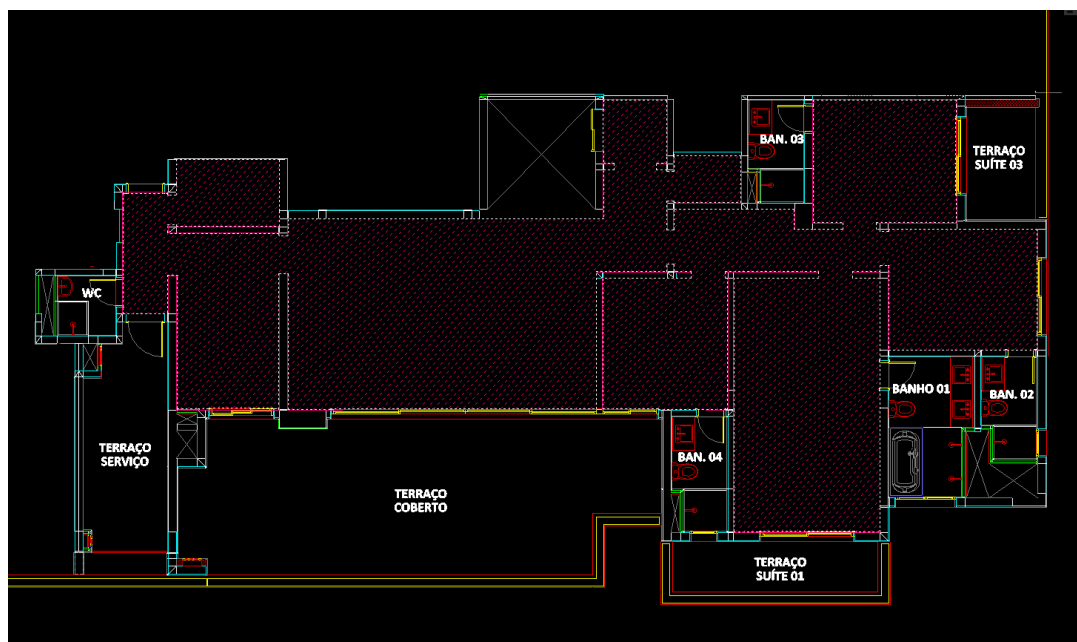
Para as Torres A e B, as áreas são representadas conforme hachuras nas figuras 13 e 14.

Figura 13 – Áreas executadas em Argamassa Fluida (Torres A e B – final 01)



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 14 – Áreas executadas em Argamassa Fluida (Torres A e B – finais 02 e 03)



Fonte: Elaborado pelo autor.

Após estudo dos projetos e delimitação de todos os ambientes, foram elaboradas as tabelas 2 e 3 com o quantitativo de áreas de contrapiso.

Tabela 2 – Áreas de Contrapiso da Torre C

ÁREAS DE CONTRAPISO DA TORRE C			
Ambiente	Finais 01 e 04	Finais 02 e 03	Total Torre
	Área por apartamento (m²)	Área por apartamento (m²)	Área Total por ambiente (m²)
Banho 01	6,34	6,34	355,24
Banho 02	3,09	3,09	173,01
Banho 03	3,07	3,08	172,00
WC	2,30	2,30	129,01
Terraço de Serviço	6,15	6,13	344,06
Terraço Social	29,36	29,36	1644,18
Terraço Suíte	0,94	0,95	52,94
Terraço Master	3,76	3,74	209,93
Estar/Jantar	30,88	30,89	1729,52
Circulação de Serviço	2,50	2,51	140,29
Circulação Dormitórios	6,81	6,83	381,98
Cozinha	10,08	10,14	566,22
Despensa	3,68	3,67	205,92
Hall Social	4,07	4,07	228,12
Lavabo	1,89	1,89	105,99
Suíte Master	19,40	19,40	1086,23
Suíte 02	9,89	9,89	553,91
Dormitório 01	9,42	9,42	527,65
Dormitório 02	8,81	8,81	493,41
Hall de Serviço	24,50		24,50
TOTAL	162,46	162,52	9124,11

Tabela 3 – Áreas de Contrapiso das Torres A e B

ÁREAS DE CONTRAPISO DA TORRE A / TORRE B			
Ambiente	Final 01	Finais 02 e 03	Total Torre
	Área por apartamento (m²)	Área por apartamento (m²)	Área Total por ambiente (m²)
Banho 01	6,39	6,39	268,37
Banho 02	3,08	3,08	129,17
Banho 03	3,07	3,09	129,48
Banho 04	3,44	3,43	144,21
WC	2,08	1,99	84,84
Terraço de Serviço	11,19	11,20	470,11
Terraço Social	40,99	38,70	1657,34
Terraço Master	5,84	5,93	247,88
Terraço Suíte	-	4,55	127,31
Estar/Jantar	37,37	37,38	1569,70
Circulação de Serviço	3,46	3,46	145,11
Circulação Dormitórios	7,06	6,95	293,36
Cozinha	10,28	10,28	431,66
Despensa	3,92	3,90	163,97
Hall Social	3,07	2,31	107,68
Lavabo	1,73	1,82	75,10
Suíte 01	20,89	20,89	877,35
Suíte 02	10,16	10,16	426,71
Suíte 03	9,99	9,99	419,44
Suíte 04	9,25	9,25	388,57
Hall de Serviço	17,19		17,19
TOTAL	193,24	194,71	8174,56

De um total de 25.473,22 m², 15.875,44 m² serão executados em argamassa fluida, ou seja, 62% do total.

Apresentadas essas informações, será realizado um estudo comparativo sobre custos, prazo de execução e logística de armazenamento de material abordando apenas o pavimento tipo das três torres. Será apresentado ainda um estudo de parâmetros de qualidade da argamassa fluida, com as patologias evidenciadas após finalização do serviço.

4.2. Contratação dos Serviços

Para a execução dos serviços de contrapiso, foram contratadas duas empresas reconhecidas no mercado da construção de São Paulo. Uma empresa, que será tratada como “Empresa A”, será responsável pela execução do contrapiso em argamassa semisseca e a “Empresa B” será responsável pela execução do contrapiso em argamassa fluida. A tabela 4 abaixo, especifica o escopo da empresa contratante e de cada empresa contratada.

Tabela 4 – Escopo para execução dos serviços

ESCOPO DE EXECUÇÃO - ARGAMASSA FLUIDA		
Descrição	Empresa Contratante	Empresa Contratada
Limpeza prévia da laje - remoção de materiais e entulho resultante de serviços anteriores	X	
Limpeza fina do pavimento - remoção de materiais aderidos por meio de lavadora de alta pressão		X
Mapeamento da laje - mapeamento com nível laser para identificação de pontos de espessura máxima e mínima de contrapiso para validação do projetista	X	
Isolamento das áreas executadas em argamassa semiseca		X
Programação e fornecimento do material para execução do serviço		X
Mão de obra para execução do serviço e para reparos		X
Cura úmida de 3 dias	X	
ESCOPO DE EXECUÇÃO - ARGAMASSA SEMISSECA		
Descrição	Empresa Contratante	Empresa Contratada
Limpeza prévia da laje - remoção de materiais e entulho resultante de serviços anteriores	X	
Mapeamento da laje - mapeamento com nível laser para identificação de pontos de espessura máxima e mínima de contrapiso para validação do projetista	X	
Programação e fornecimento do material para execução do serviço	X	
Transporte de material do estoque da obra para o local de aplicação		X
Preparo da argamassa conforme especificação do fornecedor		X
Mão de obra para execução do serviço e para reparos		X

Uma terceira empresa conhecida no mercado foi contratada para fornecer a argamassa de contrapiso. Conforme escopo apresentado, foi de responsabilidade da “Empresa B” a programação de todo material utilizado, segundo dosagens definidas e apresentadas na figura 15.

Figura 15 – Composição e Dosagem da Argamassa Fluida

Obra : 286109026- AVENIDA COMENDADOR ADIBO ARES SN MORUMBI SAO PAULO			
Características do Concreto			
Resistência Caract. (FCK) :		Consistência "Slump Test" :	75+/-5 cm
Média de Dosagem :	28 Dias	Diâmetro Máximo do Agregado :	
Módulo de elasticidade:		Relação água/cimento:	1.000 lt/kg
Módulo de Resistência à Tração na Flexão (MRTF):		Tipo de Lançamento :	Bombeável
Descrição do Serviço:			
Agregados Utilizados			
Insumos		Modulo de Finura	Densidade Real
AGREGADO MIÚDO	AREIA ARTIFICIAL GNAISSE MEDIA	3.100	2.677 Kg/dm3
AGREGADO MIÚDO	AREIA DE QUARTZO CAVA FINA	0.000	2.640 Kg/dm3
Traço Unitário em Peso			
Consumo de Materiais por Metro Cúbico de Concreto			
Insumos		Peso/m³	Coef. Volumétrico
CIMENTO	CPII E 40	280.00 kg	
AGREGADO MIÚDO	AREIA ARTIFICIAL GNAISSE MEDIA	626 kg	0.385 m3
AGREGADO MIÚDO	AREIA DE QUARTZO CAVA FINA	937 kg	0.638 m3
ADITIVO	TECNOL GRACE INCORPORADOR DE AR	0.050 kg	0.049 lt
ADITIVO	ECO TEC MIX GRACE ESTABILIZ DE ARGAMASSA	0.500 kg	0.410 lt
ADITIVO	MASTERPOZZOLITH 201 BASF POLIFUNCIONAL	2.000 kg	1.744 lt
AGUA		280.00 lt	
COMPLEMENTO	MASTERGLENIUM 160 BASF HIPERPLASTIF	1,500 kg	
Observações			
Lembrando que o complemento será adicionado na obra por responsabilidade do executor do contra piso.			

Fonte: Acervo da Construtora

4.3.Procedimentos de execução

O contrapiso convencional foi executado apenas nas áreas molhadas das unidades (banheiros, terraço de serviço, social e das suítes). Seguindo os procedimentos internos da empresa e sequenciamento de serviços exigidos, para dar início à atividade, é necessário que as seguintes etapas estejam concluídas:

- Alvenarias externas e internas concluídas;
- Prumadas e furações hidráulicas concluídas;
- Contrapiso das áreas secas concluído;
- Impermeabilização executada e testada.

Visto que o foco deste estudo é a execução de contrapiso em argamassa fluida, o procedimento para contrapiso em argamassa semiseca não será abordado.

Como a execução do contrapiso em argamassa fluida foi uma atividade de inovação da empresa com primeiro projeto realizado nestes dois empreendimentos, não havia um procedimento interno específico e foi necessário utilizar o procedimento da própria empresa contratada (Empresa B). Todos os parâmetros referentes ao traço do material e ao método executivo, bem como a garantia do serviço entregue é de responsabilidade da empresa especializada contratada para a atividade.

Novamente seguindo os procedimentos internos da empresa e com auxílio do fornecedor, para dar início à atividade, foi necessário que as seguintes etapas estivessem concluídas:

- Prumadas e furações hidráulicas concluídas;
- Distribuição elétrica de piso executada;
- Marcação da primeira fiada de alvenaria interna executada (em caso de vedação vertical interna executada em alvenaria).

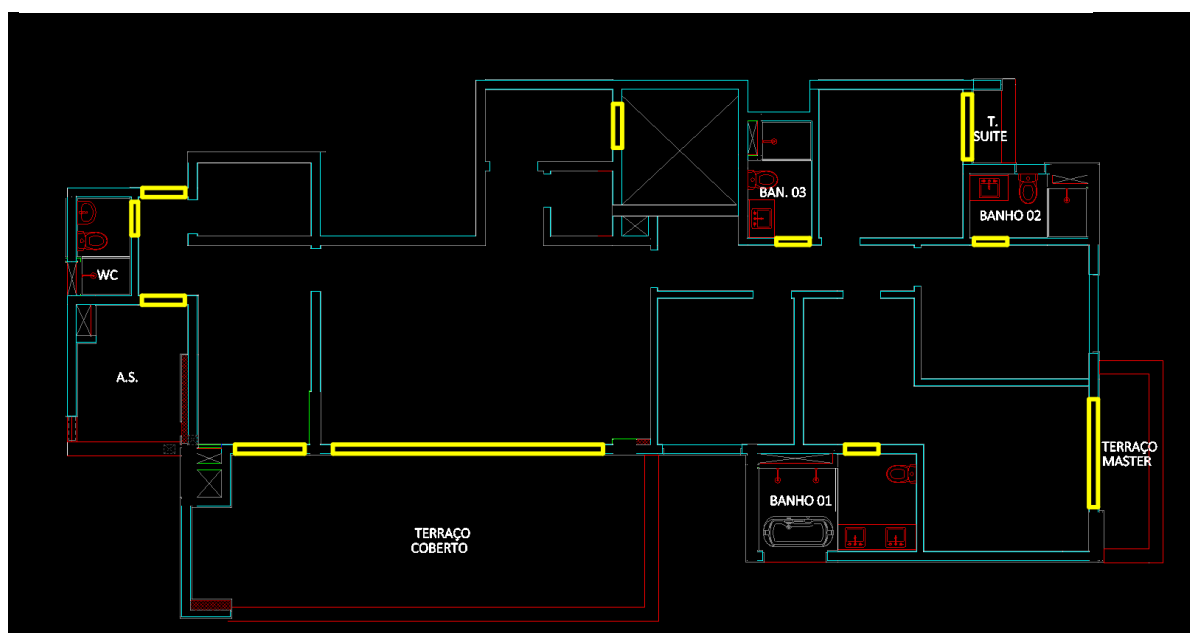
Finalizadas essas atividades, foi iniciado o processo de preparo da laje. Para garantir uma boa aderência do contrapiso à estrutura e evitar patologias, é necessário vassourar a laje no momento da concretagem. Deve-se também remover acúmulo de argamassa aderida a laje e utilizar lavadoras de alta pressão para eliminar resíduos. O preparo da estrutura é ilustrado na figura 16.

Figura 16 – Preparo da estrutura

Fonte: Acervo Tegra Incorporadora

Finalizada a limpeza, os ambientes que não receberão a argamassa deverão ser isolados com contenção de madeira. É necessária uma adequada locação das barreiras de contenção, pois essa etapa impacta diretamente a colocação de bits e soleiras, podendo ocasionar retrabalhos. Seguindo as definições estabelecidas anteriormente, as contenções deverão ser executadas entre os ambientes que façam divisa com terraços e banheiros. Na figura 17, podemos observar em amarelo as delimitações na planta baixa das unidades de final 02 e 03 da Torres C. Já a figura 18, ilustra o serviço sendo executado.

Figura 17 – Barreiras de Contenção para isolamento de áreas



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 18 – Contenção executada no primeiro pavimento da Torre C



Fonte: Acervo do autor (2021).

Para evitar trincas e rachaduras nos encontros entre contrapiso e alvenaria, são executadas juntas de dessolidarização (ou junta perimetral). A NBR 13753 (2016, p.2) define essa junta como um “espaço regular cuja função é separar o revestimento do piso, para aliviar tensões provocadas pela movimentação da base ou do próprio revestimento”. As juntas são normalmente executadas com fitas de 5 mm de espessura e aproximadamente 5 cm de altura de Polietileno Expandido ou Poliestireno Expandido (EPS), e são fixadas em todo o perímetro de alvenaria com argamassa, conforme exemplificado na figura 19.

Figura 19 – Execução de junta de dessolidarização



Fonte: Acervo Tegra Incorporadora

É de escopo da empresa contratante fornecer o nível de referência (RN) do pavimento. Após concretagem da laje, o pavimento deve ser mapeado com o auxílio de nível laser para identificação dos pontos críticos da estrutura. Essa etapa é fundamental para garantir que não haja sobrecarga não projetada para estrutura (no caso de espessura de contrapiso executada superior a espessura de projeto) ou patologias decorrentes de espessura mínima não atingida. Para os dois empreendimentos, foi projetada uma espessura de contrapiso de 3 cm para o pavimento tipo. Após definição de nível, a cota é transferida para todo o pavimento através de níveis móveis de ferro e então a argamassa fluida pode ser aplicada. Essa etapa é ilustrada nas figuras 20 e 21.

Figura 20 – Contrapiso em argamassa fluida executado na Torre C



Fonte: Acervo do autor (2021).

Figura 21 – Aplicação da Argamassa Fluida



Fonte: Acervo Tegra Incorporadora

Imediatamente após a aplicação da argamassa, deve-se utilizar um rolo quebrabolhas na superfície para auxiliar na remoção de bolhas e garantir a homogeneidade do material. O local deve ser interditado por no mínimo 24 horas, evitando tráfego de pessoas e maquinários.

Para reduzir o aparecimento de patologias como trincas e fissuras, o fornecedor recomenda a realização de cura úmida por três dias, sendo essa etapa de responsabilidade da empresa contratante.

Após finalização da cura, deve-se utilizar uma vassoura piaçaba para retirar película resultante desse processo. Essa etapa é muito importante para a garantia da aderência dos revestimentos. Na figura 22, podemos observar o serviço finalizado.

Figura 22 – Serviço finalizado



Fonte: Acervo do autor (2021).

4.4. Controle de qualidade

Para garantir a integridade e desempenho do serviço, foi realizado um ensaio de resistência de aderência à tração do contrapiso com revestimento em porcelanato.

O ensaio foi realizado dia 31/03/2021 no 6º pavimento da Torre C, conforme a ABNT NBR 13753:1996, e pode ser observado na figura 23.

Figura 23 – Ensaio de resistência de aderência à tração



Fonte: Acervo do autor (2021)

O resultado do ensaio, observado na figura 24, indica que as seis amostras apresentaram valores de resistência à aderência superiores a 0,30 Mpa, conforme exige a norma.

Figura 24 - Relatório de Ensaio de resistência de aderência à tração

		Relatório de Ensaio nº : ADECER00001-21-00 Programação nº: 21-003.479		Pág.: 1 de 2						
INTERESSADO:										
END.: Av. Comendador Adilbo Ares, s/n CEP: 05613000 - São Paulo SP OBRA: 8251 - OBRA BAND - (IL FARO) A/C.: Engª Thais Feitoza										
REVESTIMENTO DE PISOS E PAREDES INTERNAS COM PLACAS CERÂMICAS E COM UTILIZAÇÃO DE ARGAMASSA COLANTE Determinação da Resistência de Aderência à Tração (NBR-13753/96 e NBR-13754/96)										
Objetivo:										
Determinar a resistência de aderência à tração em revestimento cerâmico, de acordo com a solicitação e indicação de V.Sas.										
Dados do Ensaio:										
Data do Ensaio: 31/03/2021 Local da Aplicação: 6º Pavimento - Torre C - Final 1 Tipo de corte: Seco Profundidade (mm): Não Informado										
Informações do Sistema de Revestimento:										
Substrato: ☐ Bloco Cerâmico ☐ Bloco de Concreto ☒ Estrutura de Concreto ☐										
Base: ☐ Não ☒ Sim										
Argamassa de Emboço (Traço e Materiais): Não Informado Identificação da Argamassa Colante: Não Informado Data da Aplicação da placa cerâmica: 30/11/2021										
Metodologia:										
O método empregado para execução do ensaio é o estabelecido pela NBR 13753/96 e NBR 13754/96 - "Revestimento de pisos e paredes internas com placas cerâmicas e com utilização de argamassa colante - Anexo A". Para realização dos ensaios e preparo dos corpos de prova (quadrados de 100 mm de lado), utilizou-se os seguintes equipamentos / materiais: - Serra circular diamantada; - Pastilhas de alumínio, indeformável, da mesma seção do corpo de prova; - Adesivo epóxi; - Equipamento de tração: Marca: Solotest Modelo: Digital										
Resultados Obtidos:										
Revestimento Cerâmico Local do Ensaio: Piso - 6º Pavimento										
CP nº	Área de Placa (mm²)	Resistência de Aderência à Tração (MPa)	Forma de Ruptura (%)							
			a	b	c	d	e	f	g	h
01	10719	0,73		50				50		
02	10386	0,58		30				70		
03	10493	0,90		80				20		
04	11371	0,84		90				10		
05	10779	0,75		20				80		
06	10757	0,81		70				20		
LEGENDA DO ITEM FORMA DE RUPTURA: (a) - ruptura na interface placa cerâmica/argamassa colar (b) - ruptura no interior da argamassa colante (c) - ruptura na interface argamassa colante/substrato (d) - ruptura no interior da argamassa do substrato (e) - ruptura na interface substrato/base (f) - ruptura no interior da base (g) - ruptura na interface pastilha/cola (h) - ruptura na interface cola/placa cerâmica										

Fonte: Relatório disponibilizado pelo fornecedor.

Para a liberação do início de qualquer atividade, é realizado na empresa um rigoroso controle de qualidade. A tabela 5 foi elaborada junto à equipe de Qualidade da empresa e apresenta os itens verificados para todas as etapas da execução do serviço.

Tabela 5 – Parâmetros para Controle de Qualidade

Itens de verificação	Método de Verificação	Critério de Tolerância
Início dos serviços: Conclusão dos serviços predecessores	Visual	Marcação de alvenaria liberada Prumadas e furações hidráulicas concluídas Distribuição elétrica de piso executada
Limpeza do local com lavadora de alta pressão	Visual	Ambiente limpo e desimpedido
Delimitação das áreas de aplicação	Visual	Contenções posicionadas corretamente
Umedecimento da estrutura	Visual	Laje deve ser previamente umedecida
Espessura do Contrapiso	Trena e Nível Laser	± 5 mm
Aplicação das fitas de polietileno ou similar	Visual	Instalação em todo o perímetro de alvenaria
Acabamento: remoção do excesso de bolhas	Visual	Utilização de rodo quebra-bolhas
Isolamento da área	Visual	Local isolado por 24 horas
Cura	Visual	Realização de cura úmida por 3 dias
Aspecto final: avaliar a preservação dos serviços	Visual	Ausência de trincas e fissuras, excesso de bolhas e deslocamento

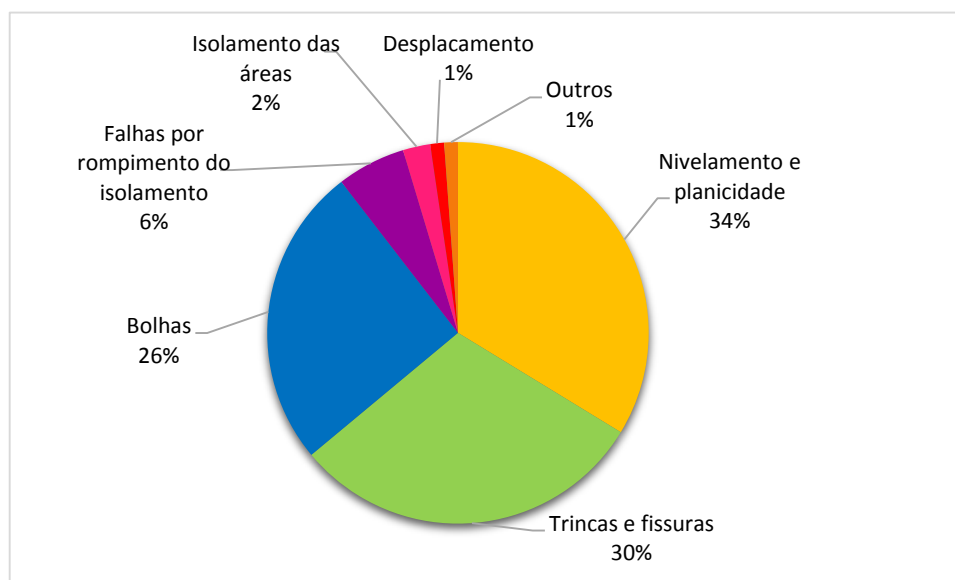
Após a execução de todas as atividades, a equipe de engenharia da obra é responsável por preencher um formulário chamado “Ficha de Verificação de Serviço” ou FVS, documentando a conferência de todas as etapas para garantia da qualidade dos serviços. Para a maioria das atividades, esse controle é feito em uma plataforma online da empresa, onde fica registrado a data, hora e nome do responsável pela conferência para cada etapa do serviço. Como a atividade era um projeto de inovação e não havia sido executada em nenhuma outra obra da empresa, não havia um procedimento executivo específico e nem uma FVS cadastrada na plataforma.

Toda a atividade foi conferida e validada através de FVS impressas, conforme exemplo no visto no Anexo A.

Foram compilados os dados de todas as FVS de contrapiso dos três empreendimentos. Somando as áreas das torres, foram executados 15.875,44 m² de contrapiso em argamassa fluida.

Entre as patologias observadas, o sistema apresentou problemas como trincas e fissuras, surgimento de bolhas, rugosidades, falhas no nivelamento e planicidade e danos devido ao rompimento do isolamento da área por meio de funcionários do canteiro. As patologias identificadas estão representadas no Gráfico 1.

Gráfico 1 – Falhas e patologias detectadas na execução da argamassa fluida



Entre os aspectos detectados, as falhas de nivelamento e planicidade foram os problemas de maior ocorrência. As figuras 25, 26, 27 e 28 ilustram algumas dessas falhas detectadas no processo. Como os empreendimentos são de alto padrão, essas falhas comprometem o visual do contrapiso, podendo resultar na reprovação da unidade por parte do cliente. Foi acordado com o fornecedor que todos os ambientes que não fossem entregues com revestimento seriam reparados.

Figura 25 – Falhas de nivelamento e planicidade



Fonte: Acervo do autor (2021).

Figura 26 – Falhas por rompimento das barreiras de isolamento



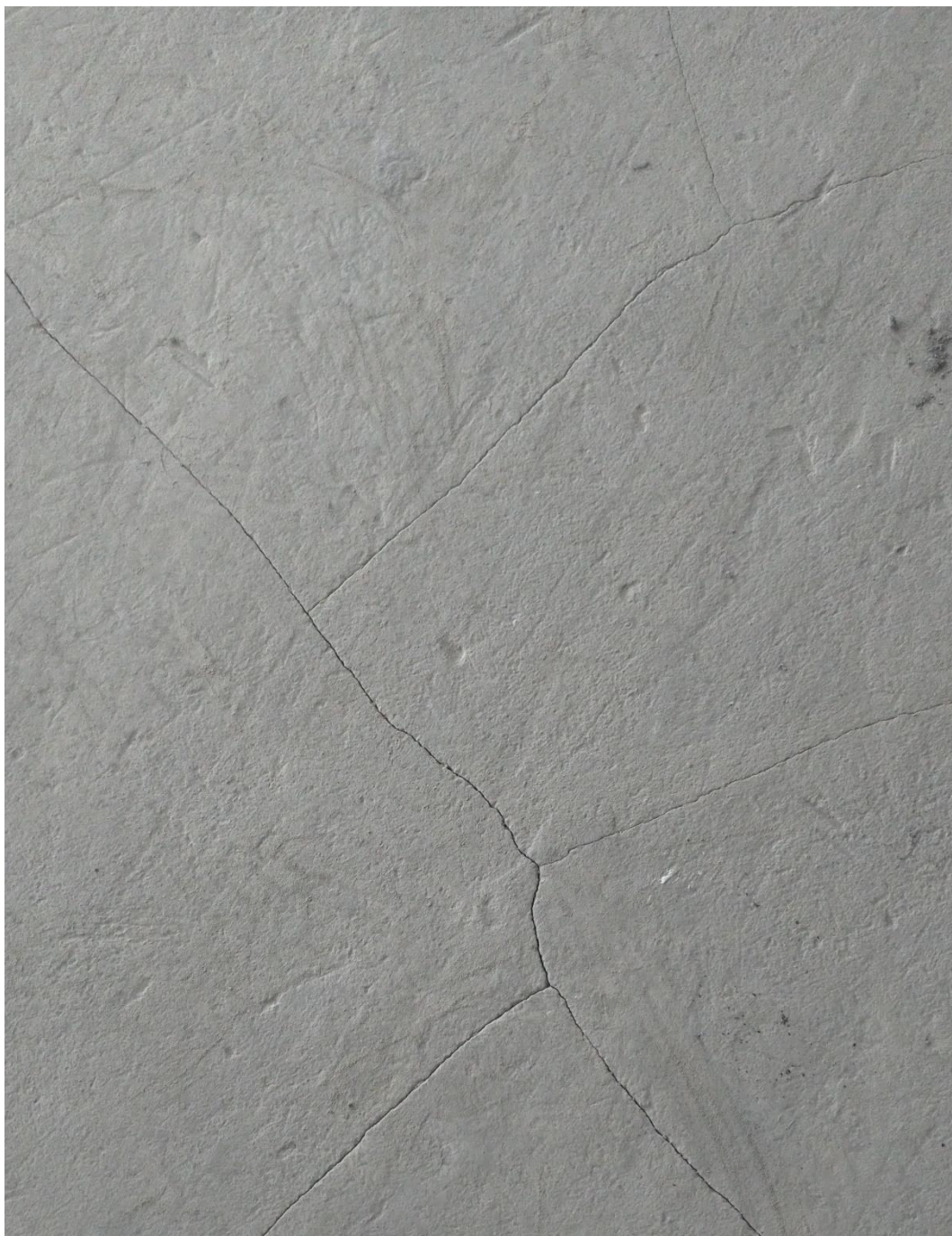
Fonte: Acervo do autor (2021).

Figura 27 – Surgimento de bolhas



Fonte: Acervo do autor (2021).

Figura 28 – Fissuras



Fonte: Acervo do autor (2021).

A maior parcela das fissuras foi superficial e, para elas, foi aplicado apenas uma pintura no piso com uma mistura de resina polimérica e cimento, conforme pode ser observado na figura 29. Para a região que apresentou deslocamento, foi feita a extração da camada fissurada por meio de uma serra elétrica e o contrapiso em argamassa semisseca foi reaplicado.

Figura 29 – Processo de recuperação das fissuras superficiais



Fonte: Acervo do autor (2021).

4.5. Análise dos custos

Para a análise dos custos, o estudo foi dividido em dois cenários. No primeiro cenário o contrapiso foi executado com sistema convencional e no segundo cenário, com sistema autonivelante. Com base nas análises e dados apresentados anteriormente, as tabelas 6 e 7 mostram a composição de áreas para cada sistema, respectivamente.

Tabela 6 – Áreas para Contrapiso executado com argamassa semiseca

CENÁRIO 1 - SISTEMA CONVENCIONAL		
Empreendimento	Argamassa Fluida (m²)	Argamassa Semiseca (m²)
Torre A	0,00	8.174,56
Torre B	0,00	8.174,56
Torre C	0,00	9.124,11
TOTAL (m²)	0,00	25.473,22

Tabela 7 – Áreas para Contrapiso executado com argamassa autonivelante

CENÁRIO 2 - SISTEMA AUTONIVELANTE		
Empreendimento	Argamassa Fluida (m²)	Argamassa Semiseca (m²)
Torre A	4.915,85	3.258,70
Torre B	4.915,85	3.258,70
Torre C	6.043,74	3.080,37
TOTAL (m²)	15.875,44	9.597,78

As composições para cada serviço, bem como seus insumos e preços, foram retiradas das tabelas SINAPI da Caixa Econômica Federal com base de referência no mês de maio de 2022.

Para o Cenário 1, foi utilizado o item “87633 – Contrapiso em argamassa traço 1:4 (Cimento e areia), preparo mecânico com betoneira 400L, aplicado em áreas secas sobre laje, aderido, acabamento não reforçado, espessura 3cm” das composições SINAPI. A tabela 8 apresenta essa composição.

Tabela 8 – Composição para Contrapiso em Sistema Convencional

01.PISO.RGCP .004/04	87630	Contrapiso Em Argamassa Traço 1:4 (Cimento E Areia), Preparo Mecânico Com Betoneira 400 L, Aplicado Em Áreas Secas Sobre Laje, Aderido, Acabamento Não Reforçado, Espessura 3Cm. Af_07/2021	m²	Coefficiente	Preço unitário	Custo total
INSUMO	1379	Cimento Portland Composto Cp li-32	Kg	0,5000	R\$ 0,66	R\$ 0,33
INSUMO	7334	Aditivo Adesivo Liquido Para Argamassas De Revestimentos Cimentícios	L	0,2100	R\$ 17,01	R\$ 3,57
COMPOSIÇÃO	87301	Argamassa Traço 1:4 (Em Volume De Cimento E Areia Média Úmida) Para Contrapiso, Preparo Mecânico Com Betoneira 400 L. Af_08/2019	m³	0,0431	R\$ 499,80	R\$ 21,54
COMPOSIÇÃO	88309	Pedreiro Com Encargos Complementares	H	0,2450	R\$ 28,40	R\$ 6,96
COMPOSIÇÃO	88316	Servente Com Encargos Complementares	H	0,1230	R\$ 24,43	R\$ 3,00

Fonte: SINAPI, referência maio 2022.

Para o Cenário 2, foi utilizado o item “88477 – Contrapiso com argamassa autonivelante, aplicado sobre laje, aderido, espessura 3cm” das composições SINAPI. A tabela 9 apresenta essa composição.

Tabela 9 – Composição para Contrapiso em Sistema Autoadensável

01.PISO.RGCP .052/01	88477	Contrapiso Com Argamassa Autonivelante, Aplicado Sobre Laje, Aderido, Espessura 3Cm.	m²	Coefficiente	Preço unitário	Custo total
INSUMO	7334	Aditivo Adesivo Liquido Para Argamassas De Revestimentos Cimentícios	L	0,2100	R\$ 17,01	R\$ 3,57
INSUMO	38546	Argamassa Usinada Autoadensavel E Autonivelante Para Contrapiso, Inclui Bombeamento	m³	0,0430	R\$ 447,37	R\$ 19,24
COMPOSIÇÃO	88309	Pedreiro Com Encargos Complementares	H	0,1000	R\$ 28,40	R\$ 2,84
COMPOSIÇÃO	88316	Servente Com Encargos Complementares	H	0,0500	R\$ 24,43	R\$ 1,22

Fonte: SINAPI, referência maio 2022.

Com bases nas composições e nos dados já apresentados, observamos que o Sistema Convencional custa R\$ 35,41 por metro quadrado executado e que o Sistema Autoadensável custa R\$ 26,87 com base nos valores apresentado pela

SINAPI. Foi realizado ainda um comparativo com os preços de contrato da obra. Através das tabela 10 e 11, podemos analisar as variações de preço por composição e também o custo final para cada cenário. Nas duas situações, o contrapiso executado em argamassa fluida foi o mais econômico.

Tabela 10 – Custo final do serviço (Sistema Convencional)

CUSTO SINAPI			
Sistema	Quantidade (m²)	Custo por m²	Custo total
Argamassa Semisseca	25.473,22	35,41	R\$ 901.914,29
CUSTO OBRA			
Sistema	Quantidade (m²)	Custo por m²	Custo total
Argamassa Semisseca	25.473,22	46,45	R\$ 1.183.231,12

Tabela 11 – Custo final do serviço (Argamassa Autoadensável)

CUSTO SINAPI			
Sistema	Quantidade (m²)	Custo por m²	Custo total
Argamassa Semisseca	9.597,78	35,41	R\$ 339.822,49
Argamassa Autoadensável	15.975,44	26,87	R\$ 426.581,24
TOTAL			R\$ 766.403,74
CUSTO OBRA			
Sistema	Quantidade (m²)	Custo por m²	Custo total
Argamassa Semisseca	9.597,78	46,45	R\$ 445.816,81
Argamassa Autoadensável	15.975,44	37,00	R\$ 587.391,38
TOTAL			R\$ 1.033.208,19

4.6. Prazos para execução

Os prazos de execução foram definidos e planejados em conjunto com os fornecedores, baseados no cronograma de obra requerido pela empresa contratante. Sendo assim, não será estudada a produtividade de mão de obra em hora-homem, como é comumente observado na literatura.

A execução do contrapiso em argamassa fluida seguiu um cronograma de três dias de serviço por pavimento por parte da empresa contratada. A tabela 12 mostra as etapas de execução.

Tabela 12 – Cronograma de Execução para Argamassa Fluida

Sistema em Argamassa Fluida	
Cronograma	Serviço
Dia 1	Preparação do pavimento (limpeza e isolamento das áreas)
Dia 2	Transferência de nível e aplicação da argamassa
Dia 3	Cura úmida

Já a execução do contrapiso em argamassa semisseca seguiu um cronograma de 5 dias em média, como pode ser observado na tabela 13. Olhando a execução de um pavimento isolado essa diferença pode parecer pequena, mas a longo prazo, a liberação antecipada dos serviços em seguintes, impacta positivamente o cronograma de obras, facilitando o cumprimento de prazos.

Tabela 13 – Cronograma de Execução para Sistema Convencional

Sistema Convencional	
Cronograma	Serviço
Dia 1	Preparação do pavimento (limpeza e transferência de nível)
Dias 2, 3, e 4	Aplicação da argamassa
Dia 5	Limpeza final e cura úmida

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Atualmente, o mercado da construção civil está cada vez mais voltado para o desenvolvimento de processos produtivos eficientes, não só para custo, prazo e qualidade, mas que também causem menos impacto para o meio ambiente. Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi apresentar um sistema de inovação da construção civil.

6. CONCLUSÃO

Podemos concluir que o sistema possui diversos impactos positivos como redução de custo e prazo de execução, melhoria da logística de canteiro, redução do tráfego de materiais impactando na produtividade geral dos serviços, maior segurança para os colaboradores e redução de entulho gerado. Além disso, o sistema também foi aprovado nos parâmetros de qualidade.

Considera-se que o objetivo proposto inicialmente foi atingido. Foram apresentados dados reais obtidos em campo, com o intuito de que o processo possa ser cada vez mais estudado e aperfeiçoado.

REFERÊNCIAS

- _____. **NBR 7211 – Agregados para concreto – Especificação**. 2019. 15p.
- _____. **NBR 9935 – Aglomerantes – Terminologia**. 2011. 16p.
- _____. **NBR 11172 – Aglomerantes de origem mineral**. 1996. 19p.
- _____. **NBR 13753 – Revestimento de piso interno ou externo com placas cerâmicas e com utilização de argamassa colante - procedimento**. 1990. 5p.
- _____. **NBR 15575 – Edificações Habitacionais – Desempenho - Parte 3: Requisitos para os sistemas de pisos**. 2013. 42p.
- _____. **NBR NM 248 – Agregados – Determinação da composição granulométrica**. 2003. 14p.
- AMORIM, J. **Contrapiso de edifícios executado com argamassa fluida: parâmetros para desenvolvimento de projeto, execução de obra e controle de qualidade**. 2015. 115p. Dissertação (Mestrado em habitação: Planejamento e Tecnologia) – Instituto de Pesquisas Tecnológicas, São Paulo, 2015.
- ARO, C.; AMORIM, S. **As inovações tecnológicas no processo de produção dos sistemas prediais hidráulicos e sanitários**. 2004. 7p. I Conferência Latino-Americana de Construção Sustentável, São Paulo.
- BARROS, M. M. S. B. **Racionalização dos métodos, processos e sistemas construtivos**. São Paulo: EPUSP/PEF, 1999. Boletim técnico da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
- BARROS, M. **Tecnologia de produção de contrapisos para edifícios habitacionais e comerciais**. 1991. 265p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- EUROPEAN FEDERATION FOR SPECIALIST CONSTRUCTION CHEMICALS AND CONCRETE SYSTEMS (EFNARC). Specification and guidelines for self compacting concrete. In: EFNARC, fevereiro, 2002. 32p.
- GOMES, P. C. C.; BARROS, A. R. **Métodos de dosagem de concreto autoadensável**. São Paulo. Ed. PINI, abril. 2009.

RUBIN, A. **Argamassas autonivelantes industrializadas para contrapiso: análise do desempenho físico-mecânico frente às argamassas dosadas em obra.** 2015. 207p. Dissertação (Pós-Graduação) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul, 2015.

TELLES, Pedro C. S. **História da Engenharia no Brasil: Século XX.** 2. ed. Rio de Janeiro: Clavero, 1994.

ANEXO A – FICHA DE VERIFICAÇÃO DE SERVIÇO PARA CONTRAPISO COM ARGAMASSA FLUIDA

TEGRA INCORPORADORA		FVS - FICHA DE VERIFICAÇÃO DE SERVIÇO				CONTRAPISO AUTONIVELANTE				FVS-5.2 REVISÃO 00 Anexo: PE-5.2.1	
Obra:		Local:	Pavimento:	Empresa responsável pela execução:	Cód. Projeto e Revisão:	Data de abertura da FVS:					
Itens de verificação		Método / Equipamento	Critério / Tolerância	Resultado da inspeção (*) Unidade / Trecho			Descrição do Desvio	Solução (correção)	Responsável pela reinspeção (assinatura / data)		
1	Início dos serviços: Conclusão dos serviços predecessores	Visual	Base limpa, marcação de alvenaria liberada, tubulações de piso montadas (se aplicável).								
2	Lavagem do piso e colocação da fita de polietileno: Conferir a limpeza do local e aplicação fita de polietileno ou similar em todo perímetro do ambiente.	Visual	N/A								
3	Isolamento de banheiros e área de serviço: Isolar as áreas molhadas com madeira e bgs ou areia.	Visual	N/A								
4	Espessura do piso: Conferir o nivelamento das galgas com o laser e trena para garantir a espessura de projeto.	Trena e Nível laser	± 5 mm								
5	Acabamento: Verificar se o acabamento está sendo feito removendo o excesso de bolhas da superfície.	Visual	N/A								
6	Cura: Realização de cura por no mínimo 24h	Visual	48h								
7	Teste de Aderência: Analisar a superfície com camadas não aderentes	Visual	A película superficial deve deslocar com um simples arrastar de pés.								
8	Aspecto final: Avaliar a preservação de serviços	Visual	Aspecto final, limpeza e organização								
(*) Legenda: Aprovado - O / Reprovado - X / Aprovado após reinspeção - ☺ / Não aplicável - N/A / Não inspecionado - em branco											
Inspeccionado por:				Data de fechamento da FVS:				Aprovação da FVS - Engenheiro da Obra:			
Nome / Assinatura:				Nome / Assinatura:				Nome / Assinatura:			