

GLAUCO GARCIA MATHEUS

**Estudo comparativo entre sistemas de produção de revestimento de
argamassa em fachadas de edifícios de alvenaria estrutural**

São Paulo
2019

GLAUCO GARCIA MATHEUS

Monografia apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São Paulo
para obtenção do título de pós-graduação
lato-sensu em Tecnologia e Gestão na
Produção de Edifícios

Orientadora: Prof.^a. Dra. Mercia M. S.
Bottura de Barros

São Paulo
2019

GLAUCO GARCIA MATHEUS

**Estudo comparativo entre sistemas de produção de revestimento de
argamassa em fachadas de edifícios de alvenaria estrutural**

Monografia apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São Paulo
para obtenção do título de pós-graduação
lato-sensu em Tecnologia e Gestão na
Produção de Edifícios

Área de Concentração: Inovação na
construção civil

Orientadora Prof.^a. Dra. Mercia M. S.
Bottura de Barros

São Paulo
2019

Catálogo-na-publicação

Matheus, Glauco Garcia

Estudo comparativo entre sistemas de produção de revestimento de argamassa em fachadas de edifícios de alvenaria estrutural / G. G. Matheus -- São Paulo, 2019.

88 p.

Monografia (Especialização em Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil.

1.Sistema de Produção 2.Revestimento de argamassa em fachadas
3.Edifícios de alvenaria estrutural I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Construção Civil II.t.

AGRADECIMENTOS

À minha orientadora, professora doutora Mercia Maria Semensato Bottura de Barros, por todo incentivo, envolvimento e direcionamento dados no decorrer desta pesquisa e do curso de pós-graduação.

Ao professor Alexandre Amado Britez, pela inspiração do tema escolhido e pelas brilhantes aulas ministradas no curso de especialização.

À minha futura esposa, Bruna de Araújo Aranha, por todo apoio dado durante os estudos e também por sua contribuição neste trabalho.

À minha mãe, Maria Emília Sutil Garcia, que foi de fundamental importância para a conclusão deste trabalho.

A todos não citados, professores e familiares, envolvidos de maneira direta ou indireta neste trabalho.

A Deus.

RESUMO

Nas fachadas de edifícios construídos em alvenaria estrutural, o revestimento de argamassa é um dos principais substratos utilizados para o acabamento e o seu sistema de produção influencia em diversas atividades da produção do edifício, pois emprega grande volume de recursos tanto materiais como humano. O sistema de produção do revestimento é intrínseco às tecnologias utilizadas e às próprias características das empresas construtoras, configurando assim diferentes sistemas de produção, os quais, por sua vez, determinam tanto a racionalização do processo de execução como as características finais do produto revestimento. Nesse contexto, o objetivo deste trabalho é fazer um estudo comparativo entre os principais elementos de cada uma das etapas que constituem o sistema de produção do revestimento de argamassa em fachadas, em duas diferentes empresas construtoras, à luz da bibliografia consultada. Para alcançar este objetivo, foram adotados como métodos de pesquisa a revisão da literatura técnica acerca do sistema de produção do revestimento, como também uma pesquisa de campo realizada em duas obras de distintas empresas, com o revestimento de fachada em execução. E, por fim, a partir dos dados obtidos, procedeu-se as considerações acerca da comparação entre os sistemas de produção, com base no que foi sistematizado durante a pesquisa. A pesquisa possibilitou concluir que o meio técnico tem disponível diferentes tecnologias que podem ser compostas com distintos procedimentos de execução e, por isto, deve estar preparado para tomar as mais adequadas decisões quanto às operações físicas e de gestão da produção a fim de que estabeleça um sistema próprio de produção para a sua empresa sempre com foco nos procedimentos mais racionalizados.

Palavras-Chave: Sistema de Produção. Revestimento de argamassa em fachadas. Edifícios de alvenaria estrutural.

ABSTRACT

In the facades of buildings constructed in structural masonry, the mortar coating is one of the main substrates used for the finishing and its production system influences in diverse activities of the production of the building, since it employs great volume of resources as much human as material. The coating production system is intrinsic to the technologies used and to the characteristics of the construction companies themselves, thus configuring different production systems, which, in turn, determine both the rationalization of the manufacturing process and the final characteristics of the coating product. In this context, the objective of this work is to make a comparative study between the main elements of each of the stages that constitute the system of production of the mortar facing in façades, in two different construction companies, in the light of the bibliography consulted. In order to reach this objective, the technical literature review on the coating production system was used as research methods, as well as a field research carried out in two works of different companies, with the facing facade in execution. Finally, from the data obtained, we proceeded to consider the comparison between the production systems, based on what was systematized during the research. The research made it possible to conclude that the technical means has available different technologies that can be composed of different execution procedures and, therefore, must be prepared to make the most appropriate decisions regarding physical operations and production management in order to establish a own production system for your company always focusing on the most streamlined procedures.

Keywords: Production system. Mortar coating on facades. Structural masonry buildings.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Representação do conceito de sistema de produção.....	13
Figura 2 – Pintura texturizada acrílica com base de revestimento de argamassa em camada única.	18
Figura 3 – Fluxo do projeto de revestimento.	21
Figura 4 – Diagrama do planejamento nos processos de decisões.	23
Figura 5 – Esquema das etapas do sistema de produção de argamassa em fachadas.....	28
Figura 6 – Definição do plano de revestimento.	30
Figura 7 – Detalhe da execução das taliscas.	32
Figura 8 – Esquema de controle da qualidade do revestimento de argamassa.	41
Figura 9 – Fachada do empreendimento da empresa construtora ‘A’.....	43
Figura 10 – Fachada do empreendimento da empresa construtora ‘B’.....	45
Figura 11 – Painel teste da empresa ‘B’.....	52
Figura 12 – Sequenciamento das etapas de operações físicas da empresa ‘B’.	54
Figura 13 – Base da fachada a ser preparada.	61
Figura 14 – Início da preparação da base.	62
Figura 15 – Recuo dos arames para execução do plano de revestimento da fachada.	64
Figura 16 – Chapisco utilizado na preparação da base na empresa ‘A’.....	65
Figura 17 – Chapisco utilizado na preparação da base na empresa ‘B’.....	66
Figura 18 – Colocação de tela de reforço com argamassa na interface de lajes.	67
Figura 19 – Posicionamento dos arames para execução da camada de argamassa do revestimento.....	Erro! Indicador não definido.
Figura 20 – Produção da argamassa industrializada.	69
Figura 21 – Execução da camada de revestimento argamassa.....	70
Figura 22 – Transporte da argamassa por funil ao balancim.	70
Figura 23 – Aplicação da argamassa.	71
Figura 24 – Detalhes construtivos da fachada.	73
Figura 25 – FVS da empresa ‘B’.	75

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Aspectos a serem atendidos em relação ao tipo de argamassa.	22
Quadro 2 – Fluxograma da escolha do sistema de revestimento.....	35
Quadro 3 – Opções de distribuição e transporte da argamassa.	36
Quadro 4 – Etapas do sistema de produção nas empresas envolvidas no estudo de caso.....	42
Quadro 5 – Especificação da argamassa de revestimento utilizada na empresa ‘A’.	48
Quadro 6 – Especificação da argamassa de revestimento utilizada na empresa ‘B’.	51
Quadro 7 – Resultado do ensaio de resistência de aderência a tração feito pelo fornecedor da empresa ‘B’.	52
Quadro 8 – Resumo das diferenças entre os sistemas das empresas ‘A’ e ‘B’.....	77

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
1.1 Contextualização	11
1.2 Justificativa	13
1.3 Objetivo	15
1.4 Método de pesquisa	15
1.5 Estrutura do trabalho	15
2. SISTEMA DE PRODUÇÃO DE REVESTIMENTO DE ARGAMASSA EM FACHADAS DE EDIFÍCIOS DE ALVENARIA ESTRUTURAL	17
2.1 Caracterização do revestimento de argamassa em fachadas	17
2.2 Projetos para produção	19
2.3 Planejamento tático e operacional	23
2.4 Operações físicas	26
2.4.1 Montagem dos equipamentos de suporte provisório	27
2.4.2 Início da preparação da base	29
2.4.3 Definição do plano de revestimento	29
2.4.4 Final da preparação da base	30
2.4.5 Taliscamento da fachada	31
2.4.6 Execução da camada de revestimento de argamassa	32
2.4.6.1 Produção da argamassa - tipos de fornecimento	32
2.4.6.2 Transporte e distribuição da argamassa	35
2.4.6.3 Aplicação da argamassa	37
2.4.6.4 Acabamento da camada de argamassa	38
2.4.7 Execução dos detalhes construtivos	39
2.5 Controle e recepção dos trabalhos	39
3. ESTUDO COMPARATIVO ENTRE SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE REVESTIMENTO DE ARGAMASSA EM FACHADAS	42
3.1 Caracterização das empresas construtoras e de seus projetos do produto do revestimento	43
3.1.1 Caracterização da empresa 'A'	43
3.1.2 Caracterização da empresa 'B'	44

3.2	Projeto do processo de produção do revestimento de argamassa em fachadas	46
3.2.1	Projeto do processo de produção da empresa 'A'	46
3.2.2	Projeto do processo de produção da empresa 'B'	50
3.2.3	Discussão do projeto do processo de produção à luz das referências	52
3.3	Planejamento tático e operacional dos sistemas de produção.....	55
3.3.1	Planejamento tático e operacional da empresa 'A'	55
3.3.2	Planejamento tático e operacional da empresa 'B':	57
3.3.3	Discussão do planejamento tático e operacional à luz das referências	58
3.4	Operações Físicas dos sistemas de produção.....	59
3.4.1	Montagem dos equipamentos de suporte provisório	59
3.4.1.1	Montagem dos equipamentos da empresa 'A'.....	59
3.4.1.2	Montagem dos equipamentos da empresa 'B'.....	60
3.4.1.3	Discussão da montagem dos equipamentos à luz das referências	60
3.4.2	Início da preparação da base.....	61
3.4.2.1	Início da preparação da base da empresa 'A'	61
3.4.2.2	Início da preparação da base da empresa 'B'	62
3.4.2.3	Discussão sobre a preparação da base à luz das referências	62
3.4.3.1	Definição do plano de revestimento da empresa 'A'.....	63
3.4.3.2	Definição do plano de revestimento da empresa 'B'.....	63
3.4.3.3	Discussão da definição do plano de revestimento à luz das referências	64
3.4.4	Final da preparação da base	65
3.4.4.1	Final da preparação da base da empresa 'A'	65
3.4.4.2	Final da preparação da base da empresa 'B'	65
3.4.4.3	Discussão do final da preparação da base à luz das referências	67
3.4.5	Taliscamento da fachada e primeira demão	68
3.4.5.1	Taliscamento da fachada e primeira demão da empresa 'A'	68
3.4.5.2	Taliscamento da fachada e primeira demão da empresa 'B'	68
3.4.5.3	Discussão do Taliscamento da fachada e primeira demão à luz das referências.....	68
3.4.6	Execução da camada de revestimento de argamassa	69
3.4.6.1	Execução da camada de revestimento da empresa 'A'	69

3.4.6.2	Execução da camada de revestimento da empresa 'B'	71
3.4.6.3	Discussão da execução da camada de revestimento à luz das referências	72
3.4.7	Execução dos detalhes construtivos	72
3.4.7.1	Execução dos detalhes construtivos da empresa 'A'	72
3.4.7.2	Execução dos detalhes construtivos da empresa 'B'	73
3.4.7.3	Discussão dos detalhes construtivos à luz das referências	74
3.5	Controle e recepção dos trabalhos	74
3.5.1	Controle e recepção dos trabalhos da empresa 'A'	74
3.5.2	Controle e recepção dos trabalhos da empresa 'B':	75
3.5.3	Discussão do controle e recepção dos trabalhos à luz das referências....	75
4.	ANÁLISE CRÍTICA DAS PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO DAS EMPRESAS ESTUDADAS.....	77
4.1	Projeto do produto do revestimento	78
4.2	Projeto do processo de produção	78
4.3	Planejamento tático e operacional	79
4.4	Operações físicas.....	80
4.5	Controle e recepção dos trabalhos	81
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	82
	REFERÊNCIAS.....	84
	APÊNDICE A – Roteiro para pesquisa de campo sobre o sistema de produção do revestimento da fachada.....	88

1. INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

O uso de revestimento de argamassa em fachadas, no Brasil, é uma prática intensa e extensa em edifícios construídos com tecnologia tradicional de estrutura de concreto armado e vedação em alvenaria ou mesmo em alvenaria estrutural, sendo esse revestimento um dos substratos mais comuns para o acabamento em pintura e também para os demais acabamentos decorativos (Britez, 2007).

O revestimento de fachada, como parte do sistema de vedação vertical externa do edifício, deve contribuir para o atendimento ao desempenho exigido pela ABNT NBR 15575-4/2013: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas (Asano, 2016). Segundo Baía e Sabbatini (2002), o revestimento deve auxiliar no cumprimento das funções de isolamento termoacústico e estanqueidade exigidos ao vedo, além de proteger os elementos de vedação, regularizar a superfície de base, se necessário, e acomodar esforços decorrentes de deformações; sendo também um elemento determinante quanto ao aspecto arquitetônico do edifício.

Segundo Crescencio e Barros (2005), até o início da década de 1980, no Brasil, o mais comum era a tecnologia de revestimento de argamassa tradicional aplicado sobre o preparo de base em duas camadas distintas: emboço e reboco; porém, a racionalização da produção do revestimento levou à supressão da camada de reboco, dando lugar ao revestimento de camada única de argamassa, não dispensando, entretanto, o sistema de pintura.

Seja qual for a tecnologia utilizada, a empresa construtora deverá adotar um sistema de produção para a realização do serviço de revestimento. Esse sistema consiste na interação de diferentes atividades, técnicas e métodos construtivos que envolvem toda a produção, passando desde o fornecimento da argamassa até a sua aplicação e acabamento final da camada de revestimento, além do controle e recepção dos serviços.

A produção do revestimento também impacta em muitos aspectos importantes quanto à execução da obra como um todo, destacando-se que:

- Encontra-se no caminho crítico do cronograma da obra;
- Emprega grande volume de materiais e de mão de obra;
- Influencia a produtividade global do empreendimento, com destaque para as potenciais perdas de materiais.

Trata-se, assim, de um elemento cujo sistema de produção deve ser muito bem estudado e definido de modo que seja coerente com as estratégias da empresa e com os princípios de racionalização.

E, neste trabalho, por “Sistema de produção” adota-se o conceito proposto por Cardoso (1996) que define:

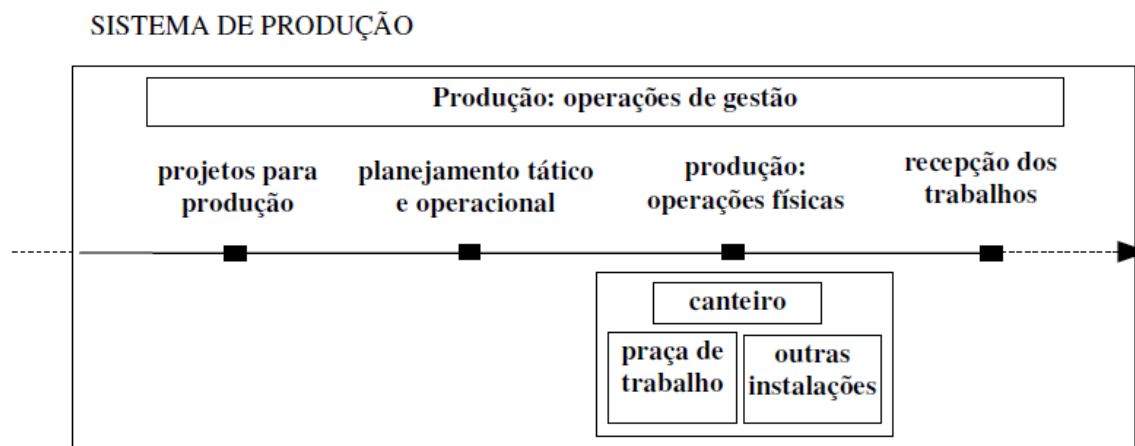
“Sistema de produção é o modo de articulação entre um sistema de operações físicas de produção (inserido em suas dimensões técnico-sociais) e um sistema de operações de gestão, de condução, controle e avaliação dos resultados (inseridos em suas dimensões técnico-organizacionais) ”.

Esse mesmo autor afirma ainda que o sistema de produção é característico da empresa envolvida com a construção do edifício, incluindo todas as etapas funcionais de estudos necessários, que precedem a realização da obra, os quais denomina de “*estudos de execução*” e “*estudos de preparação*” e ainda as operações físicas envolvidas com a produção propriamente dita.

Uma síntese do conceito proposto por Cardoso (1996) é apresentada pela figura 1.

O que Cardoso (1996) denomina “*estudos de execução*” poderia ser aproximado do que se denomina, no Brasil, de “projeto para produção”, enquanto os “*estudos de preparação*” poderiam ser comparados ao planejamento tático e operacional do empreendimento.

Figura 1 – Representação do conceito de sistema de produção.



Fonte: Adaptado de Cardoso (1996).

Logo, pode-se afirmar que o sistema de produção do revestimento de argamassa em fachadas de edifícios é caracterizado pelo conjunto de todas as suas operações físicas e de seu modo de articulação com as operações de gestão. O conjunto dessas operações também se definem em função da tecnologia construtiva utilizada na produção do revestimento, no caso deste trabalho, as tecnologias de revestimento de argamassa para fachadas.

Dada a importância do sistema de produção para as características de desempenho e produtividade e qualidade na execução do revestimento de fachada, este é o tema desenvolvido neste trabalho.

1.2 Justificativa

A experiência deste autor como gestor de obras em algumas empresas construtoras na cidade de São Paulo e sua interação com diversos colegas que atuam no segmento de produção de edifícios permitem afirmar, que muitas empresas não possuem um método sistêmico para avaliar a viabilidade de emprego das diferentes possibilidades dos sistemas de produção dos revestimentos de fachada.

Muitas vezes, os sistemas de produção desse elemento estão pré-determinados, a partir da cultura da empresa construtora e, outras vezes, acabam sendo definidos

em função da mão de obra local ou mesmo pela empresa contratada para a execução do revestimento.

Essa falta de avaliação dos sistemas de produção, deve-se sobretudo, à ausência de informações organizadas acerca das diferentes possibilidades tecnológicas. Não avaliar os possíveis sistemas de produção para os revestimentos de fachada, pode comprometer o desenvolvimento de tecnologias com o potencial de promover o aumento da competitividade no processo produtivo da empresa.

As empresas construtoras estudadas neste trabalho têm domínio tecnológico para produção dos revestimentos, empregados amplamente em seus edifícios, cujo processo construtivo é o de alvenaria estrutural. Por outro lado, a experiência do autor com diversas outras empresas de São Paulo, permite afirmar que ao decorrer dos anos as empresas vêm utilizando diferentes tecnologias de revestimento de argamassa, sejam elas de massa única e pintura ou de revestimentos decorativos. Assim, a questão que se coloca é: quais são as variáveis do sistema de produção que podem levar a escolher uma ou outra tecnologia?

Assim sendo, neste trabalho, utilizando-se também da experiência profissional do autor em empresas construtoras, busca-se realizar um estudo comparativo entre dois sistemas de produção, de tal forma que possa trazer à tona os principais aspectos da produção e de diferentes sistemas empregados, para que outras empresas possam tomar a sua decisão com base em dados reais.

Essa comparação entre os sistemas de produção empregados deve levar a uma discussão das principais características e diferenças entre eles, identificando as operações que são compatíveis e as que devem ser adequadas, a fim de orientar futuras definições dos sistemas de revestimentos das empresas construtoras.

Este trabalho se justifica, portanto, pela possibilidade de haver motivos que induzam à substituição da tecnologia empregada por um empresa construtora, ou por fatores externos, ou por decisões internas, como por exemplo, a busca de aumento da produtividade, adequação do desempenho das vedações verticais ou mudanças no projeto arquitetônico da fachada. E também para que essa eventual substituição, não promova supressas indesejáveis a serem descobertas quando do funcionamento do sistema de produção do revestimento de argamassa da fachada.

1.3 Objetivo

O objetivo deste trabalho é sintetizar boas práticas para produção de revestimentos de argamassa em fachadas de edifícios de alvenaria estrutural, passíveis de serem implementadas por empresas construtoras.

1.4 Método de pesquisa

Para o desenvolvimento deste trabalho, inicialmente foi feita uma revisão da literatura técnica a respeito dos principais conceitos envolvidos nos sistemas de produção dos revestimentos de argamassa em fachadas de edifícios, com foco para os construídos em alvenaria estrutural, e de suas tecnologias.

Para a realização do estudo comparativo entre os sistemas de produção, foram apresentadas duas obras de edifícios construídos em alvenaria estrutural de duas empresas diferentes da região metropolitana de São Paulo. Os seus sistemas de produção empregam a tecnologia de revestimento de argamassa com massa única para posterior recebimento de sistema de pintura texturizada acrílica. Com essas duas obras realizou-se a pesquisa de campo, através de um roteiro apresentado no apêndice A, que visou identificar todas as etapas do sistema de produção estudado.

Com os dados de ambas as obras, foi feita uma análise comparativa entre os sistemas de produção, considerando as suas principais diferenças e características, entre as operações físicas e de gestão de cada um deles, à luz do que foi trazido na revisão bibliográfica sobre o assunto.

Após o estudo de caso, foram apresentadas as considerações mais relevantes quando da comparação entre ambos os sistemas de produção, resgatando as informações obtidas na pesquisa, destacando as tratativas e adequações para que se constituam sistemas de produção mais racionalizados, considerando-se as características das empresas construtoras.

1.5 Estrutura do trabalho

O presente trabalho desenvolve-se ao longo dos seguintes capítulos:

Capítulo 1: apresentam-se o contexto do tema do trabalho, sua justificativa, o seu objetivo, o método de pesquisa utilizado e a sua estrutura.

Capítulo 2: apresenta a definição das tecnologias de revestimentos de argamassa em fachadas, como também sintetiza os principais conceitos envolvidos com os sistemas de produção dos revestimentos em empresas construtoras.

Capítulo 3: são apresentadas as obras onde foram realizadas as pesquisas sobre os sistemas de produção de revestimento de fachada, como também elaborado o roteiro a ser seguido para identificação das etapas abordadas. No estudo é feita uma análise comparativa entre os sistemas de produção, à luz da referência bibliográfica apresentada no capítulo 2.

Capítulo 4: são feitas as considerações quando da comparação entre ambos os sistemas de produção, destacando-se as principais características e diferenças entre as operações físicas e de gestão dos sistemas empregados.

Capítulo 5: Apresentam-se as considerações finais.

2. SISTEMA DE PRODUÇÃO DE REVESTIMENTO DE ARGAMASSA EM FACHADAS DE EDIFÍCIOS DE ALVENARIA ESTRUTURAL

Segundo Warszawski (1977)¹ apud Sabbatini (1989), *“um sistema de produção compreende homens, máquinas e outros meios, os quais convertem materiais e trabalho em produtos especificados”*. Esta citação define de maneira abrangente as operações de gestão e produção propostas por Cardoso (1996), representadas na figura 1, antes apresentada, sendo este o enfoque neste trabalho, em que se aplica o conceito especificamente para o sistema de produção dos revestimentos de argamassa de fachadas.

Portanto, neste capítulo busca-se, inicialmente, fazer uma breve caracterização da tecnologia de revestimento de argamassa em fachadas de edifícios, com foco para os construídos em alvenaria estrutural. Abordam-se, ainda, os conceitos envolvidos com o sistema de produção desses revestimentos em empresas construtoras, considerando as suas operações de gestão e a sua relação com as operações físicas de produção.

2.1 Caracterização do revestimento de argamassa em fachadas

O revestimento de argamassa em fachadas é um elemento que compõe o subsistema de vedação vertical externa. Segundo Baía e Sabbatini (2002), ele deve cumprir determinadas funções dentre das quais as mais importantes são:

- Proteger os elementos de vedação de agentes agressivos;
- Auxiliar no cumprimento de funções das vedações como isolamento termoacústico e estanqueidade;
- Regularizar a superfície de base;
- Acomodar os esforços decorrentes de deformações.

A ABNT NBR 13529/2013 define revestimento de argamassa como sendo: *“Cobrimento de uma superfície com uma ou mais camadas superpostas de*

¹ WARSZAWSKI, A. System building – Education and Research. In: Construction Research International. Lancaster (GB), CIB, 1977. V.D, p.113-125. Anais do 7º Congresso CIB.

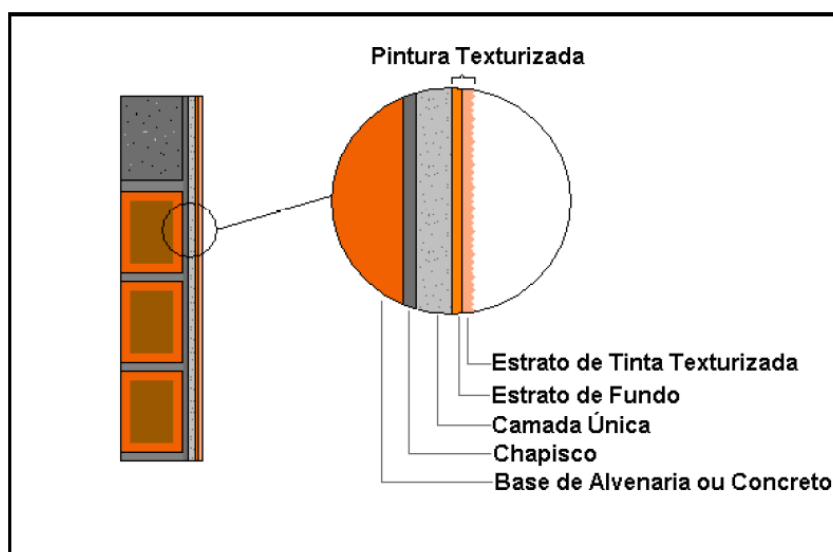
argamassa, apto a receber acabamento decorativo ou constituir-se em acabamento final, decorativo ou não”.

De modo geral, pode-se dizer que são duas as camadas que constituem o revestimento de argamassa em fachadas para recebimento de pintura, quais sejam, o chapisco e a massa única que são também definidos por esta mesma norma como sendo:

- Chapisco – camada de preparo aplicada sobre a base, com a finalidade de uniformizar a superfície quanto a absorção e melhorar a aderência do revestimento. Pode contribuir, ainda, para a estanqueidade do sistema de vedação vertical. Por se constituir numa atividade de preparo da base, sua adoção ou não no sistema de produção do revestimento é de responsabilidade do projetista do sistema.
- Massa Única – camada de revestimento executada para cobrir e regularizar a superfície da base, propiciando uma nova superfície que permita receber diretamente o sistema de pintura.

Essas camadas compõem o que neste trabalho convencionou-se chamar por tecnologia de revestimento de argamassa em fachadas, composta por massa única para recebimento de sistema de pintura, sendo representadas no corte esquemático da figura 2, conforme apresentado por Britez (2007).

Figura 2 – Pintura texturizada acrílica com base de revestimento de argamassa em camada única.



Fonte: Britez (2007).

De acordo com a ABNT NBR 7200/1998 e ABNT NBR 13281/2015, a definição de argamassa ou argamassa inorgânica é: *“mistura homogênea de agregado(s) miúdo(s), aglomerante(s) inorgânico(s) e água, contendo ou não aditivos, com propriedades de aderência e endurecimento”*. A argamassa para revestimento externo também é definida pela mesma ABNT NBR 13281/2015, como: *“argamassa indicada para revestimento de fachadas, muros e outros elementos da edificação em contato com o meio externo, caracterizando-se como camada de regularização (emboço ou camada única)”*.

Quanto à espessura da camada de massa única, a ABNT NBR 13749/2013 considera como admissível para revestimentos em paredes externas, entre 20 mm e 30 mm, sendo considerado este o intervalo de espessura ideal pelo meio técnico.

A aplicação prévia da argamassa de chapisco, que precede a camada de massa única, é recomendada pela ABNT NBR 7200/1998 quando a base da superfície a revestir for parcial ou totalmente não absorvente ou quando a própria base não apresentar rugosidade superficial modelada para que se promova a aderência. Entretanto, pela experiência deste autor, para o caso específico de edifícios de alvenaria estrutural com blocos de concreto, verifica-se que são encontrados, tanto sistemas que utilizam, como que não utilizam a técnica do chapisco como preparo de base.

2.2 Projetos para produção

Segundo Baía e Sabbatini (2002), o projeto do revestimento de argamassa deve apresentar um conjunto de informações relativas às características do produto, considerando os parâmetros tecnológicos e exigências do revestimento, e diferentes condições de exposição, geralmente devendo contemplar:

- O tipo de revestimento (número de camadas);
- O tipo de argamassa;
- Espessura das camadas;
- Os detalhes arquitetônicos e construtivos;

- As técnicas mais adequadas para a execução;
- O padrão de qualidade dos serviços.

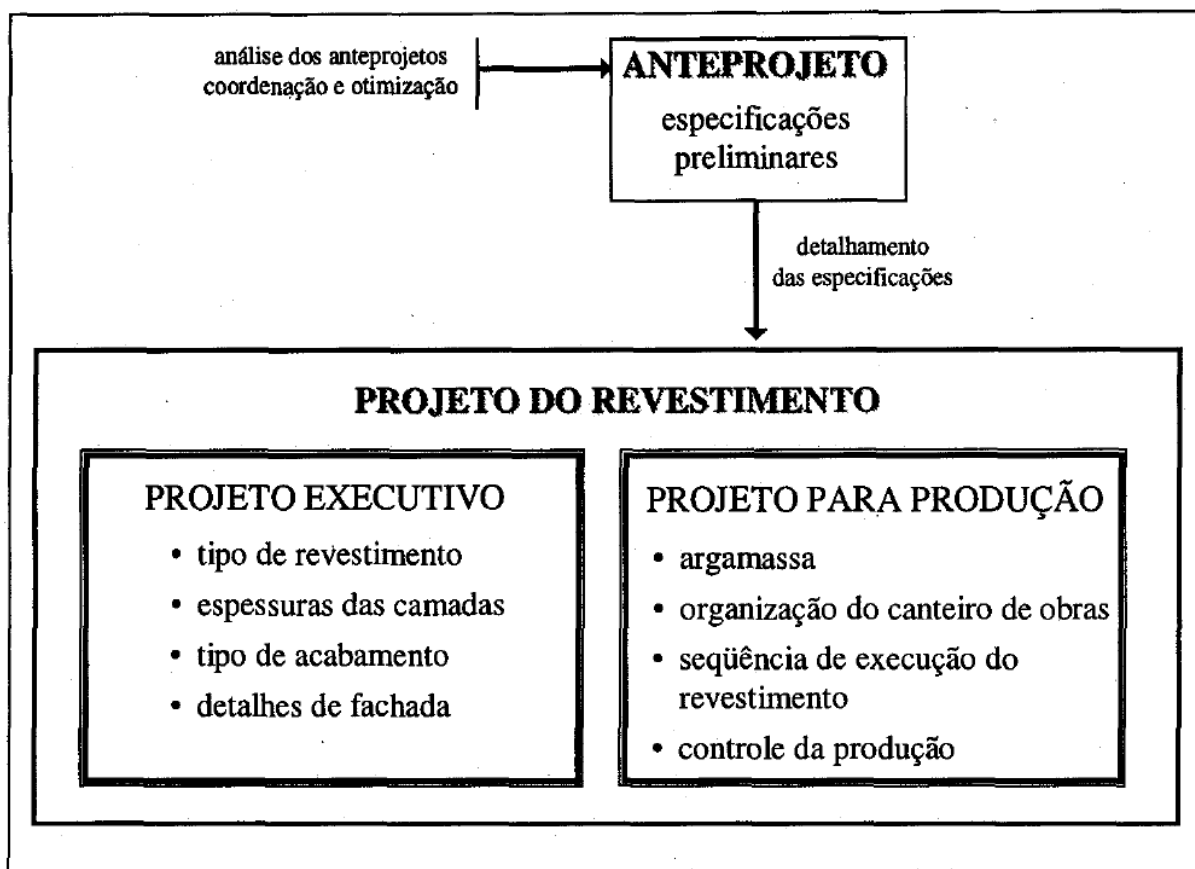
A ABNT NBR 7200:1998, exige além dos elementos antes citados, a definição da composição e dosagem da argamassa (quando produzida em canteiro), tipo de acabamento superficial e do revestimento decorativo. Essas características são inerentes ao projeto executivo do revestimento tal como produto final, o que pode ser chamado de projeto do produto de revestimento.

Quanto ao projeto voltado à produção, de uma maneira geral, Barros (1996) cita que ele é indispensável para o auxílio da implantação de tecnologias construtivas racionalizadas. Segundo essa autora, o projeto do processo de produção pode ser definido como sendo:

“Um conjunto de elementos de projeto elaborado segundo características e recursos próprios da empresa construtora, para utilização no âmbito das atividades de produção em obra, contendo definições dos itens essenciais à realização de uma atividade ou serviço e, em particular: especificações dos detalhes e técnicas construtivas a serem empregados, disposição e sequencia das atividades de obra e frentes de serviço e uso e características de equipamentos.”

A figura 3 esquematiza o desenvolvimento do projeto do revestimento, desde a análise dos anteprojetos, até as informações fornecidas ao final da sua elaboração (Maciel e Melhado, 1999).

Figura 3 – Fluxo do projeto de revestimento.



Fonte: Maciel e Melhado (1999).

O projeto do processo de produção do revestimento de argamassa é uma das etapas das operações de gestão inerentes ao sistema de produção das empresas construtoras. Pela experiência deste autor, o projeto para produção também deve contemplar aspectos relacionados à etapa do planejamento operacional, tornando-se assim um trabalho conjunto entre projetistas e equipe de planejamento da produção.

Segundo Maciel e Melhado (1999), o projeto para o processo de produção do revestimento deve contemplar, basicamente, a definição da sequência de execução e os equipamentos necessários para a execução das atividades. Esses mesmos autores sintetizam as principais definições a serem desenvolvidas no projeto para produção do revestimento de argamassa:

- Especificação do tipo de argamassa e parâmetros de dosagem;
- Definição das atividades e do fluxo de produção;

- Definição dos equipamentos de transporte dos materiais e da própria argamassa;
- Definição dos equipamentos e ferramentas para produção da argamassa;
- Organização do canteiro de obras.

Maciel e Melhado (1999) ainda citam aspectos relevantes ao tipo de produção da argamassa a ser empregado, se dosada em canteiro, industrializada ou ensilada, por exemplo, e relacionam às condições em canteiro de obra, como a possibilidade de uma central de produção, transporte vertical, e área para estocagem de materiais, exemplificados no quadro 1.

Quadro 1 – Aspectos a serem atendidos em relação ao tipo de argamassa.

Aspectos Relevantes	Condições a serem atendidas			
	Argamassa dosada em canteiro	Argamassa industrializada	Argamassa fornecida em silo	Argamassa dosada em central (Estabilizada)
Central de produção	Número de equipamentos de mistura adequado ao volume diário de produção próxima ao estoque dos materiais e do equipamento de transporte vertical.	Dispensa organização de uma central de produção, caso se misture a argamassa nos pavimentos empregando a argamassadeira.	Dispensa organização de uma central de produção. Definição do local para instalação do silo.	Dispensa dosagem e controle de insumos já que a argamassa vem pronta de uma central.
Área de estocagem	Maior área de estocagem para os materiais.	Redução das áreas de estocagem.	Redução das áreas de estocagem.	Estocagem apenas da argamassa pronta a ser utilizada.
Transporte vertical	Transporte até o local de aplicação pelo elevador, guincho de coluna externo ou grua. Interferência com o transporte vertical de outros materiais.	Possibilidade de eliminação de interferência com o transporte vertical, dos outros materiais, através da mistura dos pavimentos (argamassadeira).	Possibilidade de eliminação de interferência com o transporte vertical, dos outros materiais, através do bombeamento do material em pó e mistura no pavimento.	Transporte através de grua ou elevador até o local de aplicação ou distribuição da argamassa pronta. Deve ser avaliada a possibilidade de bombeamento.

Fonte: Adaptado de Maciel e Melhado (1999).

O projeto do processo de produção, também deve ser elaborado levando em consideração os requisitos de desempenho do sistema de vedação vertical, as condições econômicas do empreendimento, e os princípios de racionalização

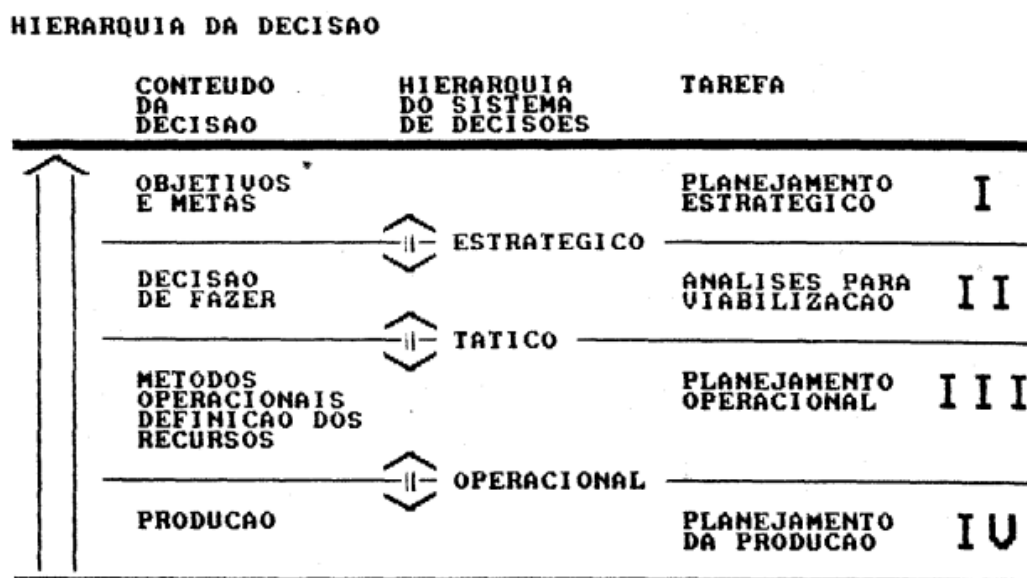
construtiva e organizacionais dos canteiros de obras. Segundo a AGESC. 2012, quando da análise desses aspectos, é necessário que exista o envolvimento da direção da empresa construtora, de modo a permitir a correta validação dos procedimentos a serem adotados.

Destaca-se também a necessidade do envolvimento da gerência de produção da empresa construtora no desenvolvimento do projeto para produção, com vistas a subsidiar o projetista quanto ao sistema de produção usualmente adotado pela empresa. Pois, pela experiência deste autor, principalmente os envolvidos diretamente no canteiro de obras, e nas demais etapas do sistema de produção, podem conhecer aspectos relacionados à organização da produção, bem como as diretrizes e características da empresa construtora e do empreendimento em questão.

2.3 Planejamento tático e operacional

Para Lima Jr. (1990), os sistemas de planejamento podem ser desenhados para suportar o processo de decisão, desde a estratégica até a operacional, estabelecendo em sua última hierarquia os planos para suporte da produção, conforme diagrama apresentado na figura 4.

Figura 4 – Diagrama do planejamento nos processos de decisões.



Fonte: Lima Jr. (1990).

O processo de planejamento e controle da produção de empresas da construção civil, segundo Formoso *et al.* (2001)² apud Pastor Jr. (2007), divide-se nesses três níveis hierárquicos:

Estratégico: Refere-se à definição dos objetivos do empreendimento, a partir do perfil do cliente. Pode-se também considerar as metas e os objetivos da própria empresa construtora.

Tático: Envolve, principalmente, a seleção e aquisição dos recursos necessários para atingir os objetivos e a elaboração de um plano para sua utilização, por exemplo: tecnologias, materiais, mão de obra, entre outros.

Operacional: Relaciona-se, principalmente, à definição detalhada das atividades a serem realizadas, seus recursos e momento de execução.

Através das definições anteriores é possível afirmar que o planejamento estratégico é onde se define a utilização das tecnologias a serem empregadas, no planejamento tático é onde se define as contratações e aquisições e que o planejamento operacional é a programação da produção etapa a etapa na obra.

Para Ceotto *et al.* (2005), o planejamento tático e operacional do sistema de produção do revestimento de argamassa em fachadas, deve considerar as características físicas e operacionais do canteiro de obras, sendo elas:

- *Layout* do canteiro de obra;
- Espaços disponíveis;
- Fluxos de materiais e trabalhadores;
- Acesso de caminhões para recebimento de materiais;
- Áreas de depósito e armazenamento;
- Possibilidade de se aproveitar equipamentos e utilidades existentes;
- Elevadores de obra e guias;
- Carrinhos porta-paletes para transporte de argamassa ensacada;

² FORMOSO, C. T.; BERNARDES, M. M. S.; ALVES, T. C. L.; OLIVEIRA, K. A. Planejamento e Controle da Produção em Empresas de Construção. NORIE/UFRGS. 50 pág. Porto Alegre: 2001.

- Bombas e compressores para transporte vertical de argamassa;
- Redes e pontos de hidráulica e energia elétrica;
- Disponibilidade de equipes tanto para produção como para controle.

Também Ceotto *et al.* (2005) indicam quais as definições mais importantes que devem orientar tanto o projeto do processo de produção como o planejamento tático e operacional, as quais dizem respeito:

- a) Às equipes de produção: se serão próprias ou terceirizadas;
- b) Ao fornecimento da argamassa: se preparada na obra ou industrializada, fornecida em sacos, em silos ou a granel;
- c) À instalação e capacidade dos silos e de outros equipamentos de armazenamento de argamassa;
- d) Ao transporte horizontal e vertical: capacidade e períodos disponíveis do elevador de obras;
- e) Ao transporte pneumático: vazão e capacidade requerida das bombas;
- f) Aos equipamentos necessários e locais de preparação da argamassa: número de argamassadeiras, se será preparada no chão do canteiro, no andar ou em andares intermediários;
- g) Às reservas estratégicas de material: capacidade dos silos, velocidade de reposição, opção por manter estoque de contingência de produto ensacado;
- h) Ao plano de ataque da obra: quantas torres simultaneamente, quantas fachadas ao mesmo tempo, por onde iniciar.

Quanto à mão de obra, esses mesmos autores, definem o que deve ser considerado, na formação das equipes ou na seleção da empresa encarregada pela execução do revestimento:

- a) Perfil e capacitação técnica requerida de encarregados, pedreiros, serventes, operadores de bombas e argamassadeiras;
- b) Necessidade de treinamento para serviços especiais, como por exemplo, projeção de argamassa, fixação de reforços, entre outros, os quais se aplicam tanto para equipes próprias como terceirizadas, considerando

neste caso também, a aptidão do empreiteiro para as especificidades do sistema de produção a ser adotado;

- c) Número necessário de profissionais e equipes, considerando a produtividade média do processo, cronograma, e plano de ataque da obra.

Para aqueles autores, tendo-se concluído o projeto, premissas e especificações do revestimento, é possível realizar o planejamento da produção, o qual deve contemplar um processo de escolha e contratação de recursos, para posterior realização do treinamento das equipes de fiscalização da obra, elaboração do cronograma dos serviços e atribuições de responsabilidades.

2.4 Operações físicas

Pode-se dizer que as operações físicas de um sistema de produção são um conjunto de atividades, relacionadas às técnicas construtivas, que permitem a execução de uma determinada parte do edifício. Quando essas técnicas são realizadas a partir de uma sequência adequada e devidamente organizada, constitui-se num método construtivo, e que é usualmente relacionado a uma determinada tecnologia construtiva, neste caso, a tecnologia de revestimento de argamassa em fachadas.

As técnicas e métodos empregados nessas operações físicas, podem variar desde os tradicionais até os mais industrializados, em cada uma das etapas. Essas etapas devem obedecer a procedimentos específicos de execução (Baía e Sabbatini, 2002), e seguem uma sequência que, segundo Mascarenhas (2017), deve ser especificada no projeto para produção do revestimento da fachada.

Pode-se então definir, tendo como base a bibliografia pesquisada, as etapas necessárias nas operações físicas do sistema de produção do revestimento de argamassa em fachadas de edifícios de alvenaria estrutural, da seguinte maneira:

- 1)** Montagem dos equipamentos de suporte provisório;
- 2)** Início da preparação da base;
- 3)** Definição do plano de revestimento;
- 4)** Final da preparação da base;

- 5) Taliscamento da fachada;
- 6) Execução da camada de revestimento de argamassa;
 - 6.1) Produção da argamassa;
 - 6.2) Transporte e distribuição da argamassa;
 - 6.3) Aplicação da argamassa;
 - 6.4) Acabamento da camada de argamassa;
- 7) Execução dos detalhes construtivos.

2.4.1 Montagem dos equipamentos de suporte provisório

Os equipamentos de suporte provisório empregados para a execução dos revestimentos de fachada que servirão de plataforma de acesso ao lado externo do edifício para o operário e, usualmente, empregados são:

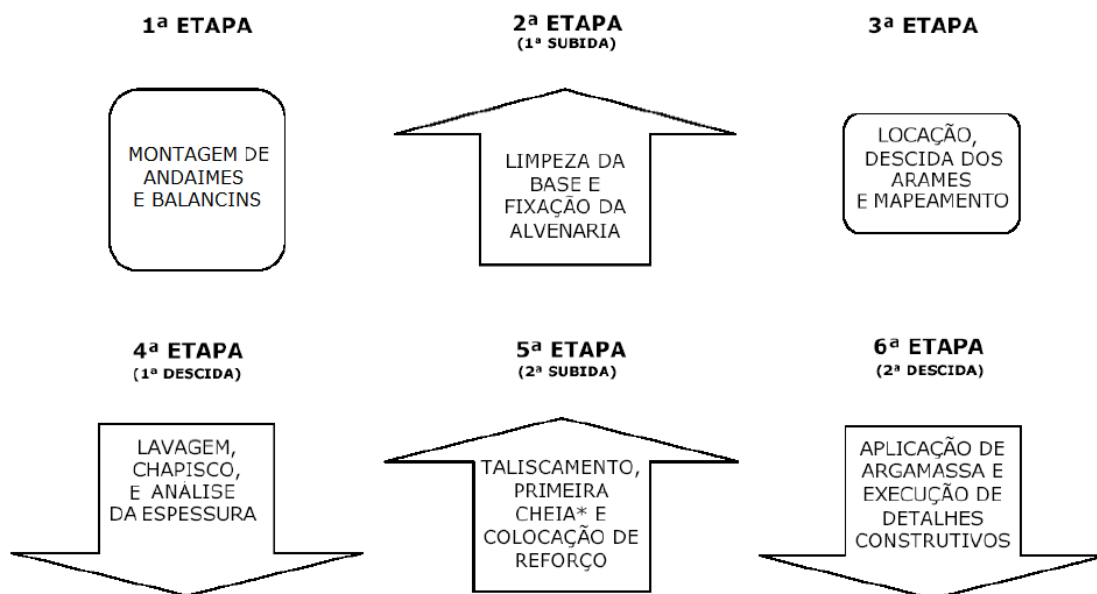
- Andaime fachadeiro;
- Balancim leve manual;
- Balancim leve motorizado (elétrico);
- Plataforma cremalheira.

Segundo Baía e Sabbatini (2002), o tipo de equipamento para suporte provisório pode interferir na definição do sequenciamento das atividades de produção do revestimento. Para esses mesmos autores, o uso do balancim elétrico, por exemplo, propicia agilidade na movimentação; portanto, quando do emprego de argamassa projetada mecanicamente, a sua adoção pode se tornar a alternativa mais adequada pois há compatibilidade entre a velocidade de aplicação proporcionada pela projeção mecânica com a da movimentação do balancim, aumentando potencialmente a produtividade do sistema de revestimento.

Como o tipo de suporte provisório mais comumente empregado na produção dos revestimentos de argamassa em fachadas é o balancim leve manual, é comum definirem-se as atividades em função da movimentação de subidas e descidas desse equipamento. Tais etapas estabelecem também a ordem em que o

revestimento é executado, podendo ser esquematizada conforme a figura 5, proposta adaptada de Barros e Britez, 2017³.

Figura 5 – Esquema das etapas do sistema de produção de argamassa em fachadas.



Fonte: Adaptado de Barros e Britez (2017)³.

Os andaimes suspensos, tanto os de acionamento manual como os elétricos, são suportados por estruturas de cabos de aço ancorados em estrutura própria, usualmente localizada no nível do pavimento da cobertura, ou no nível mais alto da respectiva frente da fachada com ancoragens fixadas necessariamente localizadas na parte interna ao perímetro da fachada apoiando-se ou à laje ou à platibanda deste último pavimento, (NR-18:2009).

No que se refere às atividades com os balancins, a NR-18:2009 deve ser sempre observada, principalmente porque se trata de uma das etapas com maior grau de risco de acidentes do trabalho em construções de edifícios, e é uma etapa que se seguirá durante todas as outras operações físicas deste sistema de produção.

³ BARROS M. M. B.; BRITTEZ A. A. Tecnologia de produção de revestimentos. Notas de aulas da disciplina TG206 Tecnologia de Produção de Revestimento. Curso de especialização Tecnologia e gestão da Produção de Edifícios (Poli Integra) São Paulo. 2017. Não publicado.

2.4.2 Início da preparação da base

O preparo da base influencia no desempenho do sistema do revestimento de argamassa porque, segundo a ABNT NBR 7200/1998, a aderência do revestimento está relacionada com o grau de absorção da base e com a sua rugosidade superficial.

Para Baía e Sabbatini (2002), a preparação da base envolve um conjunto de atividades que visam adequar a base ao recebimento da argamassa. Essas atividades estão relacionadas à limpeza da base: remoção de sujeiras, eliminação de irregularidades e incrustações; e preenchimento dos furos e aberturas; e fixação da alvenaria, sendo esta última, inexistente para os edifícios construídos em alvenaria estrutural.

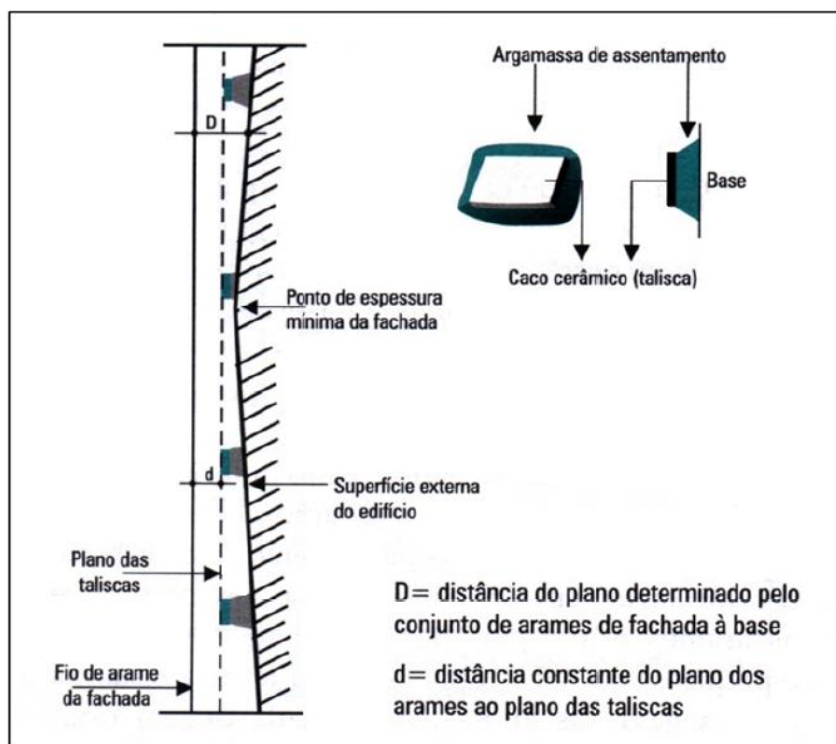
2.4.3 Definição do plano de revestimento

A definição do plano de revestimento envolve duas atividades: mapeamento e taliscamento da fachada. Essas atividades permitem a correta definição da espessura da camada de argamassa. O taliscamento adequado depende da correta locação dos arames de prumo, das medições realizadas no mapeamento e do alinhamento do seu eixo de referência corretamente estabelecido, resultando na correta definição do plano em que o revestimento de argamassa será acabado.

O posicionamento dos arames deve ser previsto em projeto e o mapeamento decorrer da medição da distância entre a superfície da base e o fio de prumo. No caso de edifícios de alvenaria estrutural recomenda-se que as leituras sejam feitas nas lajes de cada pavimento e a meia altura da alvenaria (ABNT NBR 13755/2017). Segundo Mascarenhas (2017), as medidas são usualmente obtidas por trena metálica.

A figura 6, A demonstra como é obtido o plano de revestimento da fachada, sendo a espessura da camada do revestimento de argamassa, em um determinado ponto, o resultado da diferença entre as distâncias 'D' e 'd'.

Figura 6 – Definição do plano de revestimento.



Fonte: Baía e Sabbatini (2002).

2.4.4 Final da preparação da base

Esta etapa consiste na lavagem por hidrojateamento da base e aplicação do chapisco. Segundo Ceotto *et al.* (2005) esses serviços devem ser necessariamente realizados durante a primeira descida do balancim, de modo a não contaminar as superfícies já limpas e o chapisco executado.

Baía e Sabbatini (2002) afirmam que o chapisco deve ser sempre aplicado nas superfícies de concreto das fachadas, de acordo com as especificações de projeto, pois ele tem a função de regularizar a absorção da base e melhorar a aderência da argamassa de revestimento.

Para a escolha entre as maneiras de produção do chapisco, é preciso que as especificações do revestimento de argamassa estejam estabelecidas pelo projetista, analisando assim a interação entre base e argamassa no estado fresco e técnica de execução, a fim de que a tecnologia escolhida atenda aos requisitos de projeto. Segundo Ceotto *et al.* (2005), quando do uso de argamassa industrializada, os fabricantes devem fornecer o sistema chapisco/argamassa ou indicar qual é o

chapisco compatível com a sua argamassa, a fim de atender às propriedades finais do revestimento, especificadas em projeto.

Existem basicamente três tipos diferentes de chapisco mais empregados, os quais podem ser denominados e exemplificados da seguinte maneira (ABCP, 2006):

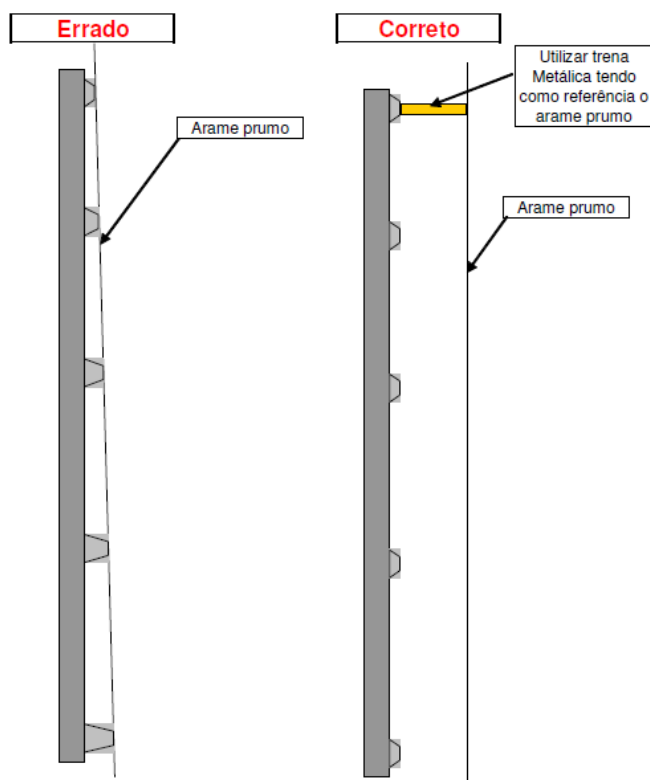
- **Chapisco tradicional:** Pode ser dosado em obra ou industrializado, consiste na projeção de argamassa fluida sobre a base, composta de cimento, areia e eventualmente aditivo, de maneira manual utilizando a colher de pedreiro, ou através de equipamentos de projeção.
- **Chapisco desempenado (industrializado semelhante à argamassa colante):** É usualmente aplicado sobre a estrutura de concreto, é produzido através de argamassa industrializada específica para este fim, sendo necessário acrescentar somente água, e aplicado através de desempenadeira dentada.
- **Chapisco rolado:** Pode ser dosado em obra ou industrializado, consiste em uma argamassa fluida obtida através da mistura de cimento e areia, com adição de água e polímero. Pode ser aplicado tanto na estrutura como na alvenaria, através de rolo de textura.

2.4.5 Taliscamento da fachada

O taliscamento da fachada consiste no assentamento de taliscas cerâmicas de acordo com as medidas definidas para cada trecho durante a etapa de mapeamento, utilizando-se da mesma argamassa que será aplicada na camada de revestimento. O espaçamento entre elas, assim como também a quantidade delas em um mesmo pano devem ser definidos em projeto, normalmente não sendo superior ao comprimento da régua de sarrafeamento.

A figura 7 mostra duas situações de taliscamento, onde é perceptível a importância a execução desta etapa de maneira correta, através de um arame de prumo, e não de um arame alinhado que segue a inclinação da fachada.

Figura 7 – Detalhe da execução das taliscas.



Fonte: Acervo próprio.

2.4.6 Execução da camada de revestimento de argamassa

A execução da camada de revestimento de argamassa pode ser considerada como a etapa central do sistema de produção, pois essa etapa compreende todos aspectos de como estas argamassas serão produzidas (tipo de fornecimento), transportadas (logística do canteiro), distribuídas (organização das frentes de trabalho), aplicadas à base (técnicas de aplicação).

2.4.6.1 Produção da argamassa - tipos de fornecimento

Segundo Baía e Sabbatini (2002), a produção da argamassa significa a mistura ordenada dos seus materiais constituintes, nas proporções estabelecidas e por um determinado período de tempo, empregando-se equipamentos específicos para esse fim.

Quanto ao tipo de fornecimento, ou forma de produção da argamassa, entende-se como a maneira com que ela é produzida no canteiro, ou, fabricada e consequentemente fornecida na obra. Pode-se então, listar os possíveis tipos de fornecimento ou preparo da argamassa, conforme a ABNT NBR 13529/2013:

- **Argamassa preparada em obra:** Argamassa cujo os materiais constituintes são medidos e misturados na própria obra. É o tipo mais tradicional, onde os aglomerantes, cimento e cal, são fornecidos, normalmente, ensacados, e a areia a granel, devendo ser armazenados, cada insumo, em locais apropriados;
- **Mistura semipronta para argamassa:** Mistura fornecida embalada ou a granel, cujo preparo é completado em obra, por adição de aglomerante e, eventualmente, aditivos. Usualmente, é fornecida a mistura já preparada, de areia úmida e cal, conhecida também por argamassa intermediária, adicionando-se apenas o cimento e a água no canteiro de obra;
- **Argamassa Industrializada:** Argamassa proveniente de processo controlado e dosagem precisa, em instalação industrial, fornecida embalada ou a granel. É atualmente, um dos tipos mais utilizados para revestimentos de fachada, dividindo-se entre dois grupos de fornecimento:
 - **Argamassa ensacada:** A argamassa é fornecida em sacos, sendo necessário apenas a adição de água no momento do preparo;
 - **Argamassa ensilada:** A argamassa chega ao canteiro no estado anidro, sendo estocada em silos, no momento do preparo o sistema dispõe de mecanismos para adição de água e mistura;
- **Argamassa dosada em central:** Argamassa cujos materiais constituintes são medidos e misturados em central dosadora, fornecida no estado fresco, pronta para uso.
 - **Argamassa estabilizada:** Argamassa que chega em canteiro no estado fresco e pronta para uso, usualmente dosada em central. Essa argamassa recebe aditivos estabilizadores que inibem a reação do cimento enquanto a ela estiver saturada (Bauer *et al.*, 2015), normalmente sendo utilizável em períodos de 36 a 72 horas.

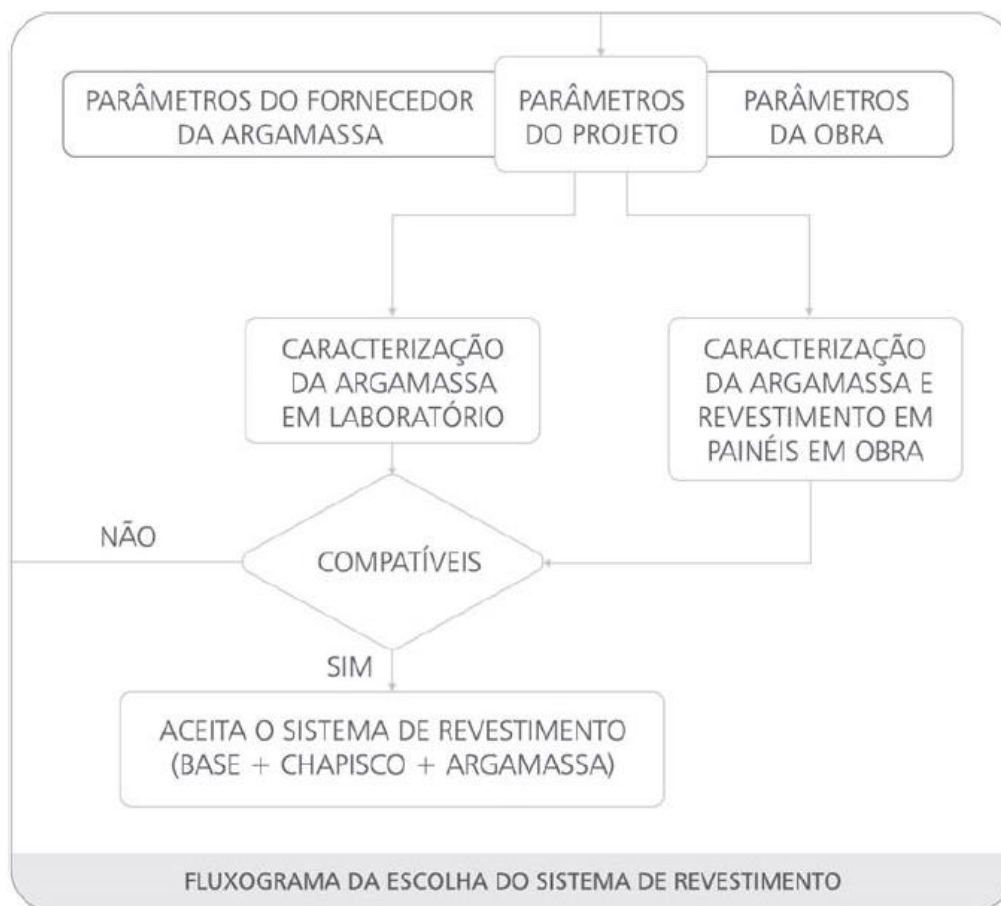
Segundo estes mesmos autores, para qualquer que seja a alternativa de produção de argamassa escolhida, deve-se estudar detalhadamente todos os fatores que intervirão na qualidade e produtividade dos serviços, sendo eles:

- a) Armazenamento de insumos e local de produção;
- b) Interferências no *layout* do canteiro e no fluxo de materiais;
- c) Equipes do canteiro de obra;
- d) Controle de qualidade no recebimento dos materiais;
- e) Controle da produção de argamassa; e
- f) Equipamentos de mistura e formas de aplicação da argamassa.

Ceotto *et al.* (2005) ressaltam também, que compete à administração da obra e à empresa construtora definir o tipo de fornecimento a ser adotado, e que para quaisquer que seja o tipo de argamassa escolhida, industrializada ou produzida em canteiro, bem como a sua forma de aplicação, distribuição e transporte, deverão ser considerados os parâmetros especificados pelo projeto, com as indicações dos intervalos aceitáveis, quanto aos: requisitos exigíveis para a argamassa de revestimento previstos na ABNT NBR 13281/2005; módulo de elasticidade conforme ABNT NBR 15630/2008; e resistência de aderência à tração superficial conforme ABNT NBR 13755/2017.

Esses autores ainda demonstram, conforme o quadro 2, o fluxograma dos parâmetros a serem considerados e caracterizações prévias que devem ser realizadas da argamassa tanto em obra como em laboratório, para a aceitação do sistema de revestimento a ser empregado. Para isso, é usual, pela experiência deste autor, a execução de painéis testes, ou protótipos do revestimento de argamassa, com a intenção de avaliar as tecnologias envolvidas no sistema de produção e validar principalmente, a argamassa de revestimento a ser utilizada.

Quadro 2 – Fluxograma da escolha do sistema de revestimento.



Fonte: Ceotto *et al.* (2005).

2.4.6.2 Transporte e distribuição da argamassa

Para Diogo (2007), o ciclo de produção da argamassa e os seus meios de transporte estão diretamente relacionados à organização do canteiro de obras, o que requer o estudo de diversas variáveis, tais como, o estabelecimento dos locais de armazenagem dos insumos, do local para mistura e preparo, e, do seu transporte até o local de aplicação. A eficiência deste sistema, desde a produção da argamassa, passando pelo seu transporte e distribuição, pode afetar diretamente a produtividade da mão de obra e o nível de desperdício de materiais.

As centrais de produção, são os locais onde ocorre a mistura e o preparo da argamassa, incorrendo em alguns casos também, o serviço de pré-dosagem e ensacamento dos materiais necessários, quando a argamassa é dosada em obra. Já para as argamassas industrializadas ensacadas, as centrais de produção são mais enxutas, sendo normalmente empregadas em pavimentos, utilizando-se de um

estoque de material, um ponto de água e um equipamento misturador de argamassa.

As tecnologias de transporte, por elevador, grua ou bombeamento, estão relacionadas a ordem de produção da argamassa, assim como também o método de aplicação influencia na maneira que a argamassa é distribuída, podendo ser feito de maneira direta através do próprio equipamento de projeção, da central até a frente da fachada, ou de maneira indireta, utilizando-se de funis por gravidade, onde após o preparo a argamassa é levada à frente da fachada, neste caso sendo a aplicação manual ou por spray a ar comprimido.

Através da experiência deste autor e de pesquisas realizadas sobre o tema, foi possível sintetizar o quadro 3, que relaciona todos os tipos de fornecimento de argamassa com as suas possíveis maneiras de transporte, distribuição e aplicação.

Quadro 3 – Opções de distribuição e transporte da argamassa.

Transporte da argamassa do fornecimento à aplicação			
FORNECIMENTO	TRANSPORTE	DISTRIBUIÇÃO	APLICAÇÃO
Dosada em Obra	Elevador ou Grua	Central com misturador	Projeção Mecânica Contínua
		Central com misturador + Funil por gravidade	Projeção a ar comprimido
			Projeção Manual
Mistura Semipronta	Elevador ou Grua	Central com misturador	Projeção Mecânica Contínua
		Central com misturador + Funil por gravidade	Caneca
			Projeção Manual
Industrializada Ensacada	Elevador ou Grua	Central com misturador	Projeção Mecânica Contínua
		Central com misturador + Funil por gravidade	Projeção a ar comprimido
			Projeção Manual
Industrializada Ensilada	Elevador ou Grua	Central com misturador	Projeção Mecânica Contínua
		Central com misturador + Funil por gravidade	Projeção a ar comprimido
			Projeção Manual
	Bombeamento (via seca)	Central com misturador	Projeção Mecânica Contínua
		Central com misturador + Funil por gravidade	Projeção a ar comprimido
			Projeção Manual
	Bombeamento (via úmida)	Direta	Projeção Mecânica Contínua
		Funil por gravidade	Projeção a ar comprimido
			Projeção Manual
Dosada em Central (Estabilizada)	Elevador ou Grua	Direta	Projeção Mecânica Contínua
		Funil por gravidade	Projeção a ar comprimido
			Projeção Manual

Fonte: Autoria própria.

As tecnologias de transporte mais usuais, quais sejam, por elevador ou grua, empregadas no sistema de produção do revestimento de fachada, se caracterizam também por se encontrarem integradas no leiaute do canteiro e serem aproveitadas para todos os demais serviços. Já as tecnologias de bombeamento via seca ou úmida, quando utilizadas em edifícios de múltiplos pavimentos, são usualmente empregadas em sistemas específicos para o revestimento.

Segundo a ABCP (2006), no estudo preliminar, para a escolha do sistema de transporte e projeção da argamassa, deve-se considerar: a tipologia da obra, a área a ser revestida, as distâncias e alturas a serem alcançadas; as características do canteiro de obra como facilidade de acesso, as áreas de armazenamento e de produção da argamassa; e, a disponibilidade de materiais e equipamentos no mercado. Deve-se, portanto, caracterizar os tipos de transporte da argamassa em função do projeto do processo de produção do revestimento, para que as condições consideradas estejam de acordo com as demais operações físicas do sistema.

2.4.6.3 Aplicação da argamassa

Na produção dos revestimentos de fachada de edifícios de múltiplos pavimentos, as tecnologias de aplicação da argamassa da camada de revestimento, usualmente utilizadas, são:

- a) **Projeção manual:** considera-se, neste trabalho, que esta é a técnica tradicional de aplicação. Ela consiste na utilização da colher de pedreiro pelo operário, para ‘chapar’ a argamassa contra o substrato, como é conhecido o movimento enérgico que é feito manualmente para aplicação da argamassa;
- b) **Projeção a ar comprimido:** consiste em um equipamento projetor com recipiente acoplado na ponta de aplicação, onde a argamassa fresca é posta pelo operário, e lançada por auxílio de ar comprimido, por acionamento manual e de maneira intermitente. O ar comprimido é fornecido por compressores e reservatórios do sistema. No meio técnico esse sistema é conhecido por: caneca ou por spray a ar comprimido;

- c) **Projeção mecânica contínua:** consiste na projeção contínua de argamassa fresca através de um mangote, que a transporta desde o reservatório do equipamento até o bico projetor. Para tanto, utiliza-se uma bomba de eixo helicoidal com rotor e estator, ou de pistão, acoplada a um compressor que através de outra mangueira libera o ar comprimido para o lançamento da argamassa contra a base.

Segundo Fernandes (2007), os projetores a ar comprimido são equipamentos mais simples e de baixo custo, uma vez que a argamassa não é bombeada através de um mangote. A principal desvantagem desta tecnologia é o peso do equipamento carregado com a argamassa, que pode dificultar a execução do serviço devido ao esforço físico exigido pelo operário nas diversas recargas necessárias para a aplicação. Conforme cita esta mesma autora, os resultados experimentais e a experiência das empresas construtoras, mostram que o uso deste equipamento proporciona maior homogeneidade do revestimento e um aumento da resistência de aderência em relação à aplicação por projeção manual. Em trabalho realizado por Duailibe *et al.* (2005), foi obtido um aumento de 55% da resistência de aderência a tração quando a aplicação de uma mesma argamassa mudou de projeção manual para projeção a ar comprimido.

Para Zanelatto (2012), a utilização das bombas de eixo helicoidal, são ideais para o bombeamento e projeção mecânica contínua das argamassas de revestimentos, pois permite o bombeamento de materiais com agregados miúdos de diversas granulometrias. Segundo esta mesma autora a distância máxima de transporte da argamassa e a sua velocidade de projeção, dependem da vazão de saída e pressão do ar do equipamento, como também das propriedades reológicas da argamassa. Em sua pesquisa, verificou-se também um aumento significativo na resistência de aderência a tração, da aplicação por projeção mecânica contínua, em relação a projeção manual, através da avaliação de experimental em laboratório.

2.4.6.4 Acabamento da camada de argamassa

Após a aplicação da argamassa, segue a atividade de sarrafeamento, que consiste no aplainamento da superfície revestida utilizando-se uma régua de

alumínio, esta atividade deve ser feita após a argamassa atingir o ponto de sarrafeamento, e depois do intervalo adequado é feito o desempenho e o camurçamento, os quais definem o acabamento final da argamassa (Baía e Sabbatini, 2002).

Quanto ao acabamento requerido na tecnologia de revestimento de argamassa em fachadas, para o recebimento de um sistema pintura texturizada acrílica, usualmente é utilizado o camurçamento da argamassa, denominado também de acabamento feltrado. Entretanto, segundo estudo experimental realizado por Britez (2007), demonstrou-se que o emboço com acabamento desempenado, apresentou um comportamento equivalente aos substratos que receberam acabamento feltrado.

2.4.7 Execução dos detalhes construtivos

Os detalhes construtivos, segundo Baía e Sabbatini (2002), podem ser realizados em conjunto às etapas de execução da camada de revestimento da argamassa, ou dependendo do tipo do detalhe, logo após o acabamento superficial da camada de revestimento, sendo os principais: execução de juntas de trabalho; juntas de dilatação; acabamento de quinas e cantos; execução de peitoris e pingadeiras; reforços do revestimento com tela; e elementos decorativos como molduras em EPS, frisos, entre outros.

Esses detalhes construtivos devem ser previstos em projeto, a fim de contribuir para o melhor desempenho do revestimento de argamassa (Baía e Sabbatini, 2002). Por se tratar de elementos específicos e que de fato devem ser dimensionados em projeto executivo, fica a cargo dos projetistas as definições e especificações a serem concebidas.

2.5 Controle e recepção dos trabalhos

A implantação de uma tecnologia construtiva para a produção do revestimento de argamassa em fachadas, implica na interação de diferentes setores ou processos de uma empresa construtora, sendo eles: projetos (projetos para produção e documentação); suprimentos (contratações e aquisições); recursos humanos (mão

de obra operacional e especializada); e, execução de obras (produção e controle dos processos) (BARROS, 1996).

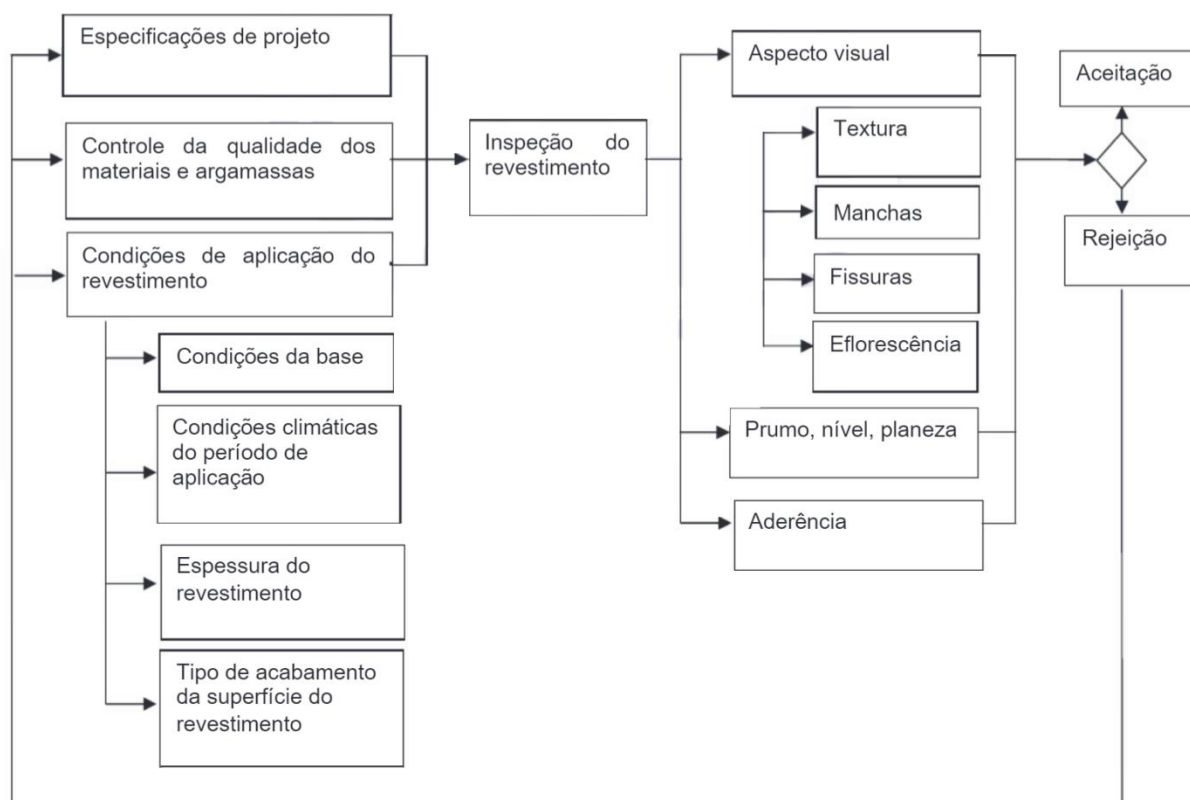
Barros (1996) propõe o controle do processo de produção como diretriz balizadora da metodologia de implantação de Tecnologias Construtivas Racionalizadas (TCR's). Dentro do conjunto de diretrizes propostas por essa autora, pode-se destacar o estabelecimento de estágios de controle para cada atividade, sendo elas: controle das condições de início, controle da execução; e controle de aceitação do serviço ou produto. Para cada um desses estágios devem ser definidos objetivos de controle, ou seja, quais os elementos que deverão ser controlados.

Para Baía e Sabbatini (2002), o controle da execução do revestimento envolve um conjunto de ações realizadas antes do início da execução, durante e após a sua conclusão. Essas ações devem ser consideradas ao longo de toda a produção do revestimento da fachada, e realizadas para cada uma das operações físicas do sistema de produção.

A ABNT NBR 13749/2013, propõe um controle de qualidade dos revestimentos de argamassa, conforme a figura 8. O quadro proposto pela norma pontua as principais etapas do sistema de produção, desde as definições de projeto, passando pela fabricação da argamassa, produção e recebimento do revestimento.

Entretanto, não foi possível encontrar referência explícita quanto à definição da amostragem a ser inspecionada dos revestimentos em fachadas, nem quanto a periodicidade em que tais controles devem ser feitos. Portanto o projeto de produção, ou o planejamento da obra, deve prever em cada caso específico as definições de controle de execução, bem como condições de início e de recebimento dos trabalhos, de maneira incorporada ao sistema de produção dos revestimentos de argamassa em fachadas.

Figura 8 – Esquema de controle da qualidade do revestimento de argamassa.



Fonte: ABNT NBR 13749/2013.

Neste capítulo foram abordados os pontos mais relevantes ao projeto, planejamento, produção e recebimento dos trabalhos referentes ao revestimento de argamassa em fachadas. Percebe-se que existe uma literatura técnica que abrange os revestimentos de argamassa de uma maneira geral, sendo assim, com base nessa literatura, pretende-se no próximo capítulo estender esses conceitos às especificidades dos revestimentos em fachadas de edifícios de alvenaria estrutural.

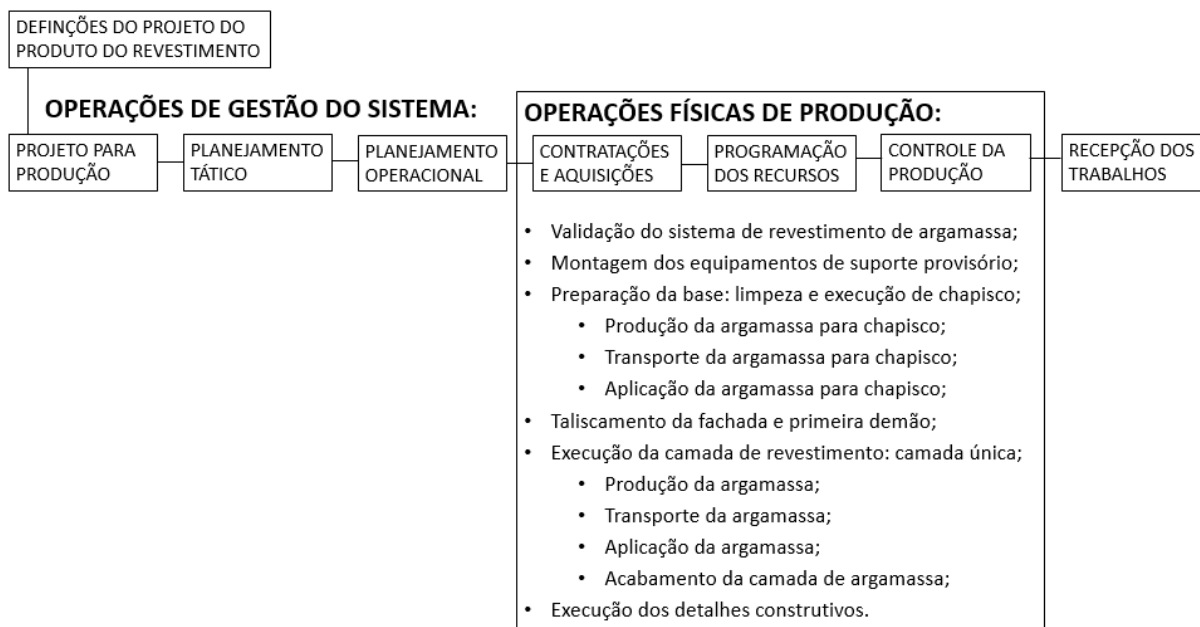
3. ESTUDO COMPARATIVO ENTRE SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE REVESTIMENTO DE ARGAMASSA EM FACHADAS

Para a realização do estudo comparativo entre sistemas de produção de revestimento de argamassa em fachadas, foram visitadas duas obras de empresas construtoras da cidade de Osasco, na região metropolitana de São Paulo. Através da pesquisa de campo nessas obras, é que foi possível realizar o estudo comparativo entre os seus sistemas de produção.

Para a pesquisa de campo, foi previamente elaborado um roteiro, apresentado no apêndice A, contendo os itens de cada uma das etapas que orientaram a pesquisa para um conhecimento mais adequado do sistema de produção do revestimento de argamassa em questão.

O roteiro foi elaborado conforme as etapas que constam no quadro 4, que contempla um fluxograma do sistema de produção de revestimento de argamassa em fachadas, feito por este autor, com base nos dados da revisão bibliográfica desta pesquisa.

Quadro 4 – Etapas do sistema de produção nas empresas envolvidas no estudo de caso.



Fonte: Autoria própria.

3.1 Caracterização das empresas construtoras e de seus projetos do produto do revestimento

3.1.1 Caracterização da empresa 'A'

A empresa construtora 'A' realiza uma obra localizada em um bairro residencial da cidade de Osasco, na qual foi feita esta pesquisa de campo. Trata-se de um empreendimento residencial de padrão médio, composto por edifícios de múltiplos pavimentos, cuja imagem ilustrativa é apresentada na figura 9.

A obra é composta por um total de 6 edifícios construídos em alvenaria estrutural de blocos de concreto, com 17 pavimentos cada, contemplando também uma estrutura de transição em concreto armado até o nível do térreo. As torres 1, 2 e 3 denominadas para a fase 2 do projeto, ainda se encontram em início de execução da estrutura. As torres 4, 5 e 6, local onde foi feita a pesquisa, contemplam a fase 1 do projeto.

A visita técnica realizada para este trabalho focou a produção do revestimento de fachada da torre 5. O revestimento de fachada da torre 4 estava executado enquanto o da torre 6 estava em preparo para execução.

Figura 9 – Fachada do empreendimento da empresa construtora 'A'.



Fonte: Imagem capturada dia 11/06/2019 em site da empresa construtora 'A'.

O projeto do revestimento da fachada, do edifício em questão, consiste em um acabamento em pintura texturizada acrílica, aplicada com rolo. Como substrato, foi utilizado o sistema de revestimento de argamassa tipo “massa única” ou também conhecido como emboço paulista.

A empresa ‘A’ não possui um projeto específico de revestimento da fachada. O projeto do produto do revestimento consiste no próprio projeto arquitetônico da fachada, que contempla as vistas de suas elevações com as respectivas definições de acabamento.

Em resumo, tendo como base a bibliografia antes sintetizada, o projeto do produto do revestimento da empresa ‘A’ segue as seguintes definições:

- **Tipo de revestimento:** revestimento de argamassa em fachadas - argamassa inorgânica, com preparação de base utilizando chapisco;
- **Espessura das camadas:** conforme ABNT NBR 13749:1996, entre 20 mm e 30 mm para paredes externas;
- **Tipo de acabamento:** argamassa inorgânica não decorativa, sarrafeada e desempenada para posterior recebimento de pintura texturizada acrílica;
- **Detalhes da fachada:** panos predominantemente lisos, contemplando a execução de frisos arquitetônicos, juntas de dilatação e pingadeiras nos peitoris de janelas, sem posterior aplicação de molduras ou cornijas.

Em relação à etapa de projeto, durante a visita, o engenheiro residente da obra informou que na revisão inicial do projeto do produto, não havia previsão de frisos verticais que separassem as cores da pintura de um mesmo segmento de fachada, sendo então posteriormente incorporados ao projeto. Sem a presença desses frisos, a futura execução de pintura se tornaria mais difícil. Esse simples detalhe mostra a importância da compatibilização entre projeto de produto e projeto do processo para produção.

3.1.2 Caracterização da empresa ‘B’

A empresa ‘B’ é construtora e incorporadora de médio porte. Seu empreendimento objeto de estudo também está localizado em um bairro residencial

de Osasco, na região metropolitana de São Paulo, sendo o seu segmento de atuação consolidado em edifícios residenciais nos bairros dessa cidade.

O empreendimento em questão é composto por 2 edifícios residenciais de 15 pavimentos cada, construídos em alvenaria estrutural de blocos de concreto, contando com 3 níveis de garagem em concreto armado até o pavimento de transição no térreo. O revestimento de fachada das torres 1 e 2 assim denominadas, encontram-se no início de preparação e serão executados simultaneamente.

A empresa 'B' não possui um projeto específico de revestimento da fachada. Conforme apresentado na imagem ilustrativa da figura 10, as fachadas dos edifícios são compostas por panos lisos para recebimento de pintura texturizada acrílica e frisos horizontais. O projeto original previa a utilização de revestimento decorativo monocamada; entretanto, a direção da empresa optou pelo acabamento da fachada em textura acrílica aplicada a um revestimento de argamassa em camada única como base.

Figura 10 – Fachada do empreendimento da empresa construtora 'B'.



Fonte: Imagem capturada dia 27/06/2019 no site da empresa construtora 'B'.

No empreendimento da empresa 'B' também foi utilizado o revestimento de argamassa tipo "massa única". A construtora segue o método construtivo indicado pela empresa contratada para fornecimento da argamassa, que detém os produtos e indica os procedimentos envolvidos, assim sendo: os produtos para tratamento da base, métodos para aplicação do revestimento e materiais para o posterior sistema de pintura. Diferenciando-se então da empresa 'A', pois nela o fornecedor da argamassa de revestimento não se vincula ao fornecedor do sistema de pintura a ser posteriormente contratado.

Em resumo, tendo como base a bibliografia antes sintetizada, o projeto do produto do revestimento da empresa 'B' segue as seguintes definições:

- **Tipo de revestimento:** revestimento de argamassa em fachadas - argamassa inorgânica, sem a utilização de chapisco sobre alvenaria de blocos de concreto;
- **Espessura das camadas:** definido pelo fornecedor do material, que determina uma argamassa específica para aplicação em espessuras de 10 mm a 15 mm;
- **Tipo de acabamento:** argamassa inorgânica não decorativa, sarrafeada e desempenada para posterior recebimento de pintura texturizada acrílica;
- **Detalhes da fachada:** panos predominantemente lisos, contemplando a execução de frisos arquitetônicos, juntas de dilatação e pingadeiras nos peitoris de janelas, sem posterior aplicação de molduras ou cornijas.

3.2 Projeto do processo de produção do revestimento de argamassa em fachadas

3.2.1 Projeto do processo de produção da empresa 'A'

Foi identificado que na empresa 'A' o projeto do processo de execução do revestimento de argamassa é constituído por dois elementos principais, quais sejam, os procedimentos executivos e os elementos gráficos, compostos basicamente pelos detalhamentos dos elementos do revestimento e da disposição dos balancins para suporte provisório nas frentes de fachada.

A empresa construtora possui um procedimento próprio, específico para o serviço de revestimento de argamassa em fachada. Entretanto, na obra em questão, ela também optou pela contratação de um projetista especializado para a elaboração de um projeto para produção.

O projetista além de fornecer um procedimento executivo também definiu especificações a serem consideradas para os principais elementos da produção, sendo eles: requisitos e definições da argamassa (composição, fabricante e tipo de fornecimento); tela galvanizada eletrosoldada para reforço; indicação dos tipos de balancins leves e sua disposição para execução da fachada e equipamentos para mistura da argamassa.

Entretanto, o engenheiro da obra informou que nem todos os elementos especificados nesse projeto foram seguidos, porém eles serviram de balizamento para as definições tomadas pela obra em conjunto ao departamento de qualidade e de planejamento. Segundo esse mesmo engenheiro, havia a discussão entre a utilização de balancins leves manuais ou elétricos, propostos pelo projetista. A empresa optou pela utilização de balancins leves manuais, por serem mais compatíveis com a velocidade de produção prevista pela obra.

O fornecedor da argamassa a ser utilizada é outro exemplo de não seguimento do projeto de produção, pois foi selecionado um fornecedor que não o indicado pelo projetista. Porém, as especificações técnicas da argamassa foram validadas pelo projetista, conforme requisitos da argamassa fornecida como mostra o quadro 5.

Quadro 5 – Especificação da argamassa de revestimento utilizada na empresa 'A'.

CLASSIFICAÇÃO: ABNT-NBR 13281/05		
Classe	Resistência à compressão MPa	Método de ensaio
P3	2,5 a 4,5	NBR 13279
Classe	Densidade de massa aparente no estado endurecido kg/m ³	Método de ensaio
M5	1 600 a 2 000	NBR 13280
Classe	Resistência à tração na flexão MPa	Método de ensaio
R2	1,0 a 2,0	NBR 13279
Classe	Determinação do Coeficiente de Capilaridade – g/dm ² .min ^{1/2}	Método de ensaio
C5	5,0 a 12	NBR 15251
Classe	Densidade de massa no estado fresco kg/m ³	Método de ensaio
D4	1 600 a 2 000	NBR 13278
Classe	Retenção de água %	Método de ensaio
U4	86 a 94	NBR 13277
Classe	Determinação da resistência potencial de aderência a tração	Método de ensaio
A3	≥ 0,30	NBR 15258
Classificação do produto: P3, M5, R2, C5, D4, U4, A3.		

Fonte: quadro obtido através do fornecedor de argamassa da empresa 'A'.

Antes do fechamento com o fornecedor da argamassa, o engenheiro residente da obra informou que foram feitos painéis testes para a validação da argamassa a ser utilizada.

O projeto do processo de produção do revestimento apresentou as seguintes definições:

- **Argamassa:** fornecimento de argamassa industrializada ensacada. O preparo é realizado na obra através da mistura com água conforme a especificação do fabricante;
- **Organização do canteiro de obras:** utilização de centrais de argamassa com misturador mecânico no 10º e 17º pavimentos da torre para

abastecimento através de funis por gravidade e disposição dos balancins leves no perímetro total do edifício;

- **Sequência de execução do revestimento:** 1ª subida dos balancins limpando a base manualmente; 1ª descida dos balancins lavando a base por hidrojateamento e executando chapisco; colocação dos arames para definição do plano de revestimento (mapeamento da fachada); 2ª subida de balancins executando taliscamento; e 2ª descida dos balancins executando a camada única de argamassa através de projeção manual, após 3 dias de conclusão do chapisco;
- **Controle e recepção dos trabalhos:** execução de ensaios de resistência de aderência à tração conforme a ABNT NBR 13528/2010 e teste de percussão de toda a fachada com a contratação de empresa terceirizada para essa atividade, após 28 dias da execução do revestimento.

Ainda na etapa do projeto para a produção, com a fase 1 da obra em andamento, e tendo em vista a futura execução da fase 2 do empreendimento, o engenheiro da residente informou que a empresa estuda a possibilidade de não utilizar o chapisco para a preparação da base nas próximas fachadas. Para tal, a obra irá realizar painéis testes para ensaio, a partir das seguintes atividades:

1. Aplicação da argamassa manual com utilização de chapisco;
2. Aplicação da argamassa por projeção mecânica a ar comprimido com utilização de chapisco;
3. Aplicação da argamassa por projeção mecânica a ar comprimido sem a utilização de chapisco.

O objetivo desse ensaio é verificar se a utilização da projeção a ar comprimido proporciona um aumento efetivo na resistência de aderência da argamassa à base, podendo, se for o caso, suprimir a utilização do chapisco na etapa de preparação da base.

Outro aspecto importante do projeto verificado nessa pesquisa de campo foi a utilização do bloco J quando da execução das lajes de pavimentos tipo do edifício. Com esta técnica, a base do revestimento da fachada permanece continuamente em

blocos de concreto estrutural e, portanto, faz-se desnecessária a utilização de um tipo diferente de chapisco como quando utilizado em trechos de laje de concreto.

3.2.2 Projeto do processo de produção da empresa 'B'

A empresa construtora 'B' possui domínio próprio da coordenação de projetos e o seu projeto do produto do revestimento é elaborado por projetista de arquitetura terceirizado que apresenta detalhes gerais do revestimento finalizado. Entretanto, a empresa não dispõe de um projeto próprio para o detalhamento do processo de produção, bem como seu procedimento executivo também não detalha pontos importantes do sistema.

Apesar da empresa possuir um documento de procedimento executivo de revestimento de argamassa, ela não possui tal tecnologia implantada ao seu sistema de produção. A definição do processo de produção da fachada na obra estudada se deu conforme orientação do fornecedor do produto, que também indicou o empreiteiro para fornecimento da mão de obra.

As definições identificadas na pesquisa de campo e que deveriam constar no projeto do processo de produção da empresa 'B' são:

- **Argamassa:** fornecimento de argamassa industrializada ensacada em embalagens de 30 Kg (única opção do fornecedor). O preparo é realizado na obra através da mistura com água conforme a especificação do fabricante;
- **Organização do canteiro de obras:** utilização de centrais de argamassa com misturador mecânico nos pavimentos em que ocorre a execução do revestimento, com abastecimento direto no balancim (sem utilização de funis) e disposição de balancins leves no perímetro total do edifício;
- **Sequência de execução do revestimento:** 1ª descida com utilização de cadeirinha suspensa individual, para limpeza da base através de hidrojateamento; 1ª subida dos balancins executando início e fim da preparação da base, através de 1ª demão de argamassa quando necessário e aplicação de chapisco apenas nas superfícies de concreto (vigas e lajes entre pavimentos) e colocação de tela de reforço entre pavimentos e quinas de vãos de janelas; 2ª descida dos balancins executando a camada única de

argamassa através de uma primeira camada de 2mm a 3mm aplicada com desempenadeira e uma segunda camada aplicada manualmente sobre a primeira ainda úmida;

- **Controle e recepção dos trabalhos:** não identificado procedimento específico para a realização de ensaios de percussão e de resistência de aderência a tração. O controle e recepção dos trabalhos segue apenas ficha de verificação apresentada por procedimento de qualidade da empresa.

Os requisitos da argamassa do fornecedor da empresa “B” seguem a classificação da ABNT NBR 13281/2005 conforme quadro 6, sendo validada pela coordenação da empresa construtora. Também houve a execução de um painel teste, figura 11, onde o revestimento foi aplicado pelo empreiteiro contratado e ensaiada a sua resistência de aderência à tração, conforme ABNT NBR 15258/2005, pelo próprio fabricante da argamassa, apresentado os resultados mostrados no quadro 7.

Quadro 6 – Especificação da argamassa de revestimento utilizada na empresa ‘B’.

Desempenho Conforme Norma ABNT NBR 13281:2005			
Ensaio	Método de Ensaio	Resultado	Classificação
Resistência a Compressão	ABNT NBR 13279	11,70 MPa	P6
Densidade da Massa Aparente em Estado Endurecido	ABNT NBR 13280	1 578,34 kg/m ³	M4
Resistência a Tração na Flexão	ABNT NBR 13279	4,10 MPa	R5
Coeficiente de Capilaridade	ABNT NBR 15259	1,7 g/dm ² /min. ^{1/2}	C3
Densidade da Massa em Estado Fresco	ABNT NBR 13278	1 717,5 kg/m ³	D4
Retenção de água	ABNT NBR 13277	99,25%	U6
Resistência Potencial de Aderência à Tração	ABNT NBR 15258	0,90 MPa	A3

Fonte: quadro obtido através do fornecedor de argamassa da empresa ‘B’.

Figura 11 – Pannel teste da empresa 'B'.



Fonte: foto tirada pelo autor durante pesquisa de campo dia 27/06/2019.

Quadro 7 – Resultado do ensaio de resistência de aderência a tração feito pelo fornecedor da empresa 'B'.

RESISTÊNCIA PONTECIAL DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO							
CP Nº	Espessura do produto (mm)	Resistência Individual (Kn)	Resistência Individual (Mpa)	Forma de Ruptura %			
				S	S/A	A	F
1	13.34	* 1.50	0.761	-	-	100	-
2	12.72	1.20	0.609	80	-	20	-
3	13.02	1.30	0.660	-	-	100	-
4	12.31	1.10	0.558	100	-	-	-
5	13.39	0.75	0.381	100	-	-	-
6	14.26	1.25	0.635	100	-	-	-
7	13.14	* 0.70	0.355	100	-	-	-
8	12.45	0.80	0.406	100	-	-	-
9	14.12	1.45	0.736	50	-	50	-
10	12.59	0.85	0.431	90	-	10	-
11	13.75	1.35	0.685	100	-	-	-
12	13.50	0.90	0.457	100	-	-	-
RESISTÊNCIA POTENCIAL MÉDIA (Mpa)							
CLASSIFICAÇÃO – NBR 13281/05							0.55
Testes realizados em							
* Valores excluídos para cálculo de média conforme NBR 15.258/2010							

Fonte: quadro fornecido pelo fornecedor de argamassa da empresa 'B'.

3.2.3 Discussão do projeto do processo de produção à luz das referências

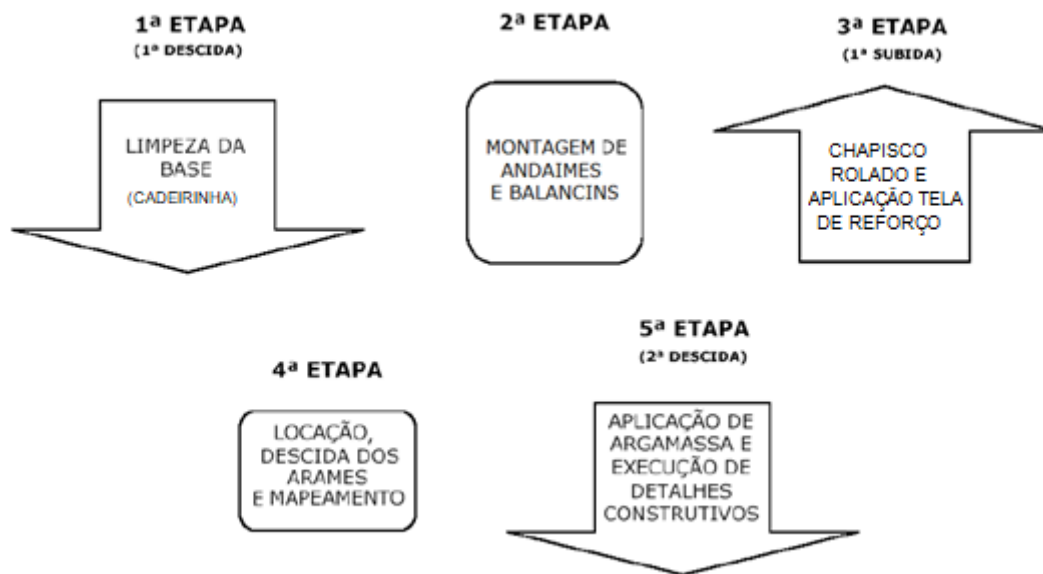
Na empresa 'A', embora exista um projeto elaborado por consultor especializado algumas especificações não foram seguidas. Parece haver certa resistência na

utilização de algumas novas tecnologias como por exemplo o uso de balancins elétricos. Segundo informado pelo próprio projetista, havia previsão do uso de uma unidade desse equipamento para a produção que, entretanto, foi substituída e o projeto adequado para a utilização de balancins manuais apenas.

Conforme as referências antes estudadas, um dos principais aspectos do projeto é a dosagem e composição da argamassa, o que não é tão relevante para ambos os casos porque as duas empresas utilizam argamassas industrializadas que são dosadas em fábrica. Não obstante, é necessário que se tenha o controle efetivo do seu preparo tanto no que se refere ao controle da quantidade de água quanto do tempo de mistura. Trata-se de um controle que deveria ser destacado ou até mesmo inserido nos projetos de ambas as empresas.

A sequência executiva é outro aspecto fundamental do projeto do processo de produção, enquanto a empresa 'A' segue o apresentado na figura 5, apresentada na referência bibliográfica, a empresa 'B' segue a sequência descrita na figura 12. Através da utilização de cadeirinha suspensa logo na 1ª descida para a lavagem da fachada e por não utilizar o chapisco em alvenaria para aplicação da argamassa de revestimento, a empresa B suprime duas etapas de movimentação vertical, sendo uma subida e uma descida de balancins a menos.

Figura 12 – Sequenciamento das etapas de operações físicas da empresa ‘B’.



Fonte: Autoria própria.

Dessa maneira, é possível verificar que a empresa 'B' abre mão de atividades intrínsecas às operações físicas como o taliscamento da fachada, por exemplo, o que não é recomendado, bem como a não utilização do chapisco nas bases de alvenaria em blocos de concreto, seguindo, entretanto, a indicação do sistema conforme orientação do fabricante da argamassa.

Quanto à produção da argamassa, o quadro 1 apresentado no capítulo 2, item 2, elenca as condições na organização da produção e diz que para o transporte vertical das argamassas industrializadas é possível eliminar interferências com demais transportes através da mistura nos pavimentos. No entanto, na empresa 'A' esse aproveitamento passa a ser mais significativo que na empresa 'B', uma vez que eles conseguem utilizar apenas 2 pavimentos para as centrais de argamassa, isso por realizarem a distribuição da argamassa aos balancins através de funis enquanto a empresa "B" tem a dependência da existência de aberturas (janelas e portas balcão), para acesso aos balancins.

Outra diferença entre ambos os sistemas de produção é quanto a espessura da camada de revestimento, sendo que a empresa 'A' segue o mínimo recomendado pela norma a ABNT NBR 13749/2013 de 20 mm enquanto a empresa 'B' segue a

especificação do fabricante da argamassa que aceita o mínimo de 10 mm, ou seja, metade da espessura mínima prescrita em norma vigente.

Essa questão passa a ser determinante para todo o restante do sistema de produção, como a previsão dos recursos de material e tempo para a produção; projeto de detalhes executivos; área de armazenamento de materiais; e principalmente quanto à falta de cumprimento normativo. Esse descumprimento pode trazer insegurança jurídica, pois se algum requisito de desempenho do sistema de revestimento externo resultar abaixo do exigido, caberá a dúvida de quem é a responsabilidade técnica, uma vez que a empresa construtora não terá como se amparar em preceito técnico de qualquer norma vigente.

3.3 Planejamento tático e operacional dos sistemas de produção

3.3.1 Planejamento tático e operacional da empresa 'A'

Quanto à etapa de planejamento, a empresa A conta com um departamento próprio centralizado na sede que, segundo o engenheiro residente, realiza as suas operações em conjunto com a engenharia da obra. Por sua vez as definições a respeito do plano tático ficam a cargo da coordenação do empreendimento e no plano operacional pela equipe técnica da própria obra.

As características básicas quanto ao planejamento da produção observadas no canteiro de obra foram as seguintes:

- A argamassa ensacada é entregue por caminhão, não paletizada. Após a descarga dentro da própria obra, é estocada em área de subsolo, separada de demais materiais.
- A argamassa é transportada verticalmente por elevador até um dos pavimentos, 10º ou 17º, onde são armazenados nas centrais;
- O transporte horizontal é feito por ajudantes até a central misturadora de argamassa, onde um operador realiza o seu preparo e abastece os pedreiros nas frentes de fachada, dentro dos respectivos balancins, através da utilização de funis por gravidade;

- No pavimento da central de preparo da argamassa existe um ponto de água específico para a mistura da argamassa e um ponto de energia para a ligação de cada equipamento misturador (trifásico / 220V), sendo utilizados 1 misturador a cada central com capacidade para 510kg, ou seja, 2 para cada torre;
- Para a execução da fachada existe um encarregado da própria empresa construtora exclusivamente para esse serviço, que coordena as equipes de produção, sendo 15 pedreiros alocados nos balancins e 1 ajudante a cada conjunto de 2 ou 3 pedreiros, equipe que é completamente composta por mão de obra própria. O controle do material, argamassa industrializada, e da execução do revestimento, é realizado pelo assistente técnico ou engenheiro da obra, que verificam a execução dos serviços ao término de cada etapa.

Quanto às aquisições de recursos, a obra faz as requisições dos materiais e equipamentos planejados, ao departamento de suprimentos via ERP (Enterprise Resource Planning) da empresa. Já as programações de entrega dos materiais, e equipamentos necessários fica a cargo da própria engenharia da obra, bem como a alocação da mão de obra própria nas frentes de serviço.

Pode-se sintetizar então as definições quanto ao planejamento tático e operacional da obra, para o seu sistema de produção:

- a) As equipes de produção empregadas são exclusivamente de mão de obra própria;
- b) A argamassa é industrializada, tanto para produção de chapisco como a de revestimento, fornecidas em sacos de 40 Kg;
- c) Os materiais ensacados ficam estocados no subsolo da obra, nível de garagem, onde há uma ampla capacidade de reserva de material;
- d) O transporte horizontal e vertical, feito de maneira tradicional através dos ajudantes, por meio do elevador e carrinhos de quatro rodas;
- e) Quanto à preparação da argamassa, são utilizadas duas centrais, uma no último pavimento (17º andar) e uma em pavimento intermediário (10º

andar), contando com um misturador de argamassa de 510kg em cada central;

- f) Quanto ao plano de ataque da obra, foi executado uma torre por vez, das três que compõem a fase 1 do empreendimento, com efetivo de pedreiros para atender a todos os balancins posicionados no perímetro total do edifício.

3.3.2 Planejamento tático e operacional da empresa 'B'

A construtora 'B' realiza os serviços de planejamento para acompanhamento e controle do cronograma com uma empresa terceirizada. Cabe à coordenação da empresa provisionar as contratações de equipamentos, mão de obra e material para a produção do revestimento e à equipe da obra, a programação da liberação dos serviços.

No empreendimento estudado foi contratada uma empreiteira terceirizada para fornecimento da mão de obra, a qual foi indicada pelo fornecedor da argamassa. Os equipamentos, quais sejam, os balancins e misturadores ficam inclusos ao contrato de empreiteiro, sendo assim ele o responsável pela locação desses equipamentos.

Quando da pesquisa de campo à obra da empresa 'B', a camada única do revestimento ainda não estava em execução. Como não havia um projeto do processo de produção ou um planejamento previamente definido, as características previstas, citadas pelo engenheiro da obra, quanto ao planejamento operacional foram as seguintes:

- A argamassa é fornecida ensacada e estocada em local pré-definido em um dos níveis de garagem do empreendimento;
- A argamassa é transportada verticalmente por elevador até cada um dos pavimentos em que será feita a mistura e a distribuição;
- O transporte do elevador às centrais de mistura da argamassa é feito por ajudantes, onde um operador de misturador realiza as operações para o seu preparo e posterior abastecimento direto aos pedreiros nos balancins;
- No pavimento da central de preparo da argamassa existe um ponto de água específico para a mistura da argamassa e um ponto de energia para a ligação de cada equipamento misturador (trifásico / 220V);

- Para a execução da fachada existe um encarregado específico para esse serviço pertencente à empreiteira contratada, que cuida de uma equipe prevista de 8 pedreiros e 4 ajudantes por torre.

Quanto às aquisições de recursos, como contratação do empreiteiro e do fornecedor da argamassa, as operações para fechamento foram feitas diretamente pela coordenação da obra. Já as programações de entrega dos materiais, e equipamentos necessários fica a cargo da equipe da obra em conjunto com o empreiteiro, bem como a alocação da sua mão de obra terceirizada.

Pode-se sintetizar então as definições quanto ao planejamento tático e operacional da obra, para o seu sistema de produção:

- a) As equipes de produção empregadas são exclusivamente de mão de obra terceirizada;
- b) A argamassa utilizada na camada de revestimento é do tipo industrializada ensacada, fornecida em sacos de 30 Kg. Para a aplicação de chapisco apenas nas superfícies de estrutura de concreto, é fornecida argamassa do mesmo fornecedor cuja a aplicação é em forma de chapisco rolado;
- c) Os materiais ensacados ficam estocados no subsolo da obra, nível de garagem, onde há uma ampla capacidade de reserva de material;
- d) O transporte horizontal e vertical, feito de maneira tradicional através dos ajudantes, por meio do elevador e carrinhos de quatro rodas;
- e) Quanto a preparação da argamassa, serão utilizadas centrais de mistura nos pavimentos em que ocorrerão a execução das fachadas, para abastecimento direto aos balancins posicionados nesses andares;
- f) Quanto ao plano de ataque da obra, optou-se pela execução simultânea das duas torres, sendo que o empreiteiro deverá alocar equipe compatível para as duas frentes de trabalho.

3.3.3 Discussão do planejamento tático e operacional à luz das referências

A principal diferença entre o planejamento operacional dos sistemas de produção das empresas, e que exerce grande impacto na organização do canteiro e na produtividade da equipe de mão de obra, é a locação das centrais de mistura da argamassa. Enquanto a empresa 'A' utiliza centrais de argamassa em apenas 2

pavimentos e distribui a argamassa por funis, a empresa 'B' planeja não utilizar funis, para isso precisará ter centrais fixas, ou seja, a cada pavimento que se encontra em execução é necessário que a central de mistura se desloque.

Como a etapa de execução da camada de revestimento na obra da empresa 'B' não estava em execução quando da pesquisa de campo, não foi possível avaliar as eventuais diferenças quanto à gestão da mão de obra, entre a própria, empregada pela empresa 'A' e a terceirizada da empresa 'B'. Também seria necessário avaliar a distribuição da argamassa de acordo com as centrais como foi observado, pois tal fator implica na sequência e andamento do serviço pelos pedreiros de fachada.

Em contrapartida, na empresa 'B', a empreiteira é caracterizada por ter mão de obra já treinada com a utilização do produto do fornecedor de argamassa da obra. Ao mesmo tempo que possui essa vantagem quanto ao treinamento da mão de obra, a desvantagem é que o controle e a tecnologia não ficam totalmente apropriados à empresa construtora.

3.4 Operações Físicas dos sistemas de produção

3.4.1 Montagem dos equipamentos de suporte provisório

3.4.1.1 Montagem dos equipamentos da empresa 'A'

Quanto aos equipamentos de suporte provisório foi empregado balancins leves, com acionamento manual de catraca para descida e ascensão dos pedreiros na frente da fachada, e fixados na cobertura de cada um dos edifícios, atendendo integralmente a fachada do edifício, seguindo condições de fixação conforme NR18:2019.

A sequência das etapas operacionais para a produção da fachada foi seguida conforme esquema apresentado na figura 5 do capítulo 2, item 2.4.1 deste trabalho, com exceção da fixação das alvenarias na 2ª etapa (1ª subida dos balancins) já que esse serviço não se aplica em alvenaria estrutural, e também sem necessidade de primeira demão conforme previsto na 5ª etapa (2ª subida), devido à regularidade geométrica do prumo dos edifícios.

3.4.1.2 Montagem dos equipamentos da empresa 'B'

Na empresa 'B' também foi empregado balancins leves manuais como sistema de sustentação para execução da fachada. A construtora contrata indiretamente o equipamento que está vinculado ao contrato da empreiteira, que no caso dessa obra, é responsável pela contratação e montagem dos balancins individuais (cadeirinhas) utilizadas para a etapa de limpeza da base, dos balancins leves que serão utilizados em uma primeira subida para finalizar a preparação da base, e, na sua primeira descida, a aplicação da camada de revestimento.

Durante a pesquisa de campo constatou-se que a primeira empresa locadora dos balancins não atendeu satisfatoriamente a obra quanto à correta montagem dos balancins leves, fazendo com que a construtora solicitasse ao empreiteiro a troca de fornecedor.

Para a montagem dos balancins, existe o projeto de montagem do próprio fornecedor e que é compatibilizado de acordo com a necessidade da obra, e com auxílio do departamento de coordenação de projetos da construtora.

3.4.1.3 Discussão da montagem dos equipamentos à luz das referências

Ambas as empresas utilizam balancins leves como suporte provisório para realizar as operações nas subidas e descidas, entretanto a empresa 'B', no início da preparação da base utiliza a cadeirinha suspensa individual e não os balancins, para a execução da limpeza da base. Entende-se que nessa substituição, sem causar nenhum detrimento quanto a técnica empregada para a limpeza da base, há a impressão do ganho de tempo de locação dos balancins em relação à cadeirinha.

A experiência deste autor, permite afirmar que o projeto de montagem dos balancins, usualmente fornecido pelos fornecedores desses equipamentos, varia quanto a sua qualidade de fornecedor para fornecedor. Por isto, a contratação exige cuidado e atenção. É comum ficar ao encargo da obra apenas a disposição e tamanho de cada balancim e, ainda, a fiscalização e liberação para a sua operação. Porém, no caso da empresa 'B', o fato dos balancins não serem contratados diretamente por ela, pode ter acarretado no atendimento precário, ao deixar o

fechamento de um item tão importante em responsabilidade de empreiteira terceirizada.

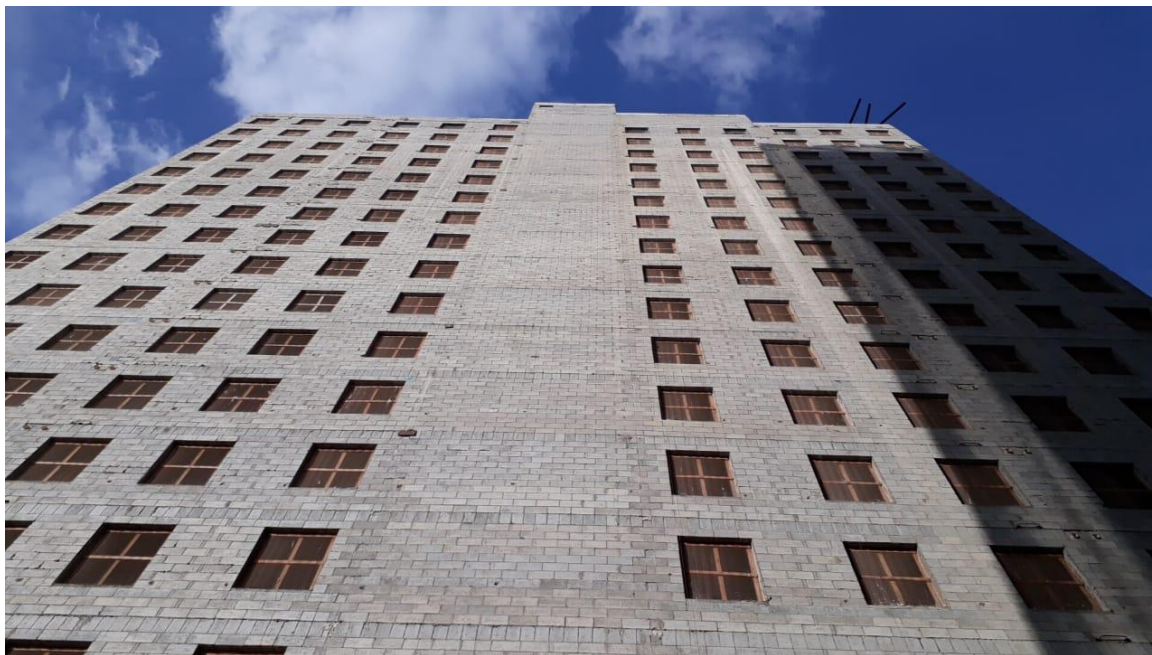
3.4.2 Início da preparação da base

3.4.2.1 Início da preparação da base da empresa 'A'

Já no início da preparação da base, é feita a limpeza grossa, removendo-se os excessos de argamassa entre os blocos da alvenaria, eventuais incrustações ou sujeiras, e corte das pontas de barras de aço utilizadas para ganchos de eixos de marcação e acerto de irregularidades maiores como eventuais buracos ou depressões na base.

A figura 13 mostra a situação da fachada antes do início da preparação da base, na torre 6 da obra dessa pesquisa de campo. Por ela é possível verificar a grande uniformidade da base com poucas irregularidades a serem corrigidas, para que na próxima etapa de descida dos balancins, antes da aplicação do chapisco, ser lavada por hidrojateamento.

Figura 13 – Base da fachada a ser preparada.



Fonte: foto tirada pelo autor durante pesquisa de campo dia 11/06/2019.

3.4.2.2 Início da preparação da base da empresa 'B'

O início da preparação da base na empresa 'B' é feita através do hidrojateamento da fachada, com a utilização de cadeirinhas suspensas individuais durante o que se considera a 1ª descida da fachada. Conforme mostra a figura 14, existem vigas que serão posteriormente chapiscadas, sendo apenas lavadas nessa etapa, como a base de alvenaria também é. Posteriormente, em uma etapa final de preparação, com o uso dos balancins, são cortadas as pontas de barras e fios de aço e a correção de irregularidades.

Figura 14 – Início da preparação da base.



Fonte: foto tirada pelo autor durante pesquisa de campo dia 27/06/2019.

3.4.2.3 Discussão sobre a preparação da base à luz das referências

A técnica de limpeza no início da preparação da base não apresenta diferença relevante entre as empresas, pois mesmo utilizando equipamentos e sequencias executivas diferentes, ambas lavam as suas fachadas e fazem a remoção de incrustações e de barras de ferro, por exemplo.

A sequência executiva e equipamentos utilizados são diferentes, sendo que na empresa 'B' não se utiliza balancim para limpeza, pois ela é realizada em uma

primeira descida com a utilização de cadeirinha suspensa, fazendo com que esta seja uma etapa muito mais breve.

3.4.3 Definição do plano de revestimento

3.4.3.1 Definição do plano de revestimento da empresa 'A'

Foi informado pelo engenheiro residente da obra, durante a pesquisa de campo, que foi executado o mapeamento da fachada em planilha feita pela equipe de engenharia da própria obra, sendo que os resultados de espessura da camada de revestimento, em média, foram entre 20 mm e 35 mm.

3.4.3.2 Definição do plano de revestimento da empresa 'B'

O mapeamento da superfície da fachada não foi identificado por este autor durante a pesquisa de campo na empresa 'B'. Embora tenha sido informado pelo engenheiro residente que seria executada a planilha com as espessuras da fachada, ele também informou que não era usual até então essa prática nas obras anteriores da empresa.

Como mostra a figura 15, é possível perceber que foram fixados arames já na posição do plano da camada de revestimento. Embora não seja uma prática recomendada, é informado pelo empreiteiro através de proposta comercial que a camada de revestimento seria executada de forma destorcida, ou seja, sem a necessidade de se aprumar o plano do revestimento.

Figura 15 – Recuo dos arames para execução do plano de revestimento da fachada.



Fonte: foto tirada pelo autor durante pesquisa de campo dia 27/06/2019.

3.4.3.3 Discussão da definição do plano de revestimento à luz das referências

O mapeamento da fachada e a definição de seu prumo são umas das principais características técnicas desse sistema, tanto para edifícios construídos em estrutura reticulada, como os em alvenaria estrutural. Entretanto, a alta precisão geométrica da alvenaria estrutural em um plano de fachada a ser definido, faz com que o mapeamento não se torne tão relevante, já que a variação é mínima e não há a necessidade de definições a serem tomadas quanto às imperfeições da base.

Porém, na visão deste autor, o mapeamento é importante na produção do revestimento, pois além de definir a medida exata da espessura da camada única,

funciona também como forma de controle quando da execução dessa camada do revestimento de argamassa.

3.4.4 Final da preparação da base

3.4.4.1 Final da preparação da base da empresa 'A'

Como finalização da preparação da base, foi utilizada a aplicação do chapisco, figura 16. O chapisco aplicado sobre bloco de concreto que é previamente lavado foi o industrializado para alvenaria, aplicado por projeção manual. Já onde a base é de estrutura de concreto (transição), foi utilizado o chapisco colante, aplicado com desempenadeira dentada.

Figura 16 – Chapisco utilizado na preparação da base na empresa 'A'.



Fonte: foto tirada pelo autor durante pesquisa de campo dia 11/06/2019.

3.4.4.2 Final da preparação da base da empresa 'B'

Na finalização do preparo da base, executado na 1ª subida, primeira etapa feita por balancins, executa-se o chapisco rolado apenas nas superfícies de concreto,

figura 17, utilizando o chapisco específico do fornecedor da argamassa de revestimento.

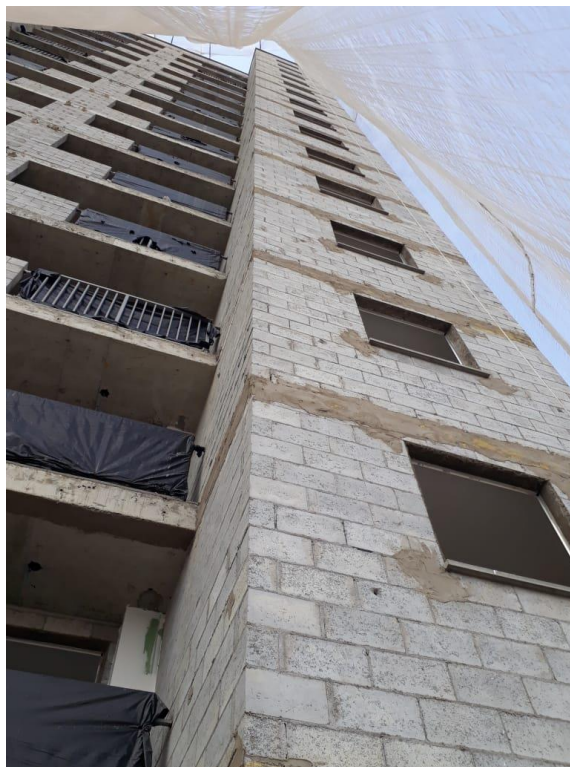
Como é mostrado também na figura 18, também antes da execução da camada de revestimento, é colocada tela de fibra de vidro conforme especificação do fabricante, com o uso da própria argamassa que compõe o revestimento, em todas as interfaces de lajes entre pavimentos e nas quinas dos vãos das janelas.

Figura 17 – Chapisco utilizado na preparação da base na empresa 'B'.



Fonte: foto tirada pelo autor durante pesquisa de campo dia 27/06/2019.

Figura 18 – Colocação de tela de reforço com argamassa na interface de lajes.



Fonte: foto tirada pelo autor durante pesquisa de campo 27/06/2019.

3.4.4.3 Discussão do final da preparação da base à luz das referências

A principal diferença entre os dois sistemas, se caracterizando por ser um dos aspectos principais, é que na empresa 'A' aplica-se chapisco aos blocos de concreto na fachada, enquanto na empresa 'B' ele é suprimido, ficando o chapisco restrito aos elementos estruturais de concreto (estrutura de transição e faixas de lajes).

A empresa 'A' realiza, entretanto, estudos através de ensaios técnicos para a possibilidade de suprimir também o chapisco para tratamento da base da fachada. Na empresa 'B' a não utilização do chapisco se dá pela garantia do próprio fornecedor da argamassa, que descreve o seu produto como um sistema, e, desde que seguido suas indicações, a camada de revestimento aplica-se diretamente sobre blocos de concreto.

3.4.5 Taliscamento da fachada e primeira demão

3.4.5.1 Taliscamento da fachada e primeira demão da empresa 'A'

Durante a pesquisa de campo foi identificado que a empresa 'A', além do mapeamento e de utilizar os arames como guia para o plano de revestimento, também faz a aplicação de taliscas, utilizando cacos cerâmicos que depois são retirados e substituídos pela argamassa de revestimento quando da execução do seu acabamento. A experiência do autor permite afirmar que o taliscamento da fachada é uma técnica fundamental para a garantia da espessura correta da camada de revestimento.

3.4.5.2 Taliscamento da fachada e primeira demão da empresa 'B'

O engenheiro da obra informou que para a execução do revestimento de fachada não se utiliza a prática de taliscar a fachada. A referência é feita a partir de um arame que é alinhado de cima à baixo da fachada, de maneira a atender a espessura mínima de revestimento de 10 mm até no máximo 15mm indicado pelo próprio fornecedor do material.

Nos pontos onde serão ultrapassadas a espessura máxima de 15 mm especificada pelo fornecedor, foi informado pela equipe técnica da obra que se faz necessário a aplicação nessa etapa, de uma primeira demão de argamassa, podendo ser dosada e preparada em obra, desde que, segundo o próprio fornecedor da argamassa, ela apresente resistência superficial de aderência à tração superior à 0,3 MPa.

3.4.5.3 Discussão do Taliscamento da fachada e primeira demão à luz das referências

Por experiência deste autor, em edifícios de alvenaria estrutural, apesar de se tratar de uma prática recomendada, é comum a dispensa do taliscamento prévio da fachada. Principalmente no caso da empresa 'B', como não há mapeamento e não se aprumam os arames, não faz muito sentido a existência de taliscas. Talvez por isso em obras de pequeno porte feitas por terceiros, exista a prática de se executar

a camada de argamassa se baseando apenas pelo conjunto de dois arames paralelos.

3.4.6 Execução da camada de revestimento de argamassa

3.4.6.1 Execução da camada de revestimento da empresa 'A'

Quanto à mistura da argamassa, existe uma central locada dentro do pavimento, como mostra a figura 19, que conta com um estoque mínimo de argamassa ensacada abastecido diariamente, misturador de capacidade de 510 kg para mistura mecânica, ponto de água e balde graduado para a dosagem indicada pelo fabricante do material.

Figura 19 – Produção da argamassa industrializada.



Fonte: foto tirada pelo autor durante pesquisa de campo dia 11/06/2019.

Após o transporte da argamassa, ela é distribuída às frentes da fachada através de funis por gravidade que chegam até os balancins. Cada balancim possui ao menos um pedreiro, o qual é responsável pela execução do revestimento. Conforme é possível identificar na figura 20 e 21, normalmente há 2 balancins alimentados por um único funil, onde 2 pedreiros trabalham em conjunto e descem igualmente o respectivo pano da fachada.

Figura 20 – Execução da camada de revestimento argamassa.



Fonte: foto tirada pelo autor durante pesquisa de campo dia 11/06/2019.

Figura 191 – Transporte da argamassa por funil ao balancim.



Fonte: foto tirada pelo autor durante pesquisa de campo dia 11/06/2019.

Quanto à aplicação da argamassa, foi utilizada projeção manual com colher de pedreiro, após definição do plano do revestimento e taliscamento da fachada, mostrado na figura 22. O acabamento da superfície da argamassa foi o

desempenado com utilização de desempenadeira de plástico, após o seu sarrafeamento.

Figura 20 – Aplicação e acabamento da argamassa.



Fonte: foto tirada pelo autor durante pesquisa de campo dia 11/06/2019.

3.4.6.2 Execução da camada de revestimento da empresa 'B'

Quanto a mistura da argamassa, segundo informado pelo engenheiro da obra, as centrais de preparo são montadas a cada pavimento de forma que seja possível transportar diretamente a argamassa até o balancim, e o transporte da argamassa ensacada é feito por meio dos elevadores para posterior preparo e aplicação.

A aplicação da argamassa é feita manualmente, conforme especificação do fornecedor do produto e deve ser realizada em duas etapas. Na primeira, a argamassa é aplicada com desempenadeira em uma camada fina de 2 mm a 3 mm,

comprimida ao substrato, e na segunda há a reaplicação do material com a primeira camada ainda úmida até que se atinja sua espessura final.

3.4.6.3 Discussão da execução da camada de revestimento à luz das referências

No que diz respeito ao transporte, tipo de fornecimento, preparo e aplicação da argamassa, não existem grandes diferenças. Ambas empresas utilizam argamassa industrializada ensacada, misturada mecanicamente, transportada por elevadores até as centrais e aplicadas manualmente.

Entretanto a forma de distribuição da argamassa aos balancins é bem diferenciada, uma vez que na empresa 'A', são utilizados funis por gravidade fixados nos peitoris das janelas para abastecimento dos balancins e na empresa 'B', planeja-se a não utilização de funis. Tal fato pode tornar mais difícil a distribuição das argamassas aos balancins na empresa 'B', assim como a adoção de centrais de mistura da argamassa que não são fixas em um determinado pavimento, podem afetar negativamente a produção.

3.4.7 Execução dos detalhes construtivos

3.4.7.1 Execução dos detalhes construtivos da empresa 'A'

Para os detalhes construtivos da fachada, conforme é possível ver na figura 24, foram executados todos os frisos horizontais e verticais previstos em projeto. Segundo o engenheiro da obra, destaca-se a utilização de tela galvanizada eletrosoldada como reforço em todos os frisos verticais como nas regiões de quinas dos vãos de todas as janelas, e nas interfaces dos frisos horizontais entre lajes nos 3 últimos e 3 primeiros pavimentos.

Figura 21 – Detalhes construtivos da fachada.



Fonte: foto tirada pelo autor durante pesquisa de campo dia 11/06/2019.

3.4.7.2 Execução dos detalhes construtivos da empresa 'B'

Na fachada da obra estão previstos frisos horizontais nas interfaces entre lajes de cada pavimento. No caso desse sistema de revestimento, não se aplica telas de reforço galvanizada, e sim telas de fibra de vidro. Essas telas são específicas do próprio fabricante da argamassa, sendo aplicadas em uma camada de 2 mm a 3 mm da própria argamassa, em todas as interfaces de lajes entre pavimentos, coincidindo com os frisos, como também nas quinas das janelas.

3.4.7.3 Discussão dos detalhes construtivos à luz das referências

No caso da obra da empresa 'A', a execução da tela de reforço é feita entre a camada da argamassa, na própria etapa de execução da camada de revestimento, diferencia-se assim, da aplicação da tela em fibra de vidro utilizada na obra da empresa 'B', que fica muito mais próxima da base e é aplicada antes da etapa da execução da camada de revestimento.

Outro aspecto diferente entre os detalhes do sistema, é que na empresa 'A' executa-se a pingadeira das janelas após o término da camada de revestimento, já na empresa 'B' executa-se antes da aplicação da camada de revestimento. Possivelmente esse fato possa ser resultado de que a espessura da camada de revestimento da empresa 'B' são menores e mais constantes do que na empresa 'A', pois para a execução da pingadeira é necessário conhecer qual o plano da camada única do revestimento.

3.5 Controle e recepção dos trabalhos

3.5.1 Controle e recepção dos trabalhos da empresa 'A'

A obra realiza os controles de execução de cada uma das etapas, conforme procedimento específico da empresa. São realizadas verificações da base, conferência do chapisco e do mapeamento da fachada e da técnica de produção da argamassa. Também será realizado por amostragem os ensaios de resistência à tração do revestimento após os 28 dias.

Além dessas etapas, após a conclusão da camada de revestimento de argamassa, segundo o engenheiro da obra, será contratada uma empresa terceirizada para realizar o serviço de verificação à percussão de todo revestimento de argamassa, que consiste na locação de um equipamento de suporte para que um funcionário treinado, através de batidas com martelo na camada de revestimento, possa identificar se há alguma área sem a aderência, identificada por um som cavo quando da batida.

3.5.2 Controle e recepção dos trabalhos da empresa 'B'

A empresa 'B' realiza o registro e inspeção conforme seu procedimento do sistema de gestão da qualidade, conforme FVS mostrada na figura 25, sendo essa a única base de registro do que se é inspecionado.

No que se refere à verificação da aderência por ensaios de percussão ou de resistência de aderência à tração do revestimento, não foi identificado registro de como será executada essas inspeções.

Figura 22 – FVS da empresa 'B'.

FVS - REVESTIMENTO DE FACHADA EM ARGAMASSA													
OBRA:			LOCAL DE INSPEÇÃO:										
Amostragem: 100% do serviço			LOCAL										
ETAPA	VERIFICAÇÃO	TOLERÂNCIA											
Limpeza da base	Verificar a escovação e lavagem da estrutura e da alvenaria, a eliminação de pontas de ferro e aplicação de zarcão, o preenchimento de furos e o encunhamento pelo lado externo com argamassa, visualmente.	–											
Chapisco	Verificar se o tipo está correto e aplicado de maneira uniforme sobre a estrutura e a alvenaria. Verificar a resistência superficial (não deve desagregar)	–											
Planicidade do revestimento	Com régua de alumínio de 2m	desvio máx. 2mm											
Quinas e cantos	Verificar a linearidade e regularidade das quinas e cantos, visualmente. Verificar o esquadro, utilizando o esquadro de 60 x 80 x 100 cm	2mm para esquadro											
Frisos/ Juntas	Verificar a posição, nivelamento, alinhamento e a profundidade de frisos/ juntas utilizando nível, linha e trena.	desvio máx. 3mm											
Acabamento superficial	Verificar rugosidade inadequada, presença de fissuras ou desagregação do revestimento.	–											
Limpeza do ambiente	A plataforma de segurança deve ser limpa regularmente sem excessos de argamassa e entulhos.	–											
Legenda	 Não Inspeccionado  Em Inspeção (Bloqueado)  Inspeccionado com Pêndencias  Em Inspeção (Parcialmente Bloqueado)  Pavimento Selecionado  Inspeção Concluído												

Fonte: imagem capturada pelo autor durante pesquisa de campo dia 27/06/2019.

3.5.3 Discussão do controle e recepção dos trabalhos à luz das referências

Embora não tenha sido possível comparar os documentos entre as construtoras, pode-se afirmar que em ambos sistemas não existem registros que destaquem a efetiva verificação por teste à percussão do revestimento da fachada. Quanto aos resultados dos ensaios de resistência de aderência à tração, também não foi identificado nenhum campo ou relatório a ser preenchido com os valores de resultados obtidos. Sendo assim, também não há uma determinação da amostragem total dos ensaios a serem realizados tanto na empresa 'A' como na empresa 'B'.

Conforme a ABNT NBR 13749/2013 além da inspeção por aspecto visual, prumo, nível e planeza, é necessário inspecionar o revestimento quanto a sua aderência, essa norma prevê para isso os ensaios à percussão, avaliando áreas de 1 m² a cada 50 m² pelo menos, e também quando se julgar necessário, em área suspeita, a execução de ensaios de resistência de aderência à tração a cada 100 m² dessa área. Embora existam esses preceitos normativos, não foi identificado em nenhuma das empresas a aplicação das amostras conforme esse critério quanto ao ensaio de resistência de aderência a tração.

4. ANÁLISE CRÍTICA DAS PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO DAS EMPRESAS ESTUDADAS

Tendo em vista o que foi exposto no capítulo 3, é possível realizar uma análise entre os sistemas de produção das empresas construtoras 'A' e 'B', analisando criticamente em relação à literatura estudada. O quadro 8 traz um resumo das principais diferenças, por etapas do sistema, entre cada uma das empresas.

Quadro 8 – Resumo das diferenças entre os sistemas das empresas 'A' e 'B'.

ETAPA	EMPRESA 'A'	EMPRESA 'B'
1) Projeto do produto do revestimento.	Ambos utilizam revestimento de argamassa para recebimento de textura acrílica.	
	Espessura da camada mínima de 20 mm.	Espessura da camada entre 10 e 15 mm.
2) Projeto do processo de produção.	Procedimento específico e projeto feito por consultor especializado.	Procedimento do fornecedor de argamassa, sem projeto específico.
	Sequência executiva: 2 subidas de balancins e 2 descidas de balancins	Sequência executiva: 1 descida de cadeirinha; 1 subida de blancim e 1 descida de balancim
	Execução de painel teste com ensaio de resistência de aderência tração, feito por laboratório terceirizado.	Execução de painel teste com ensaio de resistência de aderência tração, pelo próprio fornecedor da argamassa.
3) Planejamento tático e operacional.	Possui controle e desenvolvimento de planejamento por equipe própria.	Desenvolvimento do planejamento feito por empresa terceirizada.
	Fachadas de 3 edifícios (17 pav.) em execução sequencial.	Fachadas de 2 edifícios (15 pav.) em execução simultânea.
	Mão de obra própria para a execução do revestimento de argamassa em fachada e contratação direta de material e equipamento.	Empresa terceirizada para a execução do revestimento de argamassa em fachada, incluso mão de obra, material e equipamento.
4) Operações físicas.	Para preparação da base: utiliza chapisco em blocos de concreto.	Para preparação da base: não utiliza chapisco em blocos de concreto.
	Utiliza mapeamento e taliscamento da fachada.	Abre mão do taliscamento da fachada (recuo de arames).
	Utiliza tela de reforço galvanizada na execução da camada de revestimento.	Utiliza tela de fibra de vidro como tratamento final da base do revestimento.
	Nas interfaces das lajes de pavimentos utiliza bloco J, suprimindo o tratamento em superfície de concreto.	Nas interfaces das lajes de pavimentos faz tratamento com utilização de chapisco rolado e tela de fibra de vidro.
	Executa pingadeira de janelas moldadas no local, após a camada de revestimento.	Executa pingadeira de janelas moldadas no local, antes da camada de revestimento.
5) Controle e recepção dos trabalhos.	Contratação de empresa terceirizada para ensaios do revestimento à percussão e de resistência de aderência à tração.	Não abordado plano para ensaios de aderência e percussão da fachada.

Fonte: Autoria própria.

4.1 Projeto do produto do revestimento

A pesquisa demonstrou que a especificação da espessura da camada única de revestimento exerce grande impacto em diversas outras etapas do sistema, tanto positivamente como negativamente.

Essa baixa espessura da camada de revestimento causada pela regularidade geométrica dos edifícios de alvenaria estrutural, por exemplo, pode ter levado à um entendimento equivocado por parte do meio técnico, na tentativa de cada vez mais pular etapas necessárias. No caso da obra da empresa 'B', objeto dessa pesquisa, pode ter levado ao pensamento de que seria desnecessário realizar o mapeamento e taliscamento da fachada, já que as espessuras são normalmente baixas e constantes.

Em contrapartida, garantir que se tenha um revestimento de baixa espessura e de forma uniforme, pode ajudar na antecipação da execução das pingadeiras das janelas, como feito na empresa 'B', ao invés de executa-las depois do revestimento pronto como o que ocorreu na empresa 'A'.

No entanto, a espessura de 10 mm a 15 mm está abaixo da espessura mínima indicada pela norma ABNT NBR 13749/2013, a qual considera como adequada a espessura da camada de revestimento em paredes externas entre 20 mm e 30 mm. Nesse sentido, com o emprego de um maior rigor na elevação das alvenarias do edifício, o desafio seria ter um desaprumo de até 10 mm.

4.2 Projeto do processo de produção

A empresa 'A' em relação a empresa 'B' apresenta um maior grau de investimento e uma elaboração mais extensa e aprimorada dos seus elementos do projeto de produção, principalmente no que tange a necessidade da implementação de uma tecnologia construtiva racionalizada dos revestimentos de argamassa em fachadas.

Tal investimento na prática de projetos especificamente elaborados para a produção do revestimento, na opinião deste autor, é resultado do emprego em seu sistema de produção, de métodos construtivos mais consagrados dentro da

tecnologia do revestimento de argamassa em fachadas. Em contrapartida a empresa 'B' optou por métodos inovadores com base no produto de um fornecedor específico de argamassa, com um sentido de supressão de certos elementos e etapas, que embora possam ser tecnicamente viáveis, podem comprometer a boa prática da técnica construtiva.

Na visão deste autor, para a empresa 'B' o que mais preocupa é não usar o seu potencial de conhecimento técnico para desenvolvimento dessa tecnologia, tendo que lançar mão de métodos desenvolvidos pelo fornecedor de um componente do sistema. Esse tipo de prática pode dirimir a capacidade tecnológica da empresa construtora sobre o domínio do seu sistema de produção de revestimentos de fachadas.

Completando essa análise crítica, na empresa 'B', a sua metodologia de ensaios para validação da argamassa carece de alguns conceitos importantes como a análise de diferentes painéis executados considerando todas as situações de base, laboratório isento para execução do ensaio e acompanhamento dos departamentos envolvidos com a qualidade no processo em questão.

4.3 Planejamento tático e operacional

Embora a empresa 'B' terceirize o controle e acompanhamento do planejamento físico da obra, a coordenação junto à engenharia da obra são responsáveis pelas definições dos recursos a serem empregados, bem como pela programação da equipe de produção.

A sua estratégia de plano de ataque às duas torres com equipe de mão de obra terceirizada é bem adequada às necessidades de prazo da obra, entretanto, a terceirização com materiais por conta do fornecedor, inclusive equipamentos chave, como os balancins, por exemplo, pode comprometer o domínio sobre todo o planejamento realizado.

4.4 Operações físicas

O fato da empresa 'B' não utilizar chapisco para a preparação da base de alvenaria de blocos de concreto, deve-se pela utilização de um sistema de revestimento que advém de um fabricante da argamassa, que diz ser dispensável o chapisco desde que o revestimento seja executado conforme suas especificações. Nesse sentido, a empresa 'A' realiza pesquisas tecnológicas para suprimir a etapa de chapisco. Devido a ter contratado um fornecedor de argamassa exclusivamente como componente, e não do sistema do revestimento, ela procura assim, realizar a sua definição própria dessa parte do sistema de produção.

Foi verificado que uma das principais diferenças nas operações físicas é quanto a etapa de definição do plano de revestimento entre as empresas 'A' e 'B', já que uma aplica as etapas de maneira adequada enquanto a outra tende a pular essas etapas. É perceptível pela pesquisa que essa etapa de mapeamento para definição do plano de revestimento da fachada, acaba sendo certas vezes ignorada em edifícios de alvenaria estrutural. Provavelmente pela sua regularidade geométrica e aparente facilidade de executar a camada do revestimento, surjam paradigmas que dificultam a aplicação de técnicas corretas como o taliscamento da fachada e medição dos arames para mapeamento

Foi identificado também que as telas de reforço são encaradas mais como um detalhe construtivo do que como uma etapa da preparação da base ou execução da camada de revestimento. Isso se dá muito provavelmente por não haver um consenso sobre a técnica de utilização das telas, até mesmo entre projetistas. Por experiência deste autor, mesmo quando da elaboração de projetos em situações muito semelhantes, existem conflitos de quais os locais e em quantos e em quais pavimentos devem ser aplicadas as telas. Esse fato se agrava ainda mais, como visto nesta pesquisa de campo, pela existência de telas de diferentes materiais, dimensões e características.

A produção da laje com blocos J, ou seja, sem a interface em superfície de concreto, é um fator determinante para uma combinação de um sistema sem chapisco. Na empresa 'A' por exemplo, caso venha a ser suprimido o chapisco, a

obra dispensará por completo esse material, além disso, a supressão dessa etapa, pode também aumentar a produtividade global da obra.

Por fim, o fato da empresa 'B' ter optado por um fornecedor com um sistema próprio de revestimento, com possibilidade de fornecimento de apenas um tipo específico de argamassa industrializada ensacada, deixa obra impossibilitada de optar por outros tipos de fornecimento. Enquanto isso, a empresa 'A', pode obter diversos tipos de fornecimento de argamassa, no caso da obra pesquisada, seria possível utilizar argamassa industrializada em silos, por exemplo, desde que previamente validada pela equipe de desenvolvimento tecnológico.

4.5 Controle e recepção dos trabalhos

No caso do controle e recepção dos trabalhos, a empresa 'A' possui um grande diferencial, devido à contratação de uma empresa terceirizada para realização dos ensaios a percussão. Além disso, ela contrata também laboratório especializado para realização dos ensaios de resistência de aderência à tração do revestimento.

É imprescindível, por experiência deste autor, que as empresas construtoras tenham o domínio e conhecimento da importância desses ensaios; entretanto, se trata de um ensaio de produto final, ou seja, detectará eventuais problemas já incorporados ao revestimento, sendo depois necessário, caso sejam encontradas anomalias, a sua recomposição integral ou mesmo parcial. Sendo assim, é perceptível a grande relevância do controle etapa a etapa, de cada uma das operações do sistema.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nas empresas construtoras, as quais tem o seu processo construtivo voltado para o segmento de edifícios em alvenaria estrutura, nota-se que hoje vem sendo renovado o sistema de produção do revestimento de argamassa em fachadas, não como uma inovação tecnológica, mas sim como uma consolidação das diferentes técnicas e métodos que podem ser empregados para a produção dessa parte do edifício.

Verificou-se nesta pesquisa que as etapas de gestão têm grande impacto nas definições acerca da produção nas empresas construtoras e também no seu desenvolvimento tecnológico. Sendo assim, foram analisadas as principais características dos sistemas de produção em empresas diferentes, na tentativa de consolidar os conhecimentos técnicos que levassem a uma melhor racionalização do sistema.

As análises feitas no capítulo 4, considerando o estudo de caso das duas empresas construtoras, evidenciaram que além do porte e características das obras influenciarem nas definições do sistema, as características intrínsecas das empresas construtoras também influenciam, tais como a cultura de seus gestores e integrantes do corpo técnico, a sua departamentalização e seus procedimentos organizacionais. Todos esses fatores acarretam em decisões acertadas ou equivocadas sobre as operações de gestão e consequentemente nas operações físicas da obra.

As definições tomadas com base em dados de mercado apenas, como também a falta de um desenvolvimento tecnológico sistêmico, levam a situações como a da empresa 'B', tendo de recorrer à tecnologia de um fornecedor e não da sua própria empresa construtora. Sendo assim, qualquer comprometimento quanto à falta de desempenho provocada por uma espessura de revestimento de fachada abaixo da dimensão prevista em norma vigente, pode levar a consequências sem que exista de fato uma responsabilização técnica bem definida.

Pode-se concluir então, que uma empresa tende a levar uma maior ou menor vantagem técnica em relação à outra, de acordo com o grau de conhecimento tecnológico investido para as definições aplicadas ao sistema de produção. Isso por que, como visto nos sistemas de revestimento de argamassa em fachadas

apresentados neste trabalho, certas definições podem levar à retrocessos no desenvolvimento tecnológico, que acarretará no detrimento das técnicas construtivas mais adequadas, podendo causar perda de racionalização construtiva e de futuro desempenho quanto às funções que o sistema de revestimento deve proporcionar.

O estudo de caso deste trabalho atendeu parcialmente às suas expectativas, uma vez que a pesquisa se dá em torno de um sistema de produção que abrange etapas que demandam um longo ciclo para estarem completas. Embora tenha sido conclusiva as etapas da pesquisa, não foi possível na empresa 'B' realizar a pesquisa com a obra em suas etapas completas da camada de revestimento e recepção dos trabalhos; já na empresa 'A', pelo fato da obra ser faseada, foi possível identificar mais de uma etapa de uma única vez. Entretanto essa parcial falta de informações, procurou ser compensada através da experiência profissional e vivência deste autor na produção dos revestimentos de argamassa em fachadas de obras passadas.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND (ABCP). **Manual de revestimento de fachada**. Salvador: Comunidade da Construção. [s.n.], 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 7200: Execução de revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas - Procedimento**. Rio de Janeiro: [s.n.], 1998.

_____. **NBR 13281: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Requisitos**. Rio de Janeiro: [s.n.], 2005.

_____. **NBR 13528: Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Determinação da resistência de aderência à tração**. Rio de Janeiro: [s.n.], 2010.

_____. **NBR 13529: Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Terminologia**. Rio de Janeiro: [s.n.], 2013.

_____. **NBR 13749: Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Especificação**. Rio de Janeiro: [s.n.], 2013.

_____. **NBR 13755: Revestimentos cerâmicos de fachadas e paredes externas com utilização de argamassa colante – Projeto, execução, inspeção, aceitação**. Rio de Janeiro: [s.n.], 2017.

_____. **NBR 15258: Argamassa para revestimento de paredes e tetos – Determinação da resistência potencial de aderência à tração**. Rio de Janeiro: [s.n.], 2010.

_____. **NBR 15575-4: Edificações Habitacionais – Desempenho – Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas – SVVIE**. Rio de Janeiro: [s.n.], 2013.

_____. **NBR 15630: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação do módulo de elasticidade dinâmico através da propagação de onda ultrassônica.** Rio de Janeiro: [s.n.], 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS GESTORES E COORDENADORES DE PROJETO (AGESC). **Manual de escopo de projeto e serviços de revestimento.** 2° Edição, 2012.

ASANO, Naira Ery. **Tecnologia construtiva de revestimento externo de argamassa com projeção contínua.** São Paulo, 2016. 139 p. Dissertação (mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil.

BAÍA, Luciana Leone Maciel; SABBATINI, Fernando Henrique. **Projeto e execução de revestimento de argamassa.** Série: Primeiros passos da qualidade no canteiro de obras. São Paulo: O Nome da Rosa, 2002.

BARROS, Mércia Maria Bottura. **Metodologia para implantação de tecnologias construtivas racionalizadas na produção de edifícios.** São Paulo, 1996. 422 p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil.

BAUER, Elton; REGUFFE, Marcelo; NASCIMENTO, M. L. M., CALDAS, L. R. **Requisitos das argamassas estabilizada para revestimento.** Porto Alegre, 2015. 15 p. In XI Simpósio Brasileiro das Tecnologias das Argamassas.

BRITEZ, Alexandre Amado. **Diretrizes para especificação de pinturas externas texturizadas acrílicas em substrato de argamassa.** São Paulo, 2007. 148 p. Tese (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil.

CARDOSO, Francisco. **Stratégies d'entreprises et nouvelles formes de rationalisation de la production dans le bâtiment au Brésil et en France.** Paris, 1996. 473p. Tese (doutorado). École Nationale des Ponts et Chaussées.

CEOTTO, Luiz Henrique; BANDUK, Ragueb C.; NAKAKURA, Elza Hissae. **Revestimento de argamassas. Boas práticas em projetos, Execução e avaliação.** Porto Alegre: ANTAC, 2005. 96 p. Recomendações técnicas Habitare, v.1.

CRESCENCIO, Rosa M.; BARROS, Mercia Maria Semensato Bottura de. **Revestimento decorativo monocamada: produção e manifestações patológicas.** São Paulo, 2005. 37 p. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP - Departamento de Engenharia da Construção Civil, BT/PCC/389.

DIOGO, Gabriela Mello Quina. **Análise e proposta de melhorias no processo de produção dos revestimentos de argamassa de fachadas de edifícios.** São Paulo, 2007. 178 p. Tese (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil.

DUALIBE, R. P.; CAVANI, G. R.; OLIVEIRA, M. C. B. **Influência de tipo de projeção da argamassa na resistência de aderência à tração e permeabilidade à água.** Florianópolis, SC. In: Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas, 6. 508-517 p. Anais... Florianópolis, SC: ABAI/ANTAC, 2005.

FERNANDES, Heloísa Cristina; JOHN, Vanderley Moacyr. **Estimativa da energia de lançamento das argamassas projetadas por spray a ar comprimido.** 2007.[s.n.], São Paulo, 2007.

LIMA JR., João da Rocha. **Gerenciamento na construção civil: uma abordagem sistêmica.** São Paulo, 1990. 47 p. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP - Departamento de Engenharia da Construção Civil, BT – 27/90.

MACIEL, L. L.; MELHADO, S. B. **Diretrizes para o detalhamento do projeto de revestimento de argamassa de fachada.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DE ARGAMASSAS, 3. Vitória, 1999a. p. 769-780.

MASCARENHAS, Ligia. **Gestão da produção de revestimentos de argamassa para fachada de edifícios de múltiplos pavimentos**. São Paulo, 2017. 93 p. Monografia (Especialização em Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil.

NR, Norma Regulamentadora Ministério do Trabalho e Emprego. **NR-18 - Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção**. 2009.

PASTOR JR., Roberto. **Diretrizes para planejamento operacional no canteiro de obras**. São Paulo, 2007. 97 p. Monografia (Especialização em Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil.

SABBATINI, Fernando Henrique. **Desenvolvimento de métodos, processos e sistemas construtivos – Formulação e aplicação de uma metodologia**. São Paulo, 1989. 321 p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil.

ZANELATTO, Kátia Cristina. **Avaliação da influência da técnica de execução no comportamento dos revestimentos de argamassa aplicados com projeção mecânica contínua**. São Paulo, 2012. 123 p. Dissertação (mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil.

APÊNDICE A – Roteiro para pesquisa de campo sobre o sistema de produção do revestimento da fachada

Na pesquisa de campo, foram abordados os seguintes itens, para cada uma das etapas do sistema de produção:

1. Projeto do produto:
 - 1.1. Tecnologia de revestimento adotada;
 - 1.2. Especificações do projeto do revestimento.
2. Projeto para produção:
 - 2.1. Elaboração do projeto do processo de produção;
 - 2.2. Diretrizes utilizadas nesse projeto;
 - 2.3. Elementos integrantes do projeto.
3. Planejamento tático e operacional:
 - 3.1. Elaboração e definições do planejamento tático;
 - 3.1.1. Processo de aquisição dos materiais e equipamentos;
 - 3.1.2. Contratação de mão de obra, própria ou terceirizada.
 - 3.2. Elaboração e definições do planejamento operacional;
 - 3.2.1. Programação dos materiais e equipamentos;
 - 3.2.2. Programação da equipe de mão de obra.
4. Operações Físicas:
 - 4.1. Validação da argamassa de revestimento (painel teste);
 - 4.2. Execução do equipamento de suporte provisório;
 - 4.3. Execução da preparação da base;
 - 4.4. Execução do plano de revestimento e taliscamento da fachada;
 - 4.5. Execução da camada de revestimento;
 - 4.5.1. Tipo de fornecimento e preparo da argamassa;
 - 4.5.2. Transporte da argamassa;
 - 4.5.3. Aplicação da argamassa;
 - 4.5.4. Tipo de acabamento da camada única de argamassa;
 - 4.5.5. Detalhes construtivos.
5. Controle da produção e recepção dos trabalhos:
 - 5.1. Controle dos trabalhos durante a execução;
 - 5.2. Inspeção dos trabalhos através de ensaios.