

# **AVALIAÇÃO DA ARGAMASSA AUTOADENSÁVEL USINADA PARA A EXECUÇÃO DE CONTRAPISOS**

Iranilda dantas roseno – iranilda.droseno@gmail.com

Letícia Lóis Carlos de Freitas – leticia.lois@hotmail.com

Silvia Letícia Zaboroski – slzaboroski@gmail.com

Victor Paulo Rocha de Oliveira – victorpaulo200298@gmail.com

Prof. Ms. Fabiola Rago Beltrame (Orientadora) – fabiola.beltrame@mackenzie.com.br

## **RESUMO**

A combinação entre produtividade e otimização de recursos é o maior desejo dos canteiros de obras. E se tratando da execução de contrapisos, o método tradicional empregado nem sempre contribui para o andamento da obra. Para resolver essa situação, uma alternativa já utilizada em países como França e Espanha é a sua execução com argamassa autoadensável, um material bastante fluido, de alta resistência a segregação, que se auto nivela por sua capacidade de fluxo. Uma de suas principais vantagens é a possibilidade de ser bombeada verticalmente na obra, reduzindo o espaço para o armazenamento de cimento e areia e melhorando o fluxo entre as demais atividades do canteiro. Assim, o seguinte trabalho visa avaliar a maneira de execução desse sistema em três obras no Estado de São Paulo, além das suas propriedades e parâmetros de desempenho. A aplicação da argamassa autoadensável trouxe muitas vantagens para as obras, tanto do ponto de vista econômico, com uma redução da mão de obra, tempo de execução e materiais, quanto do ponto de vista técnico, no qual mesmo ainda não havendo uma normatização no Brasil para esse serviço, os ensaios realizados mostram resultados acima dos toleráveis em relação ao seu desempenho, não interferindo na qualidade do empreendimento. Portanto, é necessária a elaboração de uma norma voltada para a execução de contrapisos, para que assim possa haver um maior incentivo à utilização da argamassa autoadensável nas edificações.

Palavras-chave: Argamassa autoadensável. Contrapiso. Desempenho.

## **EVALUATION OF SELF-COMPACTING MORTAR ON SCREED EXECUTION**

### **ABSTRACT**

The combination of productivity and resource optimization is the greatest desire of construction sites. And when it comes to the execution of sub-floors, the traditional method used does not always contribute to the progress of the work. To solve this situation, an alternative already used in countries like France and Spain is its execution with self-compacting mortar, a very fluid material, highly

resistant to segregation, which is self-leveling due to its flow capacity. One of its main advantages is the possibility of being pumped vertically in the work, reducing the space for the storage of cement and sand and improving the flow between the other activities of the construction site. Thus, the following work aims to evaluate the way of implementing this system in three works in the State of São Paulo, in addition to its properties and performance parameters. The application of self-compacting mortar brought many advantages to the works, both from an economic point of view, with a reduction in labor, execution time and materials, and from a technical point of view, in which there is still no standardization in Brazil for this service, the tests carried out show results above those tolerable in relation to its performance, without interfering in the quality of the enterprise. Therefore, it is necessary to develop a standard aimed at the execution of subfloor, so that there can be a greater incentive to the use of self-compacting mortar in buildings.

Keywords: Self-compacting mortar. Subfloor. Performance.

## **1 INTRODUÇÃO**

Com o passar dos anos, o cronograma das obras vem se tornando cada vez mais reduzido, por conta da alta demanda devido ao aumento da população. Com isso, tornou-se necessário que as empresas procurassem processos que aumentassem a otimização dos seus serviços. E apesar da indústria da construção civil ainda ser conservadora, procedimentos e materiais inovadores vêm surgindo, sempre buscando melhorar a produtividade, reduzindo os custos e tempo de execução das atividades dentro dos canteiros de obras.

Um exemplo de serviço que ocasiona essa ociosidade nas obras é a execução do contrapiso, que por muitos anos é realizado pela maneira convencional, em razão de ser uma atividade que ainda não possui procedimentos e dosagem de materiais especificados em norma, fazendo com que haja uma alocação maior de mão de obra e também uma atenção maior ao planejamento da obra, para que o procedimento ocorra adequadamente. Sendo assim, por falta de uma normatização, a própria equipe interna fica com a responsabilidade de empregar os materiais e procedimentos a serem executados para o contrapiso, o que acaba muitas vezes impactando negativamente na sua logística, na qualidade do produto final e na economia da obra, além da não utilização de materiais de grande potencial.

Outro fator que vem contribuindo para o surgimento de mais inovações no mercado da construção civil é a elaboração da norma de desempenho ABNT NBR 15575 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013), que por exercer uma atenção maior à qualidade do produto final da edificação, diversos materiais e métodos construtivos começaram a ser desenvolvidos e aprimorados, auxiliada pela evolução tecnológica que vem ocorrendo ao longo dos anos, de maneira mais rápida. Porém, o sistema referente a contrapisos continua sem possuir uma

diretriz de como ser avaliada nas obras, deixando para a própria equipe a responsabilidade de adotar os critérios para a aprovação do seu produto, gerando resultados contestáveis.

Assim, a argamassa autoadensável para a execução de contrapisos se torna uma alternativa bem-vinda para esse processo. De acordo com Martins (2009), é um sistema cuja execução é feita com uma argamassa fluida à base de cimento, que não necessita de muito trabalho manual para sua execução, dispensando etapas como o espalhamento e a vibração. Por possuir a capacidade de se espalhar de maneira rápida e eficaz sobre uma superfície através da ação da gravidade, sua aplicação ocorre de maneira uniforme, conseguindo preencher os vazios do local de aplicação, sendo necessário apenas a utilização de uma membreta (aparelho composto por duas hastes metálicas cilíndricas perpendiculares soldadas uma à outra, semelhante a um rodo) para o acabamento do contrapiso, de modo que sejam retiradas as bolhas de ar que possam ter ficado durante o espalhamento.

De acordo com Amorim (2015), a principal vantagem do contrapiso executado com argamassa autoadensável é possuir essa elevada fluidez em comparação às argamassas convencionais. Trata-se ainda de um material inovador no Brasil, no qual mesmo sendo avaliado desde a década de 1990, sua utilização nas obras se iniciou somente no ano de 2008.

Com o passar dos anos, sua aplicação vem sendo implementada para a execução de contrapisos nas edificações, já que é notória a redução de mão de obra e material, a facilidade de aplicação, um tempo reduzido de secagem, além de apresentar resistência mecânica adequada. Ou seja, há uma contribuição direta na redução de custo e prazo de execução da obra.

Mesmo assim, hoje no mercado muitas construtoras ainda deixam de apostar em inovações devido à falta de pesquisas e informações que comprovem sua eficácia. Com o contrapiso não é diferente, e a maioria das construtoras ainda utilizam o método convencional na execução deste serviço. Segundo Rubin (2015), o caminho que as empresas adotam para a avaliação da argamassa autoadensável é por meio de prescrições internacionais, nos quais os produtos são desenvolvidos sob condições diferentes às encontradas no Brasil. Assim, será que os impactos provocados pelo emprego da argamassa autoadensável são suficientes para que haja a elaboração de uma norma voltada para a execução de contrapisos, ampliando a sua utilização?

Seguindo essas premissas, este trabalho tem como objetivo aprofundar o estudo sobre a argamassa autoadensável usada para a execução do contrapiso, avaliando seu desempenho técnico em um estudo de caso com casos múltiplos realizado em três obras na cidade de São Paulo, em conjunto com a realização de ensaios para a verificação de sua consistência, resistência à compressão, à tração na flexão e da aderência, a partir de métodos de ensaios baseados em normas nacionais e internacionais, demonstrando os parâmetros e requisitos de desempenho propostos pelas empresas executoras para o uso desse produto.

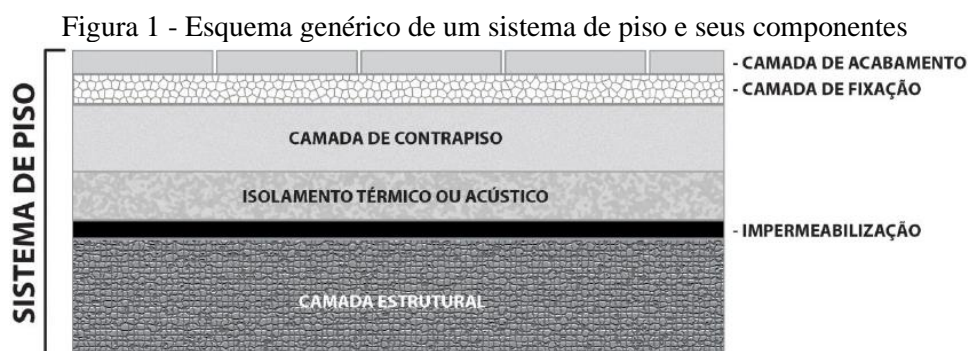
Visando essas abordagens, o seguinte trabalho busca contribuir com o desenvolvimento tecnológico e econômico não só para as empresas, mas também para a imagem da construção civil brasileira, principalmente buscando uma normatização para o serviço de contrapiso, para que assim o país se apresente mais forte ainda em relação aos materiais, componentes e métodos executivos de construção.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

Para que a análise de algum material seja realizada é fundamental que se tenha um entendimento dos fatores que influenciam na sua aplicação, como os seus componentes e propriedades (AMORIM, 2015). E ainda mais se tratando do sistema de piso e do subsistema de contrapiso, as normas prescritivas nacionais e internacionais são muito necessárias para o embasamento, constituindo como os principais meios para o seu entendimento.

### 2.1 O SISTEMA DE PISO

De acordo com a ABNT NBR 15575-3 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013), o sistema de piso pode ser entendido como um sistema horizontal ou inclinado, composto por um conjunto parcial ou total de camadas, previstos para atenderem aos quesitos estruturais, de vedação e de tráfego, conforme os parâmetros exigidos pela mesma. Na figura 1 é apresentado o esquema genérico de um sistema de piso:



Fonte: ABNT NBR 15575-3 (2013)

De acordo com Kern, Souza e Tutikian (2017), o desempenho do sistema é diretamente dependente de quais materiais são utilizados na execução, seguindo da relação entre eles, além dos métodos construtivos empregados e da qualidade da mão de obra responsável pelos serviços.

Os requisitos e critérios que possuem maior relevância neste trabalho conseguem ser verificados através da ABNT NBR 15575-3 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013), que estabelece como fatores chave que garantem a adequação mínima do sistema ao usuário os seguintes parâmetros: desempenho estrutural; segurança contra o fogo; segurança no uso; estanqueidade; desempenho acústico; durabilidade e manutenibilidade; funcionalidade e

acessibilidade; conforto táctil, visual e antropodinâmico. Outras propriedades não são exigidas pela Norma, como os desempenhos térmico, lumínico, saúde, higiene, qualidade do ar e ambiental. Isso ocorre devido ao fato de que elas não são tão influenciadas pelo contrapiso, portanto podendo excluir suas verificações.

## 2.2 A CAMADA DE CONTRAPISO

A camada de contrapiso é definida como um “estrato com as funções de regularizar o substrato, proporcionando uma superfície uniforme de apoio, coesa, aderido ou não e adequada à camada de acabamento, podendo eventualmente servir como camada de embutimento, caimento ou declividade” conforme a ABNT NBR 15575-3 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013, p.5). Porém, há dúvidas quanto a sua finalidade, se pode ou não ser tratado como uma camada de acabamento, por conta das suas propriedades relacionadas a sua superfície de desgaste. Assim, para Barros (1991, p.27) ele é tratado como um elemento,

Constituído por uma ou mais camadas de material, lançado sobre uma base (laje estrutural) ou sobre uma camada intermediária (de impermeabilização ou de isolamento termo - acústico), devendo apresentar características como espessura, regularidade superficial, resistência mecânica, compactidade e durabilidade adequadas ou atendimento de suas funções, cujas principais são: possibilitar o recebimento do revestimento de piso, transmitir à laje suporte as cargas de utilização, proporcionar os desníveis necessários entre ambientes contíguos e a declividade nas áreas molháveis e permitir o eventual embutimento de instalações.

Ainda de acordo com os estudos realizados, como o de Barros e Sabbatini (1991), é fundamental para que haja a definição do contrapiso que se determine os parâmetros relacionados ao seu desenvolvimento, principalmente suas características e propriedades, a superfície de aplicação, o tipo de revestimento a ser utilizado, as solicitações previstas, a técnica de execução e os materiais utilizados para a produção da argamassa.

### 2.2.1 Características do Contrapiso

Assim como para qualquer material, o contrapiso possui características próprias. Conforme o trabalho de Barros (1991), a melhor forma de classificar o contrapiso é através do seu número de camadas, da aderência à superfície implantada e aos materiais usados para a execução.

Referente ao número de camadas, a execução do contrapiso pode ser realizada em uma ou mais etapas, dependendo da situação encontrada e dos materiais utilizados. Portanto, de acordo com Barros (1991), eles podem ser descritos como:

- a) contrapiso de camada única: consiste na sua execução em uma única etapa ou em etapas consecutivas utilizando a mesma argamassa, incorporando-a à argamassa utilizada em etapas anteriores, resultando em uma única camada sem superfície de separação;
- b) contrapiso de múltiplas camadas: possui execução em diversas camadas, podendo utilizar um ou mais tipos de argamassa e com uma separação entre elas.

Quanto aos materiais, há a predominância do cimento e areia como os principais materiais utilizados para a produção da argamassa na execução do contrapiso. Conforme Barros (1991) descreve em seu trabalho, já houve no mercado argamassas utilizadas na realização do contrapiso à base de diferentes aglomerantes e agregados, como a vermiculita, a argila expandida e a escória de alto forno, que dão uma menor densidade do contrapiso, além de serem bons isolantes térmicos. Já se utilizou também anidrita ao invés de cimento, que diminui a retração por secagem do contrapiso, além da sua produção em uma camada mais fina, de até 25mm. Apesar dessas alternativas, Amorim (2015) destaca as argamassas de cimento e areia, por serem mais utilizadas, sendo classificadas de acordo com a sua plasticidade. Assim, há três principais tipos de composições existentes de acordo com Barros (1991), sendo elas:

- a) argamassa plástica: possui consistência semelhante à argamassa para revestimento de alvenarias, com um teor de umidade entre 20 e 25%, não sendo recomendada para a execução de contrapisos em ambientes internos;
- b) argamassa seca: é composta pelos mesmos materiais da plástica, mas com um teor de umidade de até 50% menor em relação a ela;
- c) argamassa fluida: é a ideal para a execução do contrapiso autoadensável, sendo composta por cimento, areia, água, aditivos químicos e até adição de minerais. Possui elevada fluidez, promovendo um espalhamento sem compactação, agilizando a execução do contrapiso, reduzindo o período de liberação do ambiente para os próximos serviços.

Quanto à classificação da aderência, é um quesito que gera muitas dúvidas, principalmente pela não padronização dos procedimentos voltados para sua execução. As definições realizadas por Barros (1991) a respeito das classificações estabelecidas à aderência do contrapiso, considerando a época em que o estudo foi realizado, são:

- a) contrapiso aderido: executado sobre uma base adequadamente preparada, apresentando rugosidade, limpeza e ponte de aderência necessárias à completa união entre eles, com uma espessura mínima de 20mm, sendo que para uma espessura total superior a 50mm sua execução deve ser feita em camadas de enchimento aderidas à base, observando-se que a camada superior ou final deverá ter no mínimo 20mm e máximo de 50mm;
- b) contrapiso não aderido: é obtido através da execução sobre uma camada impermeável aderida à laje ou diretamente sobre ela, sem prévio preparo, desde que não prejudique o concreto da laje nem o contrapiso, apresentando espessura mínima de 35mm. Para espessuras superiores a 50mm, recomenda-se sua execução com camadas de enchimento, se atentando à obtenção da camada superior ou final com espessura mínima de 20mm);
- c) contrapiso flutuante: é executado sobre uma camada intermediária, não aderida à laje, separando o contrapiso da base dos demais elementos e componentes, minimizando os

efeitos provocados pelas deformações e variações dimensionais entre eles. A espessura mínima varia conforme a compressibilidade dos materiais utilizados na camada intermediária, estabelecida entre 40 e 70mm.

Conforme há a descrição no trabalho de Britez (2019), geralmente a consideração do contrapiso com argamassa autoadensável é tratado como aderido, mesmo sem haver uma ponte de aderência anterior, preparo da base e aplicação em camada única e posterior à laje, devida à não implementação de camada física separadora entre a laje e o contrapiso. Mas conforme explica Barros (1991), o contrapiso aderido é aquele efetivamente integrado à base, portanto há uma exigência em executar ensaio de aderência de tração à base. Além de que, ele pode ser classificado em qualquer uma das definições expostas, pois há a possibilidade de o contrapiso ser aderido quando não há camada separadora, pode ser não aderido quando existe laje contaminada por óleo ou outro material, e quanto à técnica de execução que separa de elementos verticais, utilizando por exemplo obstáculos de Poliestireno Expandido (EPS), comumente encontrados em contrapisos flutuantes. Por isso é importante a implementação de uma Norma para que dúvidas como essa possam ser respondidas de maneira definitiva.

### 2.3 A ARGAMASSA AUTOADENSÁVEL NA EXECUÇÃO DO CONTRAPISO

Conforme o estudo realizado por Martins (2009), a argamassa autoadensável caracteriza-se principalmente pela sua capacidade de ocupar os espaços vazios do ambiente, conseguindo se auto adensar apenas pela ação da gravidade e sua própria capacidade de fluxo, proporcionando ainda uma resistência à segregação, por conta do equilíbrio entre a alta fluidez e moderada viscosidade e coesão entre as partículas componentes. Para complementar, Amorim (2015) destaca sua facilidade e rapidez de execução no estado fresco em comparação com as argamassas tradicionais.

De acordo com Britez (2019), o desenvolvimento do sistema de contrapiso com a argamassa autoadensável se iniciou na Europa, na década de 1980, voltado mais para a recuperação e nivelamento de bases de concreto, sendo que no Brasil, seu aparecimento ocorreu por volta de 1990. Em uma entrevista com Genário Fonseca, Diretor Operacional da Empresa Nivelte, “com o aquecimento do setor da construção civil, perceptível desde meados de 2019, a procura pela execução do CAA tem crescido bastante, principalmente em alguns centros como os Estados de São Paulo, Paraná e Santa Catarina” (FONSECA, 2020).

O abastecimento desse produto pode ocorrer de duas maneiras, sendo a primeira através da forma ensacada, que é misturada no momento do lançamento, e as usinadas, assunto desse estudo, que são produzidas em centrais e transportadas por meio de caminhão betoneira. Em relação a esta última citada, é notória as vantagens que ela proporciona. Conforme o estudo de Amorim (2015), esse sistema promove uma ampla redução de espaços para armazenamento de materiais dentro do canteiro

de obras. Egle (2010) ainda adiciona que há ganhos relacionados ao seu transporte, já que a maior dificuldade da equipe de obra para a etapa do contrapiso é a de subir os materiais para o devido local através do elevador cremalheira. Além do que a execução é mais limpa e organizada, pois o material é lançado por uma bomba acoplada, projetando-o até o pavimento desejado, dentro do limite de alcance da bomba. Porém é importante analisar também os contras para o seu abastecimento. Dentre as maiores desvantagens, Souza (2013) cita uma dependência maior da obra com as usinas fornecedoras do material, devido ao controle de dosagem, a distância entre a obra e a usina, observando o tempo de chegada do material para não haver o risco de perda do material por conta da ultrapassagem do período recomendado de lançamento, além da realização da programação com antecedência, para que nenhum fator externo possa atrapalhar o planejamento da obra.

Mas o que realmente torna a execução do contrapiso com argamassa autoadensável tão interessante são os ganhos com a produtividade da obra. Com o intuito de demonstrar a possibilidade sua implantação, Neto e Ramires (2017) fizeram um estudo de caso em uma obra em Maceió - AL com o objetivo de realizar uma análise comparativa da utilização do contrapiso autoadensável em relação ao tradicional. Ao comparar os dois métodos concluiu-se que, com relação a custos com materiais e tempo de execução, o contrapiso autoadensável apresentou melhores resultados econômicos. Egle (2010) também indica em seu estudo que a maneira tradicional de execução do contrapiso possui um trabalho de aproximadamente cinco dias uma laje com 500m<sup>2</sup>, enquanto que com a argamassa autoadensável o serviço pode ser executado num período de quatro e cinco horas, com uma equipe de quatro pessoas. E ainda Ribeiro (2017) compara dois condomínios residenciais, no qual no primeiro utilizou-se a argamassa autoadensável usinada, e no outro a argamassa convencional. A utilização da argamassa autoadensável exigiu 3 dias para a execução de um pavimento tipo, com uma área de 598,58 m<sup>2</sup>, enquanto que a execução com a argamassa convencional seguiu um período de 5 dias para a execução do pavimento tipo, com área de 617,78 m<sup>2</sup>.

Portanto, é visível o quanto de economia pode ocorrer dentro da obra com a adoção da argamassa autoadensável, visto que com um número reduzido de trabalhadores há uma produtividade maior, contribuindo para o andamento da construção da edificação.

### **2.3.1 Caracterização dos Materiais**

Considerando que a argamassa autoadensável é transportada de uma usina central até o local em que deseja executar o contrapiso, é preciso haver o controle da dosagem dos seus componentes para que a execução do serviço seja realizada com sucesso. De acordo com Nakakura e Bucher (1997) *apud* Britez (2019), as argamassas autoadensáveis são compostas por cimento Portland de elevada resistência inicial (correspondendo entre 25 a 45% da massa total) e areia fina quartzosa (de 40 a 60%), e o restante composto por aditivos químicos e adições minerais, que alteram as características



reológicas do material no estado fresco e as propriedades físico-mecânicas no estado endurecido. A quantidade água varia entre 20 e 30% da massa seca total, dependendo da finalidade de uso do material (acabamento ou regularização).

Em relação ao cimento, Martins (2009) cita que na produção da argamassa autoadensável não há um tipo específico a ser utilizado. O cimento Portland, por ser facilmente produzido e comercializado no Brasil, geralmente é o mais empregado. Tanto que no trabalho da autora houve a análise do CP V ARI RS, escolhido por conta de sua alta resistência inicial e finura, o que melhora o desempenho da fluidez da argamassa. Em outro estudo, como o de Souza (2013), o tipo de cimento utilizado foi o CPII-F-32, escolhido principalmente por conta de sua finura. Já no estudo de Lisboa (2019) o cimento utilizado também foi o CP V ARI RS, com a adição de 50% de Resíduo de Corte de Mármore e Granito, o que resultou em uma resistência maior em comparação com as outras argamassas analisadas.

Já em relação aos agregados utilizados, normalmente utilizam-se areia e/ou pedriscos, com o objetivo de buscar o menor módulo de finura dos elementos, para que possam contribuir na trabalhabilidade e coesão da massa no estado fresco do material, e contribuir para a resistência, durabilidade e estabilidade dimensional no estado endurecido (AMORIM, 2015). De acordo com Souza (2013), utilizar partículas mais arredondadas e lisas garantem uma maior fluidez da argamassa. E conforme relato do Diretor Genário Fonseca, “é preferível utilizar areia fina de quartzo, ou até areia artificial que possua um teor de pulverulento na faixa de 10%” (FONSECA, p.1, 2020).

Passando para a parte dos aditivos, conforme aponta Martins (2009), é indispensável o uso desses elementos para a produção do material, pois há um auxílio na obtenção das características reológicas desejadas. E acordo com as referências pesquisadas, os aditivos químicos mais utilizados são os retardadores de pega (aumentam o período de trabalhabilidade da argamassa e reduzem a retração através de uma melhor distribuição do calor de hidratação do cimento), os incorporadores de ar (aumentam a durabilidade das argamassas, permitindo ao contrapiso a capacidade de acompanhar a deformação estrutural da laje), os superplastificantes (garantem a fluidez da argamassa sem elevar o consumo de água, reduz em até 30% sua proporção na mistura, aumentando sua resistência e durabilidade no estado endurecido, e contribui para a redução do consumo de cimento, mantendo a consistência e a resistência à compressão do material, diminuindo a retração), os modificadores de viscosidade (empregado quando há limitação do teor de agregados miúdos, ajustam a viscosidade do material garantindo sua resistência à segregação e homogeneidade da mistura, e diminuem a exsudação), e fibras de polipropileno (dificultam o espalhamento das fissuras na estrutura interna da pasta de cimento, aumentando a resistência à tração e a capacidade de deformação e da tenacidade).

Há ainda adições minerais que contribuem com a qualidade da argamassa autoadensável. Amorim (2015) cita que seu uso proporciona aumento da fluidez e das propriedades mecânicas da

argamassa. Martins (2011) complementa que os minerais adicionados à argamassa ajudam no empacotamento granulométrico, proporcionando um produto mais compacto e coeso, sem apresentar segregação ou exsudação. A autora ainda classifica seus tipos em reativas (ajudam na formação de hidratos, sendo utilizadas para substituir o cimento, podendo compor até 30% do seu volume. Exemplos dessas adições são as cinzas volante, cinza da casca de arroz, escória de alto forno e a sílica ativa) e inertes (elevam a compactidade da mistura sem provocar uma reação química na pasta. O fíler calcário e o quartzo moído são alguns dos materiais desse tipo).

### **2.3.2 Manifestações Patológicas**

Outro fator determinante para a aprovação do material para a execução do contrapiso é a quantidade de problemas que aparecem. Como trata-se ainda de uma atividade nova no Brasil, as empresas especializadas por sua execução seguem buscando as melhores alternativas, a fim de eliminar os problemas apresentados e entregar um produto de melhor qualidade. Conforme verificado nos estudos, as manifestações patológicas mais comuns de aparecerem são: som cavo; fissuras; aparecimento de películas; falta de nivelamento e planicidade em determinados locais.

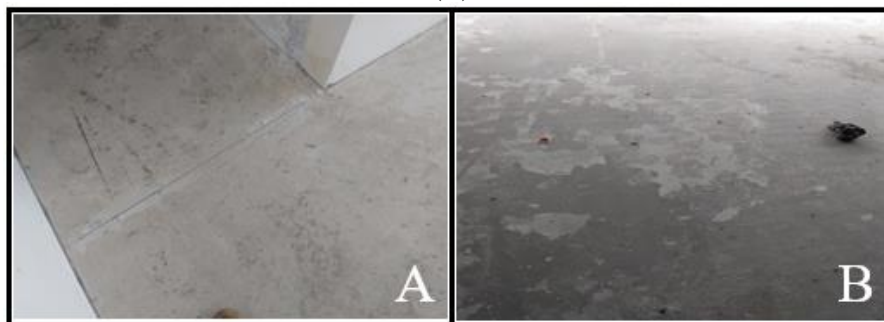
Com relação ao som cavo, como muitas pessoas acreditam que a camada de contrapiso seja o produto final de entrega, há a ideia de que esse problema afete consideravelmente o desempenho. Seu aparecimento ocorre através da interconexão entre as fissuras apresentadas, originadas a partir das diversas reações ocorrentes durante o processo de cura da argamassa.

A respeito da ocorrência das fissuras, é o problema mais comumente observado relacionado a materiais de base cimentícia, sendo que muitas vezes é quase certo o seu aparecimento. Quando a argamassa é aplicada diretamente sobre a laje, o surgimento de fissuras muitas vezes é proveniente de fatores como a retração por secagem da argamassa, alterações nas composições dos cimentos utilizados, falhas relacionadas à aderência da laje devido a uma cura inadequada, além das movimentações da própria estrutura. Outro fator que pode ser citado para o seu aparecimento de fissuras é quando sua aplicação se dá sobre manta acústica de polietileno. Muitas fissuras podem surgir nas quinas dos ambientes, originadas pela não colocação ou devido a aplicação tardia de telas metálicas nos cantos dos locais no momento do lançamento da argamassa, fazendo com que o efeito do aço não seja suficiente ao ocorrer a reação entre os elementos. Outra causa é referente à aplicação, também tardia, das juntas de movimentação executadas no encontro entre as paredes e o contrapiso, fazendo com que a movimentação do edifício e do material no decorrer do tempo ocasione as fissuras.

Comentando sobre a película, um fato curioso é o de que esse problema é um caso exclusivo da argamassa autoadensável, obtida através de uma quantidade de água maior que a recomendada, interferindo na sua trabalhabilidade. Conforme aponta Ribeiro (2017), parte da água é consumida no processo de hidratação do cimento, enquanto a excedente transfere para a superfície do contrapiso,

se evaporando com o tempo. Porém, durante o processo da passagem da água até a superfície, ela carrega partículas finas dos componentes da argamassa, nas quais após se evaporar, formam uma camada pouco espessa na superfície, que podem ou não se destacar do contrapiso, dependendo da matéria-prima utilizada. Uma atenção maior deve ser dada para películas não aderidas, que para serem retiradas deve-se realizar processos de abrasão (lixamento) ou lavagem. A figura 2 demonstra de maneira sintetizada três exemplos das manifestações patológicas citadas:

Figura 2 - Manifestações patológicas apresentadas no contrapiso, sendo: fissuras (A), formação de película (B)



Fonte: acervo pessoal (2020)

### 3 METODOLOGIA

O seguinte trabalho possui o propósito de apresentar as características e propriedades da argamassa autoadensável para a execução de contrapisos conforme os procedimentos das construtoras e empresas especializadas, além da análise de seu desempenho através da realização dos principais ensaios adotados. A partir disso, temos uma determinação de que a abordagem é qualitativa e quantitativa, por demonstrar tanto os aspectos comportamentais e visuais do produto obtido após seu processo executivo, quanto os valores obtidos através dos ensaios realizados de acordo com os parâmetros exigidos pelas respectivas normas, essenciais para a recomendação da sua utilização. Sendo assim, conseguimos obter uma conclusão a respeito dos objetivos traçados pelo grupo, combinando as informações transmitidas pela pesquisa bibliográfica com os ensaios realizados.

#### 3.1 ESTUDO DE CASO

Um ponto importantíssimo a ser tratado é que durante o desenvolvimento deste trabalho, tanto o país quanto o restante do mundo se encontram em dificuldades, por conta da pandemia do Covid-19, fazendo com que a disponibilidade de lugares e ensaios a serem realizados fossem extremamente limitados, dificultando desse jeito toda a abordagem ao assunto proposto pelo grupo.

Por isso, optou-se pela realização de um estudo de caso de casos múltiplos em três obras na cidade de São Paulo, a fim de avaliar os procedimentos executivos da argamassa autoadensável para a execução de contrapisos optados pelas empresas. E em relação aos ensaios desejados, nem todas as

construtoras conseguiram disponibilizar um espaço para a realização dos mesmos, porém conseguiram fornecer valores obtidos pelos testes realizados num período anterior ao da visita da equipe no dia de execução do contrapiso. Apenas uma das obras aceitou fornecer uma amostra do material para poder ser ensaiada no Laboratório de Materiais de Construção da UPM.

Com relação ao estudo de caso, procurou-se um aprofundamento do estudo realizado por Ribeiro (2017), com o objetivo de apresentar como ocorre a execução do contrapiso utilizando a argamassa autoadensável usinada. Sendo assim, serão apresentadas as obras que concederam seus espaços para o acompanhamento do serviço, desde o preparo do ambiente até a condição considerada adequada pela equipe de obra para a liberação do local para o prosseguimento dos demais serviços, indo de acordo com os procedimentos recomendados pelas empresas especializadas em executar o serviço, além da fornecedora do material.

A primeira obra a ser citada é o empreendimento residencial Omni Ibirapuera, referenciada como obra 1 no trabalho, pertencente à construtora Trisul, localizado no próprio bairro do Ibirapuera, na Zona Sul da cidade de São Paulo. O condomínio é composto por somente 1 torre de 17 pavimentos tipo, além da cobertura, do térreo e mais 3 subsolos, comportados em um terreno de 1883 m<sup>2</sup>. Ao todo, 4 tipologias diferentes estão distribuídas entre os pavimentos, sendo que no 1º andar é composto por *studios* de 26 ou 30 m<sup>2</sup>, do 2º ao 10º pavimento há a implementação de apartamentos de 46 m<sup>2</sup>, e ainda os apartamentos de 94 m<sup>2</sup>, com pé direito duplo, compondo do 11º ao 17º pavimento. O procedimento analisado ocorreu no 7º pavimento, sendo que a aplicação se deu sobre toda a área interna, de forma aderida e não armada, inclusive nas áreas molhadas. Porém não houve a aplicação nos terraços dos apartamentos. A próxima obra analisada foi o complexo Habitarte 2, denominada como obra 2, realizada pela Incorporadora Yuni e Construtora Construcompany. Situada no bairro do Brooklin, também na Zona Sul de São Paulo, 2 torres fazem parte do condomínio, uma com 26 e a outra com 32 pavimentos tipo, contando ainda as coberturas e os térreos em ambas as torres, tudo dentro de 6900 m<sup>2</sup>. Ao todo são 332 unidades habitacionais, divididas em apartamentos de 189 e 225 m<sup>2</sup>, totalizando uma área construída de 61241 m<sup>2</sup>. Para este estudo, o pavimento de execução foi o 11º e 12º da torre com 32 pavimentos, no qual, diferentemente do empreendimento da Trisul, aqui o lançamento da argamassa ocorreu por toda a área do pavimento, inclusive nos terraços, além de que neste caso em especial a aplicação se deu sobre manta acústica, exceto nos boxes do banheiro e nos terraços. A obra Complexo Mauá, denominada como obra 3, pertencente à construtora Canopus, localizada no bairro da Santa Efigênia, no centro de São Paulo, seguiu o mesmo procedimento da obra 1. Composta por 2 torres de 14 pavimentos tipo cada, dispendo também dos térreos e coberturas de ambas as torres, totalizam-se 210 unidades ao todo, com apartamentos de 33 e 43 m<sup>2</sup>, apresentando uma área construída de 13660m<sup>2</sup>. Foi executado o mesmo procedimento no 11º pavimento de uma das torres, entretanto, a aplicação não foi realizada no interior no box do banheiro, por conta da

declividade, e nos quartos, por conta da utilização de manta acústica. As fachadas das três obras analisadas estão apresentadas na figura 3.

Figura 3 - Fachadas dos empreendimentos: Omni Ibirapuera (A), Habitarte II (B) e Complexo Mauá (C)



Fonte: acervo pessoal (2020)

Um importante fato a considerar são as diferentes maneiras como cada empresa realiza a execução dos seus contrapisos, até para fazer com que todo o sistema atenda os desempenhos desejados pela ABNT NBR 15.575 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013), se atentando principalmente ao controle acústico do ambiente, maior fator que determina se a argamassa lançada será sobre a própria estrutura, ou se será executada em conjunto com instalação de uma manta acústica de polipropileno ou polietileno, material comumente utilizado para melhorar o desempenho acústico local. Com isso, há uma mudança no planejamento, preparo do ambiente e a maneira de aplicação da argamassa autoadensável.

E por ficar com as construtoras a responsabilidade de fiscalizar todos os processos e parâmetros de desempenho do sistema, é importantíssimo entender como elas realizam esse controle. Assim, são demonstrados os níveis exigidos por cada empresa para a aceitação do produto final.

### 3.1 MÉTODOS DE ENSAIO

Como ainda não há no país uma normatização para a execução de contrapisos, ainda mais para contrapiso executado com argamassa autoadensável, os ensaios realizados neste trabalho possuem as diretrizes estipuladas pelas normas referentes à argamassa tradicional e ao concreto, que de certo modo possuem características diferentes do produto avaliado.

A principal intenção foi dar uma continuidade aos trabalhos de Amorim (2015) e de Britez (2019), porém como já informado, o cenário encontrado no país devido às circunstâncias geradas pela pandemia do Coronavírus dificultou o encontro dos lugares necessários para que o trabalho fosse desenvolvido. Assim, a alternativa escolhida foi buscar a realização dos ensaios mais comumente utilizados pelas empresas para a aceitação da argamassa autoadensável. O quadro 1 indica os principais ensaios realizados para a avaliação da argamassa autoadensável, de acordo com as

informações levantadas através das fontes pesquisadas, que mais se adequam ao nível exigido pelas obras, de acordo também com as normas relacionadas ao desempenho do material.

Quadro 1 - Resumo dos parâmetros e métodos de ensaios para a aceitação do contrapiso executado com argamassa autoadensável

ESTADO DO MATERIAL	REQUISITO	PARÂMETROS SUGERIDOS	MÉTODO DE ENSAIO
Fresco	Consistência e Espalhamento (Slump Flow Test)	Entre 24 e 26 cm (Consistência pelo abatimento do tronco de cone); Entre 70 e 80 cm (Espalhamento pelo Método do Cone de Abrams)	ABNT NM 67 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1996) ou ABNT NBR 15.823-2 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2017)
Endurecido	Resistência à compressão da argamassa	10 a 14 MPa Ensaio segundo a Normatização Europeia (EN) 13.892-2	ABNT NBR 13.279 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005) ou ABNT NBR 16.868-2 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2020)
	Resistência à tração na flexão da argamassa (utilizando corpos de prova de 4x4x16 cm)	2 a 5 MPa Ensaio segundo a Normatização Europeia (EN) 13.892-2	ABNT NBR 13.279 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005)
	Resistência da aderência da argamassa	≥ 0,3 MPa	ABNT NBR 13.755 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2017)

Fonte: modificado de Britez (2019)

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir são descritos os principais resultados encontrados e comentários relacionados ao estudo de caso e ensaios realizados.

### 4.1 ESCOPO DOS SERVIÇOS

As construtoras, por si só, não possuem setores próprios para a elaboração de projetos relacionados à execução do contrapiso. Portanto, em quase todos os casos, elas deixam os parâmetros referentes tanto ao traço do material quanto ao método executivo a critério das empresas especializadas contratadas para a realização do serviço.

A exceção desse fato é o caso da obra 1, que possui um procedimento pré-estabelecido referente ao processo executivo do contrapiso, solicitando apenas à empresa fornecedora da argamassa autoadensável a composição do traço adequado às condições apresentadas no ambiente onde será projetado o produto. Para as demais, pode-se dizer que a equipe responsável não possui projetos relacionados com o processo executivo do contrapiso autoadensável, deixando quase todo o procedimento a critério da empresa contratada para esse serviço. Em todas elas, há o acompanhamento pelo assistente da obra para a verificação do correto procedimento de execução do contrapiso.

Mesmo com essas considerações, pode-se dizer que as obras 1 e 3 possuem procedimentos semelhantes para a execução do contrapiso, com a diferença de que na obra 3, o local se encontrava com a alvenaria toda executada, não havendo a execução da primeira fiada apenas. E em relação ao

procedimento da obra 2, há a adição da manta acústica, diferenciando os procedimentos executivos entre elas. Com isso, o quadro 2 mostra, o escopo dos serviços para a execução do serviço das obras 1 e 3, e as tabelas 1 e 2 mostram as composições do traço utilizado pelas obras 1 e 3 para o lançamento da argamassa autoadensável.

Quadro 2 - Responsabilidades das partes para a execução do contrapiso das obras 1 e 3

FUNÇÕES DA EMPRESA CONTRATADA	FUNÇÕES DA EQUIPE DA OBRA
Realizar o mapeamento da laje para a verificação do nível do contrapiso	Limpeza do local de serviço, com a eliminação de restos de materiais
Lavagem da laje com jateamento de água sob pressão um dia antes da aplicação	Verificação do local de instalação da bomba e para o transporte vertical do material, feito pelo engenheiro da obra com a equipe de produção
Aplicação de fita de polietileno expandido no encontro da primeira de fiada de alvenaria com o contrapiso	Execução da primeira fiada de alvenaria do pavimento
Programação dos caminhões betoneiras para o transporte do produto	Isolamento das áreas que não recebem a argamassa autoadensável
Execução do lançamento da argamassa entre as galgas de nivelamento	
Realização da cura da argamassa após 24 horas, no mínimo	
Retorno da equipe para eventuais reparos devidos ao aparecimento de manifestações patológicas	

Fonte: elaborado pelos autores (2020)

Tabela 1 - Composição do traço para a produção da argamassa autoadensável utilizada na obra 1

COMPOSIÇÃO DO TRAÇO DA ARGAMASSA AUTOADENSÁVEL PARA 1 m <sup>3</sup>	
Cimento CP II E 40	280 kg
Areia Artificial Prime	385 kg
Quartzo	640 kg
Aditivo Superplastificante TecnoL	0,049 L
Aditivo Incorporador de Ar Eco Tec Mix	0,41 L
Aditivo Redutor de Água Materpolyheed 126	1,695 L
Complemento Glenium 160 SCC	2 L
Água	280 L

Fonte: acervo da Obra 1 (2020)

Tabela 2 - Composição do traço para a produção da argamassa autoadensável utilizada na obra 3

COMPOSIÇÃO DO TRAÇO DA ARGAMASSA AUTOADENSÁVEL PARA 1 m <sup>3</sup>	
Cimento CP II E 40	330 kg
Areia Artificial Prime	318 kg
Areia de Quartzo Cava Fina	695 kg
Aditivo Incorporador de Ar Eco Tec Mix	0,541 L
Aditivo Plastificante Masterpozzolith 201	2,310 L
Complemento de Fita de Polipropileno	99 kg
Água	300 L

Fonte: acervo da Obra 3 (2020)

Por questões de não querer expor maior detalhes do produto, a obra 2 optou por não relatar a composição do traço utilizado para a produção da argamassa, em relação às quantidades. Porém, houve a descrição dos materiais que fazem parte da composição para a realização do serviço, conforme descreveu Fonseca (2020), sendo eles: Cimento (de preferência CP II); Areia natural; Areia artificial com teor de pulverulento na faixa de 10%; Água; Aditivos, como o estabilizador de pega com o objetivo de eliminar fissuras de retração inicial; e Fibras sintéticas.



## 4.2 PROCEDIMENTO EXECUTIVO

Como descrito no item 4.1, a obra 1 possui um procedimento para a execução do contrapiso com a utilização da argamassa autoadensável, auxiliando a empresa especializada contratada na obtenção das diretrizes para sua adequada execução. Em relação às obras 2 e 3, a empresa realizadora do serviço foi quem estabeleceu o procedimento a ser executado.

Na obra 1, a edificação é construída com alvenaria convencional, e a equipe da obra optou por anteceder a execução do contrapiso, sem a necessidade de concluir tanto a alvenaria quanto as instalações hidráulicas e elétricas do local, como a maioria dos empreendimentos prosseguem. Sabendo disso, o contrapiso foi realizado por todo o ambiente interno, inclusive nas áreas molhadas. O único local em que não houve a aplicação da argamassa foi nos terraços dos apartamentos, por escolha do empreendimento de permitir ao usuário a escolha de um revestimento diferente, no caso de não querer unir os dois ambientes, fazendo com que haja um desnível entre eles. As únicas exigências que o serviço solicita antes da entrada da equipe especializada são a limpeza prévia do pavimento, principalmente em locais que apresentam sujeiras e partículas grosseiras de materiais deixados por outras frentes de trabalho, e a execução de somente a primeira fiada de alvenaria para a colocação da fita de polietileno expandido na junção do rodapé com o contrapiso, para que a argamassa autoadensável consiga se aderir à superfície, eliminando desse jeito o aparecimento de fissuras no ambiente. Outra importante etapa é a preparação do local de entrada para o recebimento do material, que possui um período limitado para ser utilizado, fazendo com que qualquer atraso no processo possa acarretar grandes prejuízos para ambas as partes. Já nas obras 2 e 3, construídas em alvenaria estrutural, o procedimento é basicamente o mesmo, diferenciando-se somente pela não utilização de fita de polietileno expandido, a utilização de manta acústica antes da aplicação do material, no caso da obra 2, e a não aplicação do produto nas áreas de box de banheiro e dormitórios, no caso da obra 3. A figura 4 ilustra a realização dessas etapas.

Figura 4 - Preparação da entrada da obra 1 para o recebimento do material (A); mapeamento do local para a conferência do nível do contrapiso (B); aplicação da fita de polietileno na primeira fiada de alvenaria (C)



Fonte: acervo pessoal (2020)

As etapas referentes ao mapeamento do nível do contrapiso, a definição da sua espessura se atentando aos pontos críticos, lavagem com equipamento de água pressurizada e distribuição das niveletas, são semelhantes para todas as obras, sendo fundamentais para a garantia do bom



desempenho dos demais sistemas que compõem o empreendimento. O que difere em cada um é a espessura ideal do contrapiso considerada pela equipe de obra. Na obra 1, aplicada diretamente sobre a laje, a espessura adotada foi de 3,5cm. Na obra 2, como foi aplicada sobre a manta acústica, a espessura adotada foi de 5cm, salientando que a empresa contratada para a realização do serviço recomenda uma espessura maior ou igual a 4cm do contrapiso para esse caso. E na obra 3, a espessura adotada foi de 4cm, também aplicada sobre a estrutura. Com todos os níveis definidos e espessuras do revestimento adotadas, a equipe prepara o ambiente com os equipamentos necessários, incluindo o mangote e demais acessórios que são suficientes para a execução do serviço. Após, a argamassa autoadensável pode ser projetada no local, através da liberação dos caminhões efetuada pela equipe de obra com o setor de programação do fornecedor. Finalizado o lançamento do material e seu acabamento, a sua cura deve ser iniciada. De maneira geral ela possui o mesmo processo para todas as obras, começando em um período mínimo de 24 horas, podendo ser verificada através do atrito de um prego ao entrar em contato com a argamassa. Prosseguindo, uma lâmina d'água aplicada sobre toda a área em que o contrapiso foi executado, para que diminua o aparecimento de fissuras devido à perda excessiva de água durante o processo de puxamento da pasta. A figura 5 apresenta partes das etapas citadas na obra 2, enquanto que a figura 6 ilustra a execução do serviço nas obras 1 e 3.

Figura 5 - Aplicação da manta acústica e posicionamento da tela metálica (A), aplicação da argamassa (B) e acabamento com a membrana (C)



Fonte: acervo pessoal (2020)

Figura 6 - Distribuição das niveletas (A) e lançamento da argamassa (B) na obra 1 e cura do contrapiso (C) na obra 3



Fonte: acervo pessoal (2020)

Em relação à produtividade, a obra de número 1 executou o contrapiso de 1 pavimentos tipo com 6 apartamentos de 46m<sup>2</sup> em aproximadamente 4 horas, com uma equipe de 4 funcionários.

Enquanto que a obra de número 2 executou o contrapiso de 2 pavimentos tipo por dia, com apartamentos de 189 e 225 m<sup>2</sup> e uma equipe de 3 funcionários, período não alcançável no método padrão com essas condições. Grande parte dessa produtividade se dá pelo transporte vertical do material dentro da obra, no qual por ser fluida, não é necessária a utilização de elevadores cremalheiras para que sacas e cimento e areia sejam carregados até o local de execução do contrapiso, além do transporte dos funcionários com as ferramentas certas para este trabalho, proporcionando um tempo de aplicação muito menor e uma economia maior de esforço da equipe da obra.

#### 4.2 ENSAIOS REALIZADOS

Por ser de responsabilidade das construtoras a escolha da realização ou não dos testes, elas muitas vezes optam por realizá-los uma única vez, geralmente no início das execuções do contrapiso no empreendimento, conseguindo analisar de maneira mais aprofundada o seu comportamento, verificando as melhores soluções a serem aplicadas caso haja a ocorrência de manifestações patológicas. Após a elaboração de um laudo técnico é que a obra decide se irá prosseguir com a utilização da argamassa autoadensável para a execução do contrapiso.

Referentes aos casos avaliados neste trabalho, os ensaios realizados a fim de avaliar o desempenho das argamassas utilizadas foram os mesmos citados na tabela 1, no item 3.1.

Em relação ao ensaio para a determinação da consistência da argamassa, ela é fundamental para a liberação do produto da usina dosadora para a chegada na obra, assim como acontece para o fornecimento do concreto. Desse jeito, a tabela 3 apresenta o valor médio encontrado para as argamassas utilizadas nas obras 1 e 3:

Tabela 3 - Valores médios encontrados no Slump Flow Test realizado nas obras 1 e 3

<b>EMPREENDIMENTO</b>	<b>OBRA 1</b>	<b>OBRA 3</b>
<b>Consistência da Argamassa pelo Abatimento do Tronco de Cone (mm)</b>	X	240
<b>Espalhamento da Argamassa pelo Método do Cone de Abrams (mm)</b>	765	X

Fonte: elaborado pelos autores (2020)

Como pode-se observar, há uma diferença considerável em relação aos valores encontrados, principalmente pela adoção de diferentes referências para a determinação da qualidade do material. Com isso, a obra 1 apresentou um valor muito superior, já que a equipe optou pela determinação do espalhamento da argamassa, admitindo um valor de 750±50 mm para o espalhamento adequado do material. E para a outra obra, os valores condizem com os suficientes para a Federação Europeia de Associações Nacionais Representantes do Concreto (EFNARC), sendo de 240±20 mm.

Para os ensaios de determinação da resistência à compressão e à tração na flexão da argamassa, um ponto a destacar é a sua não realização na obra 1. Os ensaios seguiram os parâmetros estabelecidos pela ABNT NBR 13.279 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS,

2005), pontuando ainda que para a amostra da obra 2, os ensaios foram realizados no laboratório de Materiais de Construção da Universidade Presbiteriana Mackenzie. A seguir pode ser observado o armazenamento dos corpos de prova na câmara úmida do laboratório da Universidade. A figura 7 ilustra os corpos de prova utilizados nos ensaios:

Figura 7 - Corpos de prova antes (A) e após serem ensaiados à tração na flexão (B) e à compressão (C)



Fonte: acervo pessoal (2020)

A tabela 4 mostra os resultados médios obtidos, para uma idade de 28 dias de cura das amostras, sendo que na obra 3 não houve a realização do ensaio para a determinação da resistência à tração na flexão.

Tabela 4 – Resultados das resistências médias obtidas para a tração na flexão e à compressão da argamassa das obras 2 e 3

EMPREENHIMENTO	OBRA 2	OBRA 3
Resistência à compressão (MPa)	27,9	23,9
Resistência à flexão na tração (MPa)	5,1	X

Fonte: elaborado pelos autores (2020)

Como é possível analisar, a resistência à compressão das amostras utilizadas das duas obras apresentou um valor médio bem superior ao que a Normatização Europeia EN 13.892-2 (2002) estabelece, que é de  $12 \pm 2$  MPa para considerar a resistência à compressão da argamassa aceitável.

E para o último ensaio realizado, o teste para a determinação da resistência à aderência do revestimento assentados com argamassa colante, a maioria das obras a utilizam para verem se vão ou não continuar com a utilização do material para a execução do contrapiso. Assim, o ensaio foi realizado sobre o revestimento final instalado, no caso a pastilha cerâmica, assentadas conforme a ABNT NBR 13.755 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2017). Os resultados encontrados estão mostrados na tabela 5, e os registros dos ensaios conseguem ser observados na figura 8.

Tabela 5 - Resultados das resistências médias obtidas para a aderência do contrapiso nas obras 1 e 3

EMPREENHIMENTO	OBRA 1	OBRA 3
Resistência média à aderência (MPa)	0,42	0,29

Fonte: elaborado pelos autores (2020)

Figura 8 - Corpos de prova para o ensaio da resistência à compressão da argamassa (A) e amostras coletadas para a determinação da resistência à aderência do contrapiso (B e C) da obra 3



Fonte: acervo pessoal (2020)

De maneira geral, a opção pela realização desse ensaio se dá pelas manifestações patológicas encontradas nas primeiras aplicações do material. Assim, a fim de mostrar que elas não comprometem o desempenho do sistema, a realização desse ensaio foi a alternativa encontrada para demonstrar a validação da argamassa autoadensável para a execução do contrapiso, que nesses casos se mostrou superior para a obra 1 e um pouco inferior para a obra 3.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo deste trabalho foi aprofundar o estudo sobre a argamassa autoadensável usada para a execução do contrapiso, avaliando seu desempenho técnico em três estudos de caso realizados em três obras na cidade de São Paulo, em conjunto com a realização de ensaios para a verificação do seu desempenho.

Durante a realização das visitas nas obras para realização dos estudos, foi possível comprovar a otimização que a utilização da argamassa autoadensável proporciona, mesmo sendo aplicada sobre diferentes superfícies, apresentando maior produtividade, diminuição do período da obra e uma redução significativa da mão obra necessária para execução deste serviço.

Nem todas as obras visitadas disponibilizaram os ensaios realizados e amostras, no entanto constatamos que, com base nos ensaios analisados fornecidos pelas obras 1 e 3 e realizados por meio das amostras colhidas na obra 2, os resultados apresentaram-se positivos, com exceção do ensaio de aderência em que a obra 3 apresentou resultado um pouco inferior ao parâmetro mínimo apresentado na tabela 1. Dentro dos parâmetros estabelecidos em cada caso, nas obras 1 e 3 os resultados de consistência foram superiores ao mínimo, assim como para resistência à compressão das amostras utilizadas nas obras 2 e 3 que apresentaram um valor médio bem superior ao que a norma estabelece.

Diante do apresentado, apesar das limitações enfrentadas na realização deste trabalho devido a pandemia do COVID-19, concluiu-se que a argamassa autoadensável pode ser uma grande aliada para otimização na execução de contrapiso, possibilitando redução no tempo de serviço e mão de obra necessária. Optando por este método o canteiro não terá a necessidade de estocar grandes quantidade de areia e cimento, além disso a não locomoção destes materiais abre espaço para maior

fluxo de abastecimentos de materiais utilizados em outros serviços. Constatou-se ainda que, seguindo os parâmetros já utilizados atualmente, o desempenho da argamassa mostrou-se positivo diante dos ensaios apresentados.

Em relação a trabalhos futuros, sugere-se estudos voltados a um comparativo entre custo do contrapiso usual (farofado) e o contrapiso executado com argamassa autoadensável, tanto para a sua aplicação sobre a laje sem a manta acústica quanto para uma laje com a manta. Além de que um estudo aprofundado dos aditivos que compõem a mistura pode contribuir ainda mais para o incentivo do uso do material, prosseguindo também para sua normatização.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR NM 67: Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone.** Rio de Janeiro, 1998. 8 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 13.279: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão – Procedimento.** Rio de Janeiro, 2005. 9 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 13.755: Revestimentos cerâmicos de fachadas e paredes externas com utilização de argamassa colante - Projeto, execução, inspeção e aceitação - Procedimento.** Rio de Janeiro, 2017. 57 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15.575-1: Edificações habitacionais – Desempenho. Parte 1: Requisitos gerais.** Rio de Janeiro, 2013. 83p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15.575-3: Edificações habitacionais – Desempenho. Parte 3: Requisitos para os sistemas de pisos.** Rio de Janeiro, 2013. 52p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15.823-2: Concreto autoadensável. Parte 2: Determinação do espalhamento, do tempo de escoamento e do índice de estabilidade visual - Método do cone de Abrams.** Rio de Janeiro, 2017. 5p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 16.868-2: Alvenaria estrutural. Parte 2: Execução e controle de obras.** Rio de Janeiro, 2020. 23p.

AMORIM, J. R. R. **Contrapiso de edifícios executado com argamassa fluida: parâmetros para desenvolvimento de projeto, execução de obra e controle da Qualidade.** Dissertação de mestrado apresentada ao Instituto de Pesquisa Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Habitação: Planejamento e Tecnologia. Disponível em: < file:///D:/TCC%20I/2015\_HAB\_Juliana\_Ruffato.pdf >.

ARAUJO NETO, J. A. S.de.; RAMIRES, T. L. **Análise comparativa da utilização do contrapiso autoadensável em relação ao sistema tradicional – estudo de caso em uma obra vertical na cidade de Maceió- AL.** 2017. 46 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Cesmac, Maceió - Al, 2017.

BARROS, M. M. S. B. de. **Tecnologia de produção de contrapisos para edifícios habitacionais e comerciais**. Dissertação apresentada à Escola Politécnica da USP para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil. Universidade de São Paulo. 1991. 265p.

BARROS, M.; SABBATINI, F. **Tecnologia de produção de contrapiso para edifícios habitacionais e comerciais**. São Paulo: EPUSP, 1991. Boletim Técnico da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, BT/PCC/44.

BRITTEZ, A. A. **Desenvolvimento tecnológico para avaliação de contrapiso auto-adensável NIVELMIX – ETAPA 1 – Estudos iniciais**. São Paulo: GP&D Consultoria e Projetos, 2019. Relatório Técnico nº 004/2019.

EGLE, T. **Contrapiso autonivelante: tecnologia**. *Téchne*. São Paulo, v. 164, nov. 2010. Disponível em: <<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/164/contrapiso-autonivelante-com-prazo-de-execucao-reduzido-e-custos-286771-1.aspx>>.

EUROPEAN STANDARD. **EN 13892-2: Methods of test for screed materials. Part 2: Determination of flexural and compressive strength**. United Kingdom, 2002.

FONSECA, Genário. **Argamassa Autoadensável – Nivelite**. Entrevista concedida a Victor Paulo Rocha de Oliveira. São Paulo, 22 set. 2020. 1 arquivo PDF (2 p.).

KERN, A. P.; SOUZA, J. L. P.; TUTIKIAN, B. F. **Análise quanti qualitativa da norma de desempenho (NBR nº 15.575/2013) e principais desafios da implantação do nível superior em edificação residencial de multipavimentos**. *Gestão e Tecnologia de Projetos*, São Carlos, v. 13, n. 1, p. 127-144, 2018. <http://dx.doi.org/10.11606/gtp.v13i1.133842>

LISBOA, E.M. **Obtenção do concreto auto-adensável utilizando resíduo do beneficiamento do mármore e granito e estudo de propriedades mecânicas**. 2004. 65f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Alagoas, Maceió – AL, 2004.

MARTINS, E. J. **Procedimento para dosagem de pastas para argamassa auto-nivelante**. 2009. 139 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Paraná, Curitiba - PR, 2009.

NAKAKURA, E. H.; BUCHER, H. R. E. **Pisos autonivelantes: propriedades e instalação**. Trabalho apresentado ao II Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas. Salvador: 17 e 18 de abril de 1997.

RIBEIRO, L. F. P. **Comparativo entre métodos de execução de contrapiso tradicional e com argamassa fluida – estudo de caso em obra da empresa Eztec**. 2017. 98 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.

RUBIN, A. P. **Argamassas autonivelantes industrializadas para contrapiso: análise do desempenho físico-mecânico frente às argamassas dosadas em obra**. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Programa de Pós-Graduação da universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2015.

SOUZA, N. C. de. **Análise de desempenho do contrapiso autoadensável em relação ao sistema tradicional**. 2013. 118 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte - BH, 2013.