

**Processo de Produção de Revestimento de Fachada de Argamassa:
Problemas e Oportunidades de Melhoria**

Fernanda Nepomuceno Costa

Orientadora: Angela Borges Masuero

Orientador: Carlos Torres Formoso

Porto Alegre

outubro 2005

FERNANDA NEPOMUCENO COSTA

**Processo de Produção de Revestimento de Fachada de Argamassa:
Problemas e Oportunidades de Melhoria**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia na modalidade Acadêmico

Porto Alegre
outubro 2005

C837p Costa, Fernanda Nepomuceno
Processo de produção de revestimento de fachada de argamassa:
problemas e oportunidades de melhorias / Fernanda Nepomuceno
Costa. – 2005.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do
Sul. Escola de Engenharia. Programa de Pós-Graduação em Engenha-
ria Civil. Porto Alegre, BR-RS, 2005.

Orientação: Prof^a. Dra. Angela Borges Masuero
Prof. Ph.D. Carlos Torres Formoso

1. Revestimento de argamassa. 2. Gestão de processos. 3. Indica-
dores de desempenho. I. Masuero, Angela Borges, orient. II. Formo-
so, Carlos Torres, orient. III. Título.

CDU-69:658(043)

FERNANDA NEPOMUCENO COSTA

**Processo de Produção de Revestimento de Fachada de Argamassa:
Problemas e Oportunidades de Melhoria**

Porto Alegre, 7 de outubro de 2005

Profª Angela Borges Masuero
Drª pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Orientadora

Profº Carlos Torres Formoso
Ph.D. pela Salford University, Grã Bretanha
Orientador

Profº Luis Carlos Bonin
Msc. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Colaborador

Fernando Schnaid
Profº Ph.D. pela Oxford University, Inglaterra
Coordenador do PPGEC/UFRGS

BANCA EXAMINADORA

Profª Mércia Maria Semensato Bottura de Barros (USP)
Drª pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

Profª Denise Carpena Coitinho Dal Molin (UFRGS)
Drª pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

Profº Eduardo Luis Isatto (UFRGS)
Dr. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

**Dedico este trabalho à minha mãe, Maria da Glória, e a meu grande amor e
melhor amigo, Marcelo.**

AGRADECIMENTOS

Às empresas de construção civil de Porto Alegre (engenheiros civis, operários e funcionários, em especial a Selmo Fortes) que me receberam nas obras de forma calorosa (a "baianinha", como muitos costumavam se referir) e com grande respeito e profissionalismo e à Comunidade da Construção, apoiadora das pesquisas as quais fiz parte.

Ao excelente profissional e orientador Carlos Torres Formoso, pessoa amiga, extraordinária, competente, sábia, pelo qual tenho profunda admiração.

À Angela, minha querida orientadora (sempre carinhosa), e Bonin (brilhante, talentoso e por ser uma das peças mais multidisciplinares que já conheci) por confiarem em meu trabalho e em minhas capacidades.

Aos demais professores do Norie: Denise Dal Molin, Carin Schmitt, Miguel Sattler, Eduardo Isatto e Tarcísio Saurin (da Produção) pela grande contribuição e esforço na busca da melhoria da nossa tão amada engenharia, e à maravilhosa Simone e ao Luiz Carlos, funcionários atenciosos e competentes.

Aos amigos e colegas do NORIE, em especial aos do Grupo de Materiais e de Gerenciamento, com os quais mais convivi: Geilma Vieira (grande amiga de todas as horas, maior pesquisadora do munnnnnndoooo!), Daniel Pagnussat, Cristiane Pauletti, Simone Venquiaruto, Francieli, Alexandre, Fábio Schramm (pelo socorro na revisão de literatura), Renato das Neves, Alana, Elvira Lantelme, Fabrício Cambraia, Luciana Miron, Paulo Jorge (uma fofura de angolano), Dayana e Cristóvão (companheiros baianos de moqueca, acarajé e de uma boa farinha), e aos colegas da minha turma de Mestrado 2003, Helenize Lima (companheira de partilha de ansiedades e emoções), Fernanda "Red" e Fernanda Leite (haja Fernanda!), Daniel Pinho, Flávia Poetsch, Bernardo Tutikian, Marcel Trescastro, Ana Rosa, Elaine Moreira, Edna Possan, entre outros.

Aos amigos do Norie Esporte Club, pelas quartas-feiras inesquecíveis e desestressantes: as gurias, Adriana, Aline Barroso, Baixinha, Crissi, Dayana, Denise Pithan, Fabiane, Geilma, Juliana (às vezes pisando na bola, ao pé da letra, e dando graça ao Fut feminino), Lisiane e Patrícia e os guris, Ângelo, Daniel, Gugão, Guguinha, Leandro, Morello e outros.

Às pessoas que conheci em Porto Alegre, gente boa de todas as partes do Brasil: Mara, Raquel, Carla, Carol e os guris e as gurias do IPH, em especial Ruberto, Nilson e Fernando.

Aos companheiros de AP, nos vários endereços: Aline Barroso (delicadeza de pessoa), Teresa (grande amiga, pessoa muito querida), Regina, Lula (pelos Oooiiiiis!, sempre animadores) e Rodrigo.

Aos amigos da Igreja Senhor do Bom Fim (Sandra e seus filhos Naná, Kauê – nosso futuro padre - e Nina, Rose, Divino e Bruna, carinhosos e grandes amigos, Padre Fridolino e Padre Pedro), das missas dos domingos e do Grupo de Cantores (nem sempre afinados! mas cantando muito, porque quem canta reza duas vezes), em especial Maria Eliana, nossa professora, Eneida, Eva, Carlos André (Piauí) e Terezinha.

Aos amigos e irmãos do GOU Bom Fim (Grupo de Oração Universitário da Renovação

Carismática Católica): Lilia, Marquito e Tácia, Duda e Liege (casal lindo), Marquel e sua mãe, Maria Soleci, Alexandre, Jones (humildade de pessoa, sr. Toca de Assis), Ana Paula, Jorge (Cerro Largo), Rafael (Pelotas), Olinda, Rodrigo, Mariana e os estrangeiros, Wilfrido, José, Mônica e Oscar, pelos lindos louvores e grandes momentos de fé e espiritualidade.

À minha mãe gaúcha e grande amiga, Eneida Galvão, por toda amizade, carinho e preocupação (pelas dicas contra o terrível frio, pelos cobertores emprestados, pelas deliciosas sopinhas, etc.) e a seu esposo Dalton, gaúcho nato.

Aos professores da minha querida UEFS, faculdade onde adquiri conhecimento e crescimento profissional com ensinamentos dos meus adoráveis professores: Tamara, Cristóvão, Washington Moura, Geraldo Barros, Zé Carlos, Zorzo, Areobaldo, Eufrozina e outros.

À Fabio Andrade, meu colega de graduação e de mestrado, pelo incentivo de coragem para ir estudar numa cidade tão distante da minha terra e, posteriormente, por me mostrar quão difícil é encontrar e manter verdadeiras amizades.

Aos amigos da Bahia pelas conversas de força e perseverança: Tamara, Gabriel, Lilian, Cacau, Nádia, Aline, Yrlayde e meus vizinhos e padrinhos de casamento, Adriana e Fernandes.

À minha família, minha "pãe" Maria da Glória, irmãos (Ricardo, Joana e Cristiane), sobrinhos (Júnior, Samara e Glorinha e Aninha, Ricardinho e Geovana) e à família de Marcelo, (D. Cleunice, minha sogra, Aroldão, meu sogro, Alex e Rose, Zé, Sérgio e Verusca, tia Du e filhos, etc.) por terem compreendido a minha ausência e me apoiado a não desistir, diante de tantas dificuldades (principalmente adaptação quanto ao frio e à diferente culinária e pela falta de bolsa-auxílio durante 15 meses de mestrado).

Ao meu grande amor, Marcelo Costa, meu esposo e melhor amigo, pessoa mais especial que já conheci, por todo amor, compreensão, carinho e força em todos os momentos difíceis da minha vida, por todas as alegrias que já vivemos e por este bebê que está a caminho.

Acima de tudo, ao meu Deus, que me deu ânimo, força e coragem para enfrentar todas as dificuldades, principalmente durante meu primeiro ano de mestrado, no qual além de enfrentar dificuldades emocionais passei por restrições financeiras ocasionadas pela injusta distribuição de bolsas.

Ainda, infelizmente, lembro do capitalismo selvagem que sempre vem provando ter grande força sobre as causas mais justas, onde a distribuição de renda e apoio aos mais desfavorecidos permanece em segundo plano, e por favorecer para que os ricos tornem-se mais ricos e os pobres cada vez mais pobres e sem direito a moradia, educação, saúde, lazer, cultura e emprego digno.

E, por fim, a todos aqueles que na mais profunda humildade e sinceridade torceram para que eu finalizasse com garra e sucesso mais esta etapa da minha vida.

Obrigada!!! Que Deus reconheça a participação de cada um nesta conquista e na busca pela paz, união e amor entre as pessoas.

"Buscai primeiro o reino de Deus e a sua justiça e todas as demais coisas lhe serão acrescentadas"

Mateus 6.33

"Não se mede o valor de um homem pelas suas roupas ou pelos bens que ele possui. O verdadeiro valor de um homem é o seu caráter, as suas idéias e a nobreza de seus ideais."

Charles Chaplin

RESUMO

COSTA, Fernanda Nepomuceno. Processo de produção de revestimento de fachada de argamassa: problemas e oportunidades de melhoria. 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre.

A argamassa é um material largamente utilizado na construção civil, desempenhando diversas funções. Entretanto, muitas falhas vêm sendo observadas nos revestimentos de argamassa, principalmente nas fachadas. O aparecimento de manifestações patológicas em um edifício compromete a sua estética e o conforto ambiental, ocasionando uma desvalorização do mesmo perante o mercado, aumento insatisfação dos usuários e também elevados gastos com reparos e manutenção. Outro problema é a grande incidência de perdas de materiais, que resultam em prejuízos financeiros às empresas, além de acarretar a geração de entulho, que muitas vezes não recebe o devido tratamento e disposição final, tendo um impacto negativo também no meio ambiente.

O objetivo dessa dissertação é identificar as causas do baixo desempenho de revestimentos de fachada de argamassa em edifícios e propor diretrizes para melhoria deste processo. Foram desenvolvidos oito estudos de caso em empresas construtoras de Porto Alegre - RS. Para a coleta de dados foram utilizadas várias ferramentas de descrição de processos e de avaliação do seu desempenho.

Os principais resultados indicaram uma série de problemas no processo: alta variabilidade nas espessuras de revestimento, nos traços utilizados durante a confecção das argamassas e nos métodos de produção, inclusive dentro de uma mesma obra, elevadas perdas de materiais e de mão-de-obra, baixa produtividade, decorrente do inadequado dimensionamento das equipes de produção e de problemas no sistema de movimentação e armazenamento de materiais, e manifestações patológicas em revestimentos recentemente concluídos. Ao final do trabalho, é proposto um método de avaliação do processo de revestimento de argamassa em fachadas, são identificadas e descritas boas práticas introduzidas pelas empresas e são sugeridas melhorias no processo estudado.

Palavras-chave: revestimento de argamassa, fachada, gestão de processos, indicadores de desempenho, boas práticas, perdas

ABSTRACT

COSTA, Fernanda Nepomuceno. Processo de produção de revestimento de fachada de argamassa: problemas e oportunidades de melhoria. 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre.

Mortar is a widely used material in various functions in the construction industry. Nevertheless, many fails have been observed in rendering, mainly in façades. The incidence of building pathologies negatively affects its aesthetics and environmental comfort, and may result in a reduction of its market value, low degree of user satisfaction, and also high repair and maintenance costs. Another problem is the high incidence of materials waste, that causes financial losses, as well as generates site waste, which often does not receive an adequate treatment and final disposal, having also a negative impact in the environment.

The main objective of this dissertation is to identify the main causes of low performance of building external rendering in mortar and to propose guidelines for improving this process. Case studies were carried out in eight different construction companies from Porto Alegre – RS. Several data collection tools were used for describing the main processes involved and assessing their performance.

The investigation pointed out the problems in this process: high variability in rendering thickness, in mortar proportions, and in production methods, even in the same construction site; high percentage of material waste and low labor productivity, due to the inadequate definition of production teams and drawbacks in the material transportation and storage system; and building pathologies in recently concluded rendering.

At the end, this study proposes a method for evaluating the process of mortar rendering in façades, identifies and describes best practices introduced by the companies and suggests improvements in that process.

Key words: rendering, façade, process management, performance measurement, best practices, waste

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	p.18
LISTA DE TABELAS	p.22
1 INTRODUÇÃO	p.23
1.1 MOTIVAÇÃO PARA A REALIZAÇÃO DA PESQUISA.....	p.23
1.2 JUSTIFICATIVA.....	p.23
1.3 QUESTÃO DE PESQUISA.....	p.27
1.4 OBJETIVOS.....	p.28
1.5 PROPOSIÇÕES.....	p.28
1.6 DELIMITAÇÕES DA PESQUISA.....	p.29
1.7 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	p.29
2 SISTEMA DE REVESTIMENTO DE ARGAMASSA	p.30
2.1 DEFINIÇÕES.....	p.30
2.2 FUNÇÕES DAS ARGAMASSAS.....	p.31
2.3 PROJETO DE REVESTIMENTO.....	p.31
2.3.1 Tipos de argamassas.....	p.35
2.3.2 Número de camadas.....	p.36
2.3.3 Espessuras de revestimento.....	p.36
2.3.4 Traços das argamassas.....	p.37
2.3.5 Especificação dos materiais.....	p.39
2.3.6 Tipo de acabamento superficial.....	p.40
2.3.7 Detalhes construtivos da fachada.....	p.40
2.3.8 Organização do canteiro de obras e produção da argamassa.....	p.42
2.3.9 Seqüência de execução do revestimento.....	p.43
2.3.10 Processo de produção do revestimento de argamassa.....	p.44
2.3.10.1 Preparação da base do revestimento.....	p.44
2.3.10.2 Aplicação das argamassas de revestimento.....	p.46

2.3.10.3 Controle da execução e inspeção do revestimento.....	p.47
2.4 MANUTENÇÃO, CONSERVAÇÃO E MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS NOS REVESTIMENTOS DE ARGAMASSA.....	p.48
2.5 DISCUSSÃO.....	p.50
3 DIRETRIZES E FERRAMENTAS PARA GESTÃO DE PROCESSOS....	p.51
3.1 CONCEITOS E PRINCÍPIOS BÁSICOS DE GESTÃO DA PRODUÇÃO...	p.51
3.1.1 Conceito de sistema de produção.....	p.51
3.1.2 Conceito de processo.....	p.52
3.1.3 Conceito de operação.....	p.54
3.1.4 Perdas: conceitos e classificações.....	p.56
3.1.5 Princípios para a gestão da produção.....	p.57
3.2 TRABALHOS ANTERIORES REALIZADOS NO BRASIL COM ESTUDOS EM PROCESSOS DE PRODUÇÃO DA CONSTRUÇÃO.....	p.59
3.2.1 As perdas de materiais na construção de edificações: sua incidência e seu controle (SOIBELMAN, 1993).....	p.59
3.2.2 Revestimento externo em argamassa de cimento, cal e areia – sistemática das empresas de Construção Civil de Porto Alegre (CARNEIRO, 1993).....	p.60
3.2.3 Método de intervenção em obras de edificações enfocando o sistema de movimentação e armazenamento de materiais: um estudo de caso (SANTOS, 1995).....	p.60
3.2.4 Alternativas para a redução dos desperdícios de materiais nos canteiros de obras (AGOPYAN et al., 1998).....	p.61
3.2.5 Método para medir o custo de perdas em canteiros de obras: proposta baseada em dois estudos de caso (BULHÕES, 2001).....	p.62
3.2.6 Método de intervenção na execução de revestimentos de argamassa de fachada para a melhorar a produtividade da mão-de-obra e o consumo de materiais (SILVA, 2002).....	p.62
3.2.7 Discussão.....	p.63
3.3 DIRETRIZES PARA AVALIAÇÃO DE PROCESSOS.....	p.64
3.3.1 Uso de indicadores de desempenho.....	p.64
3.3.2 Investigação e análise das causas das ineficiências nos processos.....	p.65
3.3.3 Utilização de ferramentas para registro de informações e avaliação.....	p.66

3.3.4 Tomada de decisão.....	p.66
3.3.5 Discussão.....	p.67
3.4 FERRAMENTAS DE AVALIAÇÃO DE PROCESSOS.....	p.67
3.4.1 Ferramentas para registro do processo.....	p.67
3.4.1.1 Mapeamento do processo: diagrama do fluxo de processo e mapofluxograma.....	p.67
3.4.1.2 Listas de verificação.....	p.69
3.4.2 Ferramentas para medição da produtividade.....	p.70
3.4.2.1 Cartão de produção.....	p.70
3.4.2.2 Amostragem do trabalho.....	p.71
4 MÉTODO DE PESQUISA.....	p.73
4.1 ESTRATÉGIA DE PESQUISA.....	p.73
4.2 ESCOLHA DAS EMPRESAS.....	p.73
4.2.1 Caracterização das empresas e das obras estudadas.....	p.74
4.3 DELINEAMENTO DA PESQUISA.....	p.75
4.4 PLANO DE COLETA DE DADOS.....	p.78
4.4.1 Ferramentas de coleta de dados e fontes de evidências.....	p.78
4.4.1.1 Descrição do processo.....	p.80
4.4.1.1.1 <i>Entrevista</i>	p.80
4.4.1.1.2 <i>Observação direta e anotações de campo</i>	p.81
4.4.1.1.3 <i>Documentação de imagens do sistema</i>	p.81
4.4.1.1.4 <i>Lista de verificação de boas práticas em layout e movimentação no canteiro</i>	p.81
4.4.1.1.5 <i>Lista de verificação de boas práticas em produção de argamassa e execução de revestimento de fachada de argamassa</i>	p.81
4.4.1.1.6 <i>Mapeamento do processo: diagrama de processo e mapofluxograma</i>	p.82
4.4.1.2 Medição da produtividade.....	p.82
4.4.1.2.1 <i>Cartão de produção</i>	p.82
4.4.1.2.2 <i>Amostragem do trabalho</i>	p.83
4.4.1.3 Perda de material.....	p.85
4.4.1.3.1 <i>Controle da argamassa produzida e utilizada</i>	p.85

4.4.1.3.2 <i>Variação do traço de argamassa efetivamente empregado sobre o especificado em projeto</i>	p.86
4.4.1.3.3 <i>Espessuras de revestimento</i>	p.86
4.4.1.3.4 <i>Análise global das perdas e do custo das perdas</i>	p.87
4.4.1.4 Levantamento de manifestações patológicas.....	p.89
4.5 ANÁLISE DOS DADOS.....	p.90
4.6 PARTICULARIDADES DOS ESTUDOS DE CASO.....	p.90
5 RESULTADOS: APRESENTAÇÃO E ANÁLISE INDIVIDUAL	p.93
5.1 ESTUDO DE CASO: EMPRESA X.....	p.93
5.1.1 Registro do processo: descrição e caracterização.....	p.93
5.1.2 Desempenho do processo.....	p.97
5.1.2.1 Produtividade da equipe: cartão de produção e amostragem do trabalho.....	p.97
5.1.2.2 Espessuras de revestimento.....	p.99
5.1.2.3 Variabilidade na produção de argamassa.....	p.101
5.1.2.4 Perdas de argamassa e custo das perdas.....	p.103
5.1.2.5 Manifestações patológicas.....	p.105
5.1.3 Discussão.....	p.105
5.2 ESTUDO DE CASO: EMPRESA Y.....	p.107
5.2.1 Registro do processo: descrição e caracterização.....	p.108
5.2.2 Desempenho do processo.....	p.110
5.2.2.1 Produtividade da equipe: cartão de produção e amostragem do trabalho.....	p.110
5.2.2.2 Espessuras de revestimento.....	p.112
5.2.2.3 Perdas de argamassa e custo das perdas.....	p.113
5.2.3 Discussão.....	p.114
5.3 ESTUDO DE CASO: EMPRESA C.....	p.115
5.3.1 Registro do processo: descrição e caracterização.....	p.115
5.3.2 Desempenho do processo.....	p.117
5.3.2.1 Produtividade da equipe: cartão de produção e amostragem do trabalho.....	p.117
5.3.2.2 Espessuras de revestimento.....	p.119

5.3.2.3 Variabilidade na produção de argamassa.....	p.120
5.3.2.4 Perdas de argamassa.....	p.120
5.3.3 Discussão.....	p.121
5.4 ESTUDO DE CASO: EMPRESA D.....	p.123
5.4.1 Registro do processo: descrição e caracterização.....	p.123
5.4.2 Desempenho do processo.....	p.125
5.4.3 Discussão.....	p.126
5.5 ESTUDO DE CASO: EMPRESA Z.....	p.127
5.5.1 Registro do processo: descrição e caracterização.....	p.127
5.5.2 Desempenho do processo.....	p.129
5.5.3 Discussão.....	p.131
5.6 ESTUDO DE CASO: EMPRESA W.....	p.133
5.6.1 Registro do processo: descrição e caracterização.....	p.133
5.6.2 Desempenho do processo.....	p.135
5.6.3 Discussão.....	p.136
5.7 ESTUDO DE CASO: EMPRESA A.....	p.137
5.7.1 Registro do processo: descrição e caracterização.....	p.137
5.7.2 Desempenho do processo.....	p.138
5.7.3 Discussão.....	p.140
5.8 ESTUDO DE CASO: EMPRESA B.....	p.141
5.8.1 Registro do processo: descrição e caracterização.....	p.141
5.8.2 Desempenho do processo.....	p.142
5.8.3 Discussão.....	p.143
6 RESULTADOS: APRESENTAÇÃO E ANÁLISE CRUZADA.....	p.145
6.1 APLICAÇÃO DAS FERRAMENTAS DE AVALIAÇÃO DO PROCESSO.....	p.145
6.1.1 Lista de verificação de boas práticas em canteiro de obras.....	p.145
6.1.2 Lista de verificação de boas práticas em produção de argamassa e execução de revestimento de fachada de argamassa.....	p.147

6.1.3 Indicadores de produtividade.....	p.148
6.1.4 Avaliação das perdas de materiais.....	p.150
6.1.4.1 Espessuras de revestimento.....	p.151
6.1.4.2 Perda global e parcial de argamassa.....	p.152
6.1.4.3 Manifestações patológicas nos revestimentos recentemente concluídos.....	p.154
6.1.5 Custos das perdas.....	p.156
6.2 AVALIAÇÃO GERAL DO MÉTODO PROPOSTO.....	p.158
6.2.1 Diretrizes e sugestões para implementação do método proposto.....	p.160
6.2.1.1 Definir as pessoas da obra e da empresa que participarão da coleta dos dados.....	p.160
6.2.1.2 Treinar as pessoas que irão coletar os dados.....	p.160
6.2.1.3 Definir um plano de aplicação do método.....	p.161
6.2.1.4 Definir a forma de análise e de utilização dos dados.....	p.161
6.2.1.5 Utilizar os indicadores gerados para melhoria contínua.....	p.162
6.3 RESUMO DAS BOAS PRÁTICAS ENCONTRADAS.....	p.162
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	p.172
7.1 CONCLUSÕES.....	p.172
7.2 RECOMENDAÇÕES PARA ESTUDOS FUTUROS.....	p.174
REFERÊNCIAS.....	p.175

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Projeto de revestimento de fachada.....	p.33
Figura 2: Tipos de argamassa quanto às condições de fornecimento ou preparo.....	p.36
Figura 3: Tipo de desempenho em função do acabamento final do revestimento.....	p.40
Figura 4: Recomendações de idades para intervalos entre os serviços de revestimento.....	p.44
Figura 5: Descolamento do revestimento na interface substrato-revestimento.....	p.45
Figura 6: Incidência de manifestações patológicas em fachadas de edificações de Pelotas-RS	p.49
Figura 7: Sistema de produção	p.52
Figura 8: Modelo de conversão	p.53
Figura 9: Estrutura da produção	p.55
Figura 10: Atividade como processo e operação	p.55
Figura 11: Por que, o que e como medir o desempenho dos sistemas	p.64
Figura 12: Símbolos utilizados no diagrama de processo	p.68
Figura 13: Mapofluxograma da movimentação de argamassa pronta no pavimento de aplicação	p.69
Figura 14: Exemplo de lista de verificação	p.70
Figura 15: Critérios para seleção do tipo de abordagem do controle da produção	p.70
Figura 16: Vantagens e desvantagens da técnica amostragem do trabalho	p.72
Figura 17: Características das empresas e das obras estudadas	p.74
Figura 18: Delineamento da pesquisa	p.75
Figura 19: Cronograma de trabalho nas empresas	p.77
Figura 20: Vantagens da utilização das ferramentas de avaliação de processos	p.79
Figura 21: Profissionais entrevistados nas obras	p.80
Figura 22: Diagrama de processo da execução de revestimento de fachada na empresa Y ..	p.82
Figura 23: Modelo da ferramenta cartão de produção	p.83
Figura 24: Modelo de planilha usada na amostragem	p.84
Figura 25: Características da obra e do processo na empresa X	p.93

Figura 26: Chegada de areia no canteiro de obras sendo descarregada diretamente no local de armazenamento	p.94
Figura 27: Detalhe da abertura da laje por onde a areia era conduzida até o subsolo	p.94
Figura 28: Notas do canteiro de obras obtidas a partir da lista de verificação	p.96
Figura 29: Vista do canteiro de obras	p.96
Figura 30: Distribuição dos tempos da equipe de revestimento de fachada de argamassa ...	p.97
Figura 31: Distribuição dos tempos do pedreiro	p.97
Figura 32: Distribuição dos tempos do servente	p.97
Figura 33: Distribuição das operações do servente na empresa X	p.99
Figura 34: Distribuição das espessuras do revestimento de fachada na empresa X	p.100
Figura 35: Transporte da argamassa intermediária da masseira para betoneira	p.102
Figura 36: Argamassa antiga deixada no final da masseira	p.102
Figura 37: Perdas de argamassa na empresa X	p.104
Figura 38: Transporte de argamassa com pá para abastecer andaime	p.107
Figura 39: Características da obra e do processo na empresa Y	p.108
Figura 40: Notas do canteiro de obras obtidas a partir da lista de verificação na empresa Y.	p.109
Figura 41: Distribuição dos tempos da equipe na empresa Y	p.110
Figura 42: Distribuição dos tempos dos pedreiros na empresa Y	p.110
Figura 43: Distribuição dos tempos dos serventes na empresa Y	p.110
Figura 44: Distribuição das operações dos serventes na empresa Y	p.111
Figura 45: Distribuição das espessuras do revestimento de fachada na empresa Y	p.112
Figura 46: Perdas de argamassa na empresa Y	p.113
Figura 47: Características da obra e do processo na empresa C	p.116
Figura 48: Central de produção de argamassa no pavimento térreo do empreendimento C ..	p.117
Figura 49: Distribuição dos tempos da equipe de revestimento de fachada de argamassa na empresa C	p.118
Figura 50: Distribuição dos tempos dos pedreiros na empresa C	p.118
Figura 51: Distribuição dos tempos dos serventes na empresa C	p.118
Figura 52: Distribuição das operações do servente na empresa C	p.118
Figura 53: Distribuição das espessuras do revestimento de fachada no empreendimento C .	p.119

Figura 54: Perdas de argamassa na empresa C	p.121
Figura 55: Características da obra e do processo na empresa D	p.123
Figura 56: Descarregamento de areia no carregador da betoneira	p.124
Figura 57: Distribuição das espessuras do revestimento de fachada na empresa D	p.125
Figura 58: Vigas desalinhadas no empreendimento executado pela empresa D	p.126
Figura 59: Viga cortada para diminuição das espessuras de revestimento na fachada	p.126
Figura 60: Características da obra e do processo na empresa Z	p.127
Figura 61: Caixa usada para estoque de cimento a granel	p.129
Figura 62: Distribuição das espessuras do revestimento de fachada na empresa Z	p.130
Figura 63: Perdas de argamassa na empresa Z	p.131
Figura 64: Desprendimento de argamassa da base e encasquilhamento com pedaços de cerâmica	p.131
Figura 65: Características da obra e do processo na empresa W	p.133
Figura 66: Utilização de pá para proporcionamento de areia para produção de argamassa ..	p.134
Figura 67: Sistema de roldanas para fornecimento de argamassa	p.134
Figura 68: Uso de balde para transportar e fornecer argamassa para o andaime	p.134
Figura 69: Operários parados por falta de argamassa para execução do revestimento	p.135
Figura 70: Distribuição das espessuras do revestimento de fachada na empresa W	p.136
Figura 71: Perdas de argamassa na empresa W	p.136
Figura 72: Características da obra e do processo na empresa A	p.137
Figura 73: Padiola metálica com parede lisa	p.138
Figura 74: Distribuição das espessuras do revestimento de fachada na empresa A	p.139
Figura 75: Perdas de argamassa na empresa A	p.139
Figura 76: Características da obra e do processo na empresa B	p.141
Figura 77: Ferramentas usadas pelos pedreiros para execução de frisos	p.142
Figura 78: Distribuição das espessuras do revestimento de fachada na empresa B	p.142
Figura 79: Perdas de argamassa na empresa B	p.143
Figura 80: Notas do canteiro de obras obtidas a partir da lista de verificação	p.146
Figura 81: Resultados da lista de verificação de boas práticas em produção de argamassa e execução de revestimento de fachada	p.148

Figura 82: Resultado do cartão de produção da equipe, em HH/m ²	p.149
Figura 83: Distribuição dos tempos da equipe de produção de revestimento de fachada de argamassa	p.149
Figura 84: Espessuras de revestimento de fachada de argamassa nas oito empresas em análise	p.151
Figura 85: Perdas de argamassa nas empresas	p.153
Figura 86: Incidência de manifestações patológicas nas obras	p.155
Figura 87: Fissuras em paredes externas na edificação construída pela empresa A	p.156
Figura 88: Fissuras na fachada do empreendimento Z	p.156
Figura 89: Método de avaliação do processo de execução de revestimentos de argamassa de fachada	p.159
Figura 90: Quantidade de boas práticas nas empresas	p.163
Figura 91: Boa prática na contratação de mão-de-obra para central de argamassa	p.164
Figura 92: Boa prática no dimensionamento das equipes de produção do revestimento	p.164
Figura 93: Boa prática na confecção de painéis para treinar mão-de-obra	p.165
Figura 94: Boa prática na dosagem dos aglomerantes	p.166
Figura 95: Boa prática no uso de betoneira com carregador e carrinhos dosadores	p.166
Figura 96: Boa prática na dosagem racional da argamassa	p.167
Figura 97: Boa prática na escolha dos traços das argamassas de revestimento	p.167
Figura 98: Boa prática no uso de equipamento de fornecimento de argamassa	p.168
Figura 99: Boa prática na avaliação do revestimento pronto	p.169
Figura 100: Boa prática no planejamento e acompanhamento do processo de preparação da fachada para revestimento	p.169
Figura 101: Boa prática no reforço do revestimento	p.170
Figura 102: Boa prática no reaproveitamento da argamassa de revestimento	p.170
Figura 103: Boa prática no uso de andaimes suspensos motorizados	p.171

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Percentuais de perdas na construção.....	p.26
Tabela 2: Notas da execução do revestimento de fachada obtidas a partir da lista de verificação aplicada na empresa X.....	p.96
Tabela 3: Traço especificado pela empresa X.....	p.101
Tabela 4: Traço da argamassa intermediária executado.....	p.102
Tabela 5: Proporcionamento dos materiais da argamassa final executada.....	p.103
Tabela 6: Perdas monetárias da argamassa na empresa X.....	p.105
Tabela 7: Notas da execução do revestimento de fachada obtidas a partir da lista de verificação aplicada na empresa Y.....	p.109
Tabela 8: Perdas monetárias da argamassa na empresa Y.....	p.114
Tabela 9: Variação do traço de argamassa efetivamente empregado sobre o especificado em projeto na empresa C.....	p.120
Tabela 10: Traços de argamassa fornecidos por laboratório especializado.....	p.128
Tabela 11: Variação do traço de argamassa efetivamente empregado sobre o especificado em projeto.....	p.140
Tabela 12: Dimensionamento das equipes de produção.....	p.149
Tabela 13: Variação da espessura média real sobre a especificada pelas empresas.....	p.151
Tabela 14: Resumo dos custos e das perdas no processo de execução de revestimentos.....	p.157

1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo são apresentadas as motivações para a realização desta pesquisa, a justificativa do trabalho, as questões de pesquisa, definidas a partir do problema de pesquisa, e os objetivos do trabalho. Também, são apresentadas as delimitações da pesquisa.

1.1 MOTIVAÇÃO PARA A REALIZAÇÃO DA PESQUISA

A motivação para esta pesquisa surgiu a partir da priorização do tema execução de revestimento de fachada de argamassa pelos diretores e engenheiros de empresas que atuam na construção de empreendimentos residenciais e comerciais, participantes do Programa de Melhorias da Comunidade da Construção¹ em Porto Alegre. A partir da constatação de que apenas um pequeno número de empresas utiliza a prática do projeto do revestimento de fachada de argamassa, da freqüente falta de controle tecnológico no processo de produção do revestimento e da elevada incidência de falhas no revestimento concluído, decidiu-se pela realização de um diagnóstico das reais condições de produção nas empresas como forma de orientar ações de melhoria do processo de produção do revestimento².

A principal intenção das empresas era a realização de um estudo que pudesse proporcionar melhorias no processo, porém havia poucos dados sobre os sistemas de produção de revestimento de argamassa que pudessem direcionar as ações de melhoria.

A autora do presente trabalho, ao longo de sua trajetória acadêmica, sempre teve interesse em realizar pesquisas que envolvessem a análise do ambiente da construção, pois assim se pode conhecer os reais problemas do setor e obter sugestões para melhorias. Assim, no presente estudo, os canteiros de obra são considerados como laboratórios para descoberta, validação e aprimoramento do conhecimento. Por esta razão, optou-se por desenvolver um estudo que atendesse o interesse pessoal da pesquisadora e também as demandas das empresas de construção civil.

1.2 JUSTIFICATIVA

Na construção civil, a argamassa é um dos produtos mais utilizados, desempenhando diversas funções. Segundo Carneiro (1993), as principais funções do revestimento externo de argamassa referem-se à contribuição para a estanqueidade à água das fachadas, para o conforto térmico e acústico do ambiente construído, para a segurança ao fogo e para o bom aspecto do envelope da

¹ Comunidade da Construção é um movimento nacional pela integração dos agentes da cadeia produtiva e melhoria contínua dos processos construtivos à base de cimento. Mais informações sobre resultados de pesquisas desenvolvidas pela Comunidade da Construção e sua atuação nos vários estados brasileiros podem ser obtidos no *site* www.comunidadeconstrucao.com.br. Esta pesquisa foi realizada no ano de 2004.

² Os resultados deste diagnóstico preliminar encontram-se no *site* da Comunidade da Construção.

edificação. Ao se cumprir satisfatoriamente essas funções, atinge-se o desempenho necessário das argamassas de revestimento externo.

O processo de produção de revestimento de argamassa é influenciado por uma série de ações que, na maioria das vezes, não recebem os cuidados essenciais para que o produto final obtenha o desempenho esperado. Essas ações iniciam-se nas atividades de orçamento, solicitação, compra, recebimento e armazenagem dos materiais, e se estendem à produção propriamente dita da argamassa, que envolve o transporte da argamassa ou dos seus constituintes, como areia, cimento, cal, água e outros, até a sua mistura e aplicação, envolvendo o lançamento e a regularização. Esse processo, como qualquer outro na construção civil, necessita de procedimentos padronizados e que obedeçam às Normas Técnicas vigentes no país, para que se tenha uma garantia de qualidade, produtividade, durabilidade, conforto visual e estética agradável, segurança, economia e outras características importantes para a satisfação dos clientes (MASSETTO et al., 1998; REIS; MELHADO, 1999).

Muitas empresas de construção vêm buscando meios para melhorarem seu desempenho perante um mercado cada vez mais competitivo e exigente em termos de qualidade do produto final. Diante deste cenário, algumas empresas procuram melhorar seus processos de produção a fim de reduzir seus custos e prazos de execução sem afetar a qualidade do produto final e a segurança na obra. Assim, a busca de novas tecnologias e materiais objetivando agregar mais valor às edificações, porém sem acréscimo de custos, e o uso de sistemas e inovação tecnológica voltada para a qualidade são cada vez mais freqüentes nas empresas.

Entretanto, muitas anomalias vêm sendo observadas nos revestimentos de argamassa, principalmente nas fachadas, por construtores, fabricantes, clientes e também por acadêmicos e estudiosos nessa área, sendo notória a preocupação devido ao grande número de estudos, eventos e publicações relacionados à qualidade dos empreendimentos (BAUER, 1997; PETRUCCI et al., 1997; ANDRADE et al., 2003).

Dentre as falhas mais comuns nos revestimentos, pode-se destacar os descolamentos, vesículas, fissuras, eflorescências, falhas relacionadas à umidade, manchas e bolor, contaminação atmosférica e contaminação ambiental por substâncias agressivas (BAUER, 1997).

Banduk (2004) afirma que nos últimos anos houve um aumento considerável de manifestações patológicas nas fachadas, principalmente naquelas revestidas em argamassa com acabamentos em cerâmica, pinturas ou rebocos decorativos. Apesar da maior oferta de argamassas no mercado, um número maior de fissuras é observado nas edificações (FACHADA, 2003).

Como causas mais freqüentes desses problemas, Bauer (1997) afirma que vários diagnósticos têm apontado diversos problemas na execução deste processo, tais como a inexistência de projeto, o desconhecimento das características dos materiais empregados, a utilização de materiais inadequados, erros de execução, principalmente por falta de qualificação da mão-de-obra, desconhecimento ou não observância das Normas Técnicas e por falhas na manutenção. Bauer completa afirmando que, em muitos casos, as causas são várias, embora uma delas, em um

determinado momento, mesmo sendo de pequena importância isoladamente, torna-se preponderante e, atuando no limite, ocasiona o caso patológico.

O aparecimento de manifestações patológicas nas edificações compromete a estética e o conforto do edifício, ocasionando uma desvalorização do mesmo perante o mercado e também aumento na insegurança do usuário (MASUERO, 2003). Para o leigo, que visualiza um revestimento com problemas, é lógico imaginar que os problemas na fachada indicam que toda a obra foi mal construída, gerando danos à imagem da empresa construtora (FACHADA, 2003).

Um estudo exploratório realizado por Andrade et al. (2003) sobre as práticas de execução de revestimentos de argamassas nas áreas externas e internas dos edifícios da cidade de Porto Alegre, em sete empresas de construção, indicou que não existe o controle efetivo da produção e execução dos revestimentos argamassados, sendo esta tarefa deixada, muitas vezes, nas mãos de mestres de obras ou de operários. As proporções de água na produção dessas argamassas são estabelecidas de forma imprecisa, no momento da mistura dos materiais, pelo operário responsável. Percebeu-se que muitas das obras visitadas apresentavam manifestações patológicas (na maioria, fissuras) com a edificação em fase de construção.

Ainda referindo-se aos problemas patológicos nos revestimentos das fachadas, uma pesquisa realizada na cidade de Porto Alegre por Petrucci et al. (1997) sobre os procedimentos para levantamento de manifestações patológicas em revestimentos externos de argamassa indicou que algumas zonas em fachadas estão mais expostas que outras aos agentes agressivos do meio ambiente, exigindo, dessa forma, maior atenção na sua concepção e detalhamento construtivo. As principais manifestações patológicas observadas neste estudo tiveram como origem, principalmente, a concepção do sistema de revestimento de argamassa e a desconsideração em projeto das diferentes exposições nas zonas em fachada (PETRUCCI et al., 1997).

O uso das argamassas, incluindo assentamento e revestimento, pode representar cerca de 3 a 7% do custo de uma edificação, variando de obra para obra³. Apesar da sua importância em termos de custo e da qualidade do produto final, vários estudos (CARNEIRO, 1993; SOIBELMAN, 1993; AGOPYAN et al., 1998; ANDRADE et al., 2003) têm apontado diversos problemas de qualidade no processo, contribuindo para o aparecimento dos diversos problemas já citados.

Cincotto et al. (1995) afirmam que uma parte das manifestações de desempenho inadequada do revestimento provém de decisões tomadas para a redução de custo nos planos verticais⁴ da edificação, sendo que, por um lado, essas reduções dizem respeito aos custos de aquisição de materiais, acarretando futuros custos com manutenção e recuperação elevados, além de comprometer outras partes do edifício. Por outro lado, a redução dos prazos de execução tem comprometido as práticas de execução com relação às características dos materiais empregados (CINCOTTO et al., 1995).

³ Valores informados por fornecedores de argamassa industrializada.

⁴ Os planos verticais são: a parte vertical da estrutura resistente, a alvenaria e o isolamento, os acabamentos verticais e as esquadrias internas e externas.

Além das manifestações patológicas, um outro problema frequentemente encontrado nos canteiros de obra relaciona-se às perdas. Estas perdas podem representar a redução do lucro das construtoras ou a diminuição de competitividade das empresas que considerarem as perdas reais em seus orçamentos (SOIBELMAN, 1993). As perdas estão relacionadas ao consumo de recursos de qualquer natureza, como materiais, mão-de-obra, equipamentos e capital, acima da quantidade mínima necessária para atender aos requisitos dos clientes internos e externos⁵ (SANTOS, 1995). Diversas medidas de prevenção necessárias para reduzir as perdas a patamares mais baixos podem ser obtidas sem necessariamente fazer grandes mudanças tecnológicas (SANTOS, 1995; ISATTO et al., 2000).

De acordo com algumas pesquisas realizadas na indústria da construção (SOIBELMAN, 1993; AGOPYAN et al., 1998), os índices de perdas, em geral, são bem maiores que os usados para a composição dos custos das edificações pelas empresas construtoras. Os altos índices de desperdício de materiais geram entulhos que, além de acarretarem prejuízos financeiros às empresas, muitas vezes não recebem o devido tratamento e disposição final, tendo um impacto negativo também no meio ambiente.

A tabela 1 mostra o resumo de algumas pesquisas referentes aos índices de perdas de alguns materiais mais utilizados na construção civil. Segundo essas pesquisas, o índice médio de perdas da argamassa varia de 91,25 a 116%, valores considerados bastante elevados, principalmente quando comparados aos índices de outros materiais.

Tabela 1: Percentuais de perdas na construção

Materiais	Projeto FINEP Brasil (1998)			SOIBELMAN RS (1993)		
	%			%		
	Min.	Média	Máx.	Min.	Média	Máx.
Areia	7	44	311	21,05	45,76	109,81
Argamassa	26	116	205	40,38	91,25	152,10
Cimento	6	56	638	34,31	84,13	151,86
Placas Cerâmicas	2	14	50	-	-	-

Fonte: SOIBELMAN, 1993; AGOPYAN et al., 1998

Vários trabalhos já foram desenvolvidos almejando a redução de perdas e aumento de qualidade e produtividade (SANTOS, 1995; AGOPYAN et al., 1998; MASSETTO et al., 1998; PALIARI et al., 2001; SOUZA, 2001), entretanto um número limitado faz um direcionamento específico englobando todo o processo de produção de revestimentos (CARNEIRO, 1993; SILVA, 2002).

⁵ Clientes internos são as pessoas da organização para quem o trabalho concluído é repassado para que desempenhem a próxima função (WHITELEY, 1999). Clientes externos são as pessoas que não estão envolvidas diretamente com a construção, porém indiretamente são influenciadas ou atingidas pela mesma (KAMARA et al., 2000).

Neste sentido, o presente trabalho surge de uma necessidade de conhecer com mais profundidade as dificuldades das empresas construtoras diante do baixo desempenho alcançado, englobando diversos aspectos relacionados ao processo de execução de revestimentos de fachada de argamassa.

Os estudos acadêmicos devem ser desenvolvidos para orientar os usuários de argamassa de forma que estes obtenham um produto com bom acabamento, uma diminuição das manifestações patológicas e a redução de perdas, contribuindo para conscientizar os construtores, engenheiros, operários e até mesmo os clientes finais para que se exija e se busque garantia formal, padronizada e técnica do produto a ser entregue.

Finalmente, diante do freqüente aparecimento de diversos problemas nas fachadas dos edifícios e das altas perdas de recursos, surge a necessidade de um estudo focado em todo o processo de execução do revestimento de fachada de argamassa, na busca de soluções que contribuam para combater as causas que levam ao desempenho abaixo do desejado e esperado nas obras. Muitas vezes, apesar de algumas soluções se apresentarem de forma rápida, fácil e econômica, estas não são colocadas em prática, seja pelo desconhecimento ou por desinteresse dos construtores, resultado da acomodação com os erros e gastos em manutenções e reparos.

1.3 QUESTÕES DE PESQUISA

Após uma revisão de literatura e baseando-se nos problemas apontados no item anterior, esse trabalho apresenta como questão de pesquisa principal:

- Porque as empresas de construção possuem um baixo desempenho no processo de execução de revestimento de fachada de argamassas e como elas podem melhorar o desempenho neste processo?

Pretendeu-se analisar o processo em estudo de forma ampla considerando não somente a técnica da execução mas também a gestão do processo, o seu planejamento, os suprimentos, o controle da qualidade e a segurança na obra.

Com o objetivo de responder às questões de pesquisa principais foram formuladas as seguintes questões específicas:

- Como avaliar o processo de revestimento de fachada de argamassa com o objetivo de identificar problemas e propor melhorias enfatizando a qualidade e o custo?
- Quais os principais problemas que dificultam a melhoria da qualidade do processo de execução de revestimento de fachada de argamassa?
- Quais as principais causas das perdas no processo de execução de revestimento de argamassa de fachadas?

- Quais as oportunidades de melhoria mais atrativas, com soluções que não necessitem a implementação de inovações tecnológicas?

1.4 OBJETIVOS

Essa pesquisa apresenta como objetivo principal:

- Identificar as causas do baixo desempenho de revestimentos de fachada de argamassa a partir de diagnóstico em empresas construtoras e propor diretrizes para melhoria deste processo.

Também foram estabelecidos os seguintes objetivos secundários:

- Propor um método para avaliar o processo de execução de revestimento de argamassa de fachada.
- Identificar e descrever boas práticas no processo de execução de revestimento de argamassa no setor da construção.
- Identificar oportunidades de melhorias no processo de produção de revestimento de fachada de argamassa de forma que as soluções propostas possam ser introduzidas sem grandes inovações tecnológicas.

1.5 PROPOSIÇÕES

O desenvolvimento desta pesquisa foi realizado a partir de algumas proposições iniciais que surgiram ao longo do trabalho, a partir da revisão bibliográfica e dos estudos empíricos iniciais:

- Um número considerável de ocorrências de problemas patológicos nas fachadas tem como origem ineficiências na gestão e no controle do processo de execução de revestimento de argamassa;
- O planejamento e organização do canteiro facilitam o fluxo de materiais, reduzindo os tempos auxiliares e os improdutos; e
- A inexistência de projeto específico de revestimento contribui para a ausência de informações relevantes para a execução do revestimento, o que muitas vezes acarreta em retrabalhos, gerando mais custos, desperdícios, atrasos na obra e influenciando diretamente na qualidade do produto final.

1.6 DELIMITAÇÕES DA PESQUISA

O presente trabalho tem como delimitação o fato de que o estudo foi desenvolvido em empresas situadas na cidade de Porto Alegre, no Estado do Rio Grande do Sul. A delimitação se dá principalmente quanto aos materiais locais usados na execução do revestimento.

Salienta-se também que não faz parte do estudo a realização de ensaios experimentais e laboratoriais, pois o foco desta pesquisa restringe-se ao estudo do processo de produção dos revestimentos argamassados em obra. Os dados apresentados nos resultados não são representativos, não possuindo validade estatística.

1.7 ESTRUTURA DO TRABALHO

Essa dissertação está estruturada em sete capítulos. O primeiro capítulo consiste na introdução, no qual são apresentados a justificativa do trabalho, as questões de pesquisa, os objetivos pretendidos e as delimitações da pesquisa.

No capítulo 2 tem-se uma exposição sobre o sistema de revestimento de argamassa, enquanto no capítulo 3 apresenta-se alguns conceitos, princípios e algumas diretrizes e ferramentas para gestão da produção, enfatizando as que podem ser utilizadas para avaliação do processo de execução de revestimentos.

O trabalho prossegue no capítulo 4, com a apresentação do método de pesquisa utilizado no desenvolvimento deste trabalho. Os resultados dos estudos de casos estão apresentados e discutidos nos capítulos 5 e 6 dessa dissertação.

Por último, no capítulo 7, são apresentadas as conclusões deste trabalho e sugestões para trabalhos futuros.

2 SISTEMA DE REVESTIMENTO DE ARGAMASSA

Este capítulo trata dos sistemas de revestimento de argamassas de fachada. São apresentadas algumas definições e discutidas as principais funções das argamassas. Discorre-se também sobre o projeto de revestimento e o aparecimento de manifestações patológicas nos revestimentos de argamassa.

2.1 DEFINIÇÕES

Segundo a NBR 13281 (ABNT, 2001), as argamassas são definidas como a mistura homogênea de agregados miúdos, aglomerantes inorgânicos e água, podendo conter ou não aditivos ou adições, possuindo propriedades de aderência e endurecimento.

A NBR 13529 (ABNT, 1995b) define revestimentos de argamassa como o cobrimento de uma superfície com uma ou mais camadas superpostas de argamassa, apta a receber revestimento decorativo ou constituir-se em um acabamento final. Os revestimentos de argamassa podem ser constituídos por chapisco e emboço, formando o revestimento de camada única, ou por chapisco, emboço e reboco (ABNT, 1996). O primeiro tipo é atualmente mais usual nas construções brasileiras.

O projeto nº ICS 91.100.10 de revisão da norma NBR 13281 (2001)⁶ define argamassa para revestimento externo como a 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). Esta dissertação se restringiu ao estudo de revestimentos de fachada de argamassa, utilizando a nomenclatura argamassa de revestimento de fachada ao invés de argamassa para revestimento externo.

Partindo dessas definições normalizadas, define-se o sistema⁷ de revestimento de argamassa como um conjunto de técnicas para a produção de revestimentos de argamassa resultando numa combinação lógica e coordenada de especificações de materiais e de procedimentos e métodos de execução que conduzam ao desempenho desejado. Neste sentido, um sistema de revestimento de argamassa indica o número de camadas do revestimento, as espessuras das camadas, o tipo de argamassa a ser utilizado, as especificações dos traços e dos materiais, a técnica de execução e o tipo de acabamento superficial, entre outros.

⁶ Projeto de norma de outubro de 2004, em processo de aprovação.

⁷ Os sistemas são constituídos de conjuntos de componentes que atuam juntos na execução do objetivo global do todo, ou seja, sistema é um conjunto de partes coordenadas para realizar um conjunto de finalidades (CHURCHMAN, 1971).

2.2 FUNÇÕES DAS ARGAMASSAS

O uso das argamassas nos revestimentos e assentamentos de alvenarias não é recente. Durante muitos anos o homem procurou um ligante eficiente e econômico para unir rochas e madeiras, o qual utilizava para compor suas rústicas construções. As misturas de sucesso para a junção de blocos de alvenaria foram batizadas de argamassa (GUIMARÃES, 1997).

A literatura técnica cita como principais funções dos revestimentos externos de argamassa (FIORITO, 1994; CINCOTTO et al., 1995; BAÍA; SABBATINI, 2000):

- Resistir à ação de variações normais de temperatura e umidade do meio, principalmente quando de revestimentos externos, ou seja, proteger os elementos de vedação da ação direta dos agentes agressivos;
- associado à parede, apresentar estabilidade mecânica e dimensional (resistência à tração, compressão, impacto e abrasão) e resistência ao fogo;
- contribuir para o isolamento termoacústico e estanqueidade à água e gases; e
- contribuir para a estética das fachadas das edificações.

Para cumprir suas funções, os revestimentos de argamassa devem possuir algumas propriedades que se apresentam nas argamassas nos estados fresco e endurecido. As propriedades das argamassas para revestimento dependem das características dos materiais constituintes, da proporção entre os mesmos e do processo de mistura e execução do revestimento, assim como também podem interferir a natureza da base e as condições do meio ambiente. De acordo com Mattos (2001) algumas propriedades devem ser avaliadas em conjunto com a base, assim como, de acordo com a função que irão desempenhar e das condições de exposição, sendo que algumas propriedades podem ser mais importantes do que outras.

Em adição, Cincotto et al. (1995) afirmam que, ao longo do tempo, as condições de desempenho são afetadas por fatores associados às condições de produção e de exposição do revestimento e à ação dos usuários.

As principais exigências de desempenho que um revestimento de argamassa deve atender estão relacionadas às seguintes propriedades: densidade de massa, teor de ar incorporado, trabalhabilidade, retenção de água, adesão inicial e consistência (propriedades no estado fresco) e resistência mecânica, aderência, capacidade de absorver deformações, permeabilidade e retração (propriedades no estado endurecido) além da durabilidade (SELMO, 1989a; CARNEIRO, 1993; CINCOTTO et al., 1995; BAÍA; SABBATINI, 2000; MATTOS, 2001).

2.3 PROJETO DE REVESTIMENTO

Um projeto de revestimento deve contemplar todas as informações necessárias para que a

execução do serviço seja realizada conforme as especificações do projeto arquitetônico e de forma a atender os clientes internos e finais. Por exemplo, para os assentadores de placas cerâmicas, os revestimentos de argamassa devem possuir acabamentos regulares, planeza e textura final ideal às necessidades de assentamento. Já do ponto de vista dos usuários finais, os revestimentos devem ser duradouros em termos de qualidade, seguros e esteticamente agradáveis.

O projeto de revestimento define a tecnologia a ser empregada na execução do revestimento, especificando materiais e técnicas a serem adotadas e o controle de qualidade a ser utilizado, concebendo detalhes construtivos que atendam aos requisitos necessários para que o revestimento cumpra sua função, respeitando custo, prazo e vida útil⁸.

Para Massetto et al. (1998), o projeto de revestimento compõe-se tanto do projeto do produto quanto do processo. Com o projeto do produto tem-se a definição do traço em função dos critérios de desempenho como, por exemplo, as condições de exposição e execução, as características da base e a definição das características geométricas do revestimento, como número e espessura das camadas e juntas de trabalho. O projeto do processo inclui o planejamento da execução e o projeto para a produção do revestimento, envolvendo o cronograma de atividades, quantificação dos serviços, previsão de suprimentos, procedimentos para preparo da argamassa, métodos e técnicas construtivas a serem adotadas na aplicação do revestimento, disposição e seqüência de atividades e uso e características dos equipamentos (MASSETTO et al., 1998).

Existem três momentos durante os quais um projeto de revestimento de fachada pode ser elaborado⁹:

- (a) Antes do início da obra, juntamente com a elaboração dos outros projetos (arquitetura, estrutura, vedação, etc): a adoção desta escolha permite a integração do projeto com a concepção da obra.
- (b) No início da obra, após a conclusão dos projetos da edificação: nesta situação o projeto de revestimento de fachada complementa os demais projetos e define o processo construtivo, limitado pelo orçamento da obra.
- (c) Durante a obra, após a conclusão da estrutura e final da execução da alvenaria: com esta escolha o projeto de revestimento adapta-se ao processo construtivo definido e pode-se interferir apenas no preparo e aplicação do revestimento.

Para Ceotto et al. (2005), quando o projeto é iniciado com a obra já em andamento, a interação do projetista de revestimento com os demais projetistas da edificação é praticamente nula, sendo que todas as decisões tomadas nos projetos anteriores terão que ser aceitas como condicionantes, podendo, dessa forma, aumentar o risco de desempenho insatisfatório.

⁸ Curso promovido pela Comunidade da Construção em Porto Alegre-RS, ministrado pela Eng^a Elza Hissae Nakakura em novembro de 2003.

⁹ Curso promovido pela Comunidade da Construção, ministrado pelo Eng^o Ragueb C. Banduk em julho de 2004.

Neste sentido, Maciel e Melhado (1999) defendem que a elaboração do projeto de revestimento deve ser feita juntamente e coordenadamente com os projetos das demais partes do edifício, tais como a estrutura, a alvenaria e as instalações, o que significa tomar decisões relativas ao revestimento antes do início da sua execução, considerando as possíveis interferências entre essas diversas partes do edifício. Com relação ao revestimento de argamassa de fachada, Maciel e Melhado (1999) afirmam que o mesmo é visto, muitas vezes, apenas como uma forma de esconder as imperfeições da base (estrutura e vedações), não sendo valorizadas as suas importantes funções. Este fato é evidenciado pelas decisões tomadas na própria obra, com conhecimento adquirido na prática.

A NBR 7200 (ABNT, 1998) sugere que as especificações de projeto para execução do sistema de revestimento de argamassa devem conter pelo menos informações sobre os tipos de argamassa e respectivos parâmetros para definição dos traços; número de camadas; espessura de cada camada; acabamento superficial e tipo de acabamento decorativo. Essa recomendação da norma ainda é bastante simplista e considera aspectos gerais do sistema de revestimento.

Neste sentido, baseando-se no trabalho de Maciel e Melhado (1999) e no trabalho de Ceotto et al. (2005), sugere-se que um projeto de revestimento de argamassa de fachada deve conter as especificações e informações para a adequada execução do revestimento, conforme exposto na figura 1, evidenciando informações do projeto do produto e do projeto do processo.

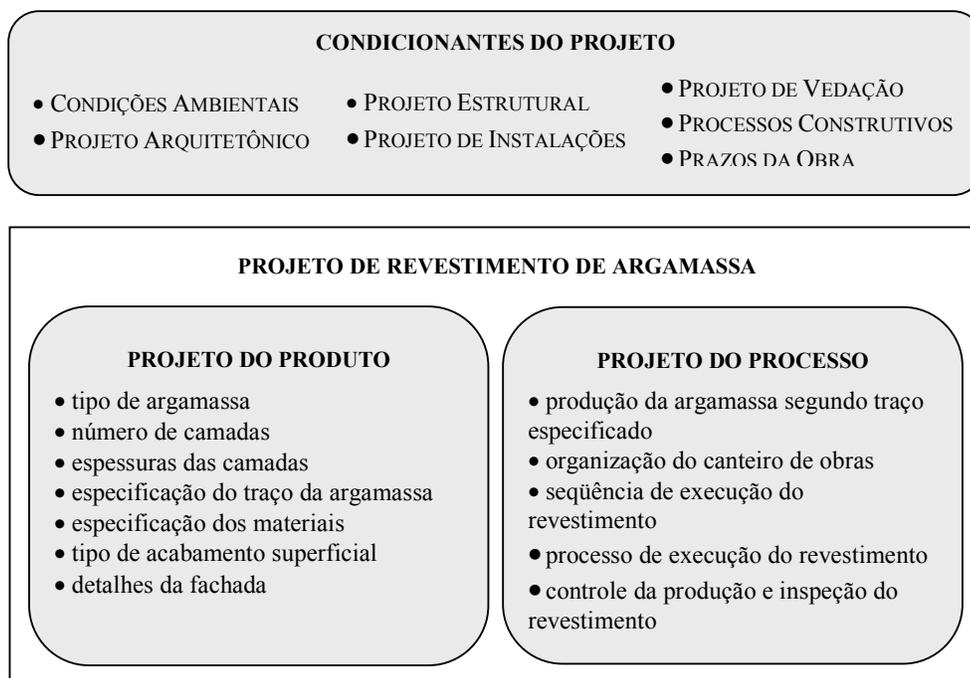


Figura 1: Projeto de revestimento de fachada

Ceotto et al. (2005) afirmam que a realização de um bom projeto de revestimento depende da qualidade e disponibilidade das informações para subsidiar as decisões do projetista, sendo necessário levar em consideração durante a elaboração do projeto os fatores condicionantes do

projeto, apontados na figura 1:

- informações sobre condições de insolação, regime de chuvas, umidade relativa do ar, temperatura, ventos predominantes, poluentes atmosféricos e outros são variáveis importantes para a formulação das argamassas, para as condições e períodos de aplicação, textura da camada decorativa, juntas, etc.;
- informações do projeto arquitetônico, como cores, detalhes e elementos decorativos são importantes para a paginação da fachada, elaboração de reforços e juntas, etc.;
- informações do projeto estrutural, como geometria, rigidez e deformações previstas, são variáveis importantes para definição de juntas, dos detalhes construtivos das ligações das alvenarias com as estruturas de concreto, preparação da base, definição da ponte de aderência (chapisco), etc.;
- interferências nas fachadas por parte das instalações, como rasgos e aberturas;
- informações do projeto de vedação, como materiais utilizados e suas interferências nos revestimentos de fachada;
- variáveis dos processos construtivos, como sistema de fôrma, resistência do concreto, equipamentos e mão-de-obra empregada são importantes para definições geométricas do projeto, especificação dos materiais da fachada e definição do processo de aplicação da argamassa; e
- informações dos prazos de construção da obra, como cronograma de atividades, são importantes para a elaboração do planejamento e definição da logística de produção.

No Brasil, ainda são raras as empresas de construção que contratam ou mesmo fazem projetos que tratem especificamente dos revestimentos das fachadas das edificações¹⁰ (SHIMIZU, 2001; FACHADA, 2003). Mesmo nas empresas que contratam projetos de revestimento estes não consideram todos os itens necessários para uma correta execução e um duradouro desempenho final. O aspecto mais importante na adoção de um projeto de revestimento está, na realidade, no acompanhamento da execução, verificando se os itens previstos no projeto são cumpridos da forma adequada (FACHADA, 2003). Ceotto et al. (2005) completam afirmando que existe pouco consenso entre os consultores, projetistas e pesquisadores do que deve ser um projeto de revestimento.

Os elementos do projeto de revestimento contidos na figura 1 serão discutidos nos próximos itens deste capítulo.

¹⁰ Esse assunto foi discutido no VI Simpósio Brasileiro de Tecnologias de Argamassas (VI SBTA), ocorrido em maio de 2005.

2.3.1 Tipos de argamassas

A NBR 13530 (1995c) utiliza os seguintes critérios para classificação das argamassas: número de camadas; ambiente de exposição; comportamento à umidade; comportamento a radiações; comportamento ao calor; acabamento de superfície; natureza do aglomerante; tipo de aglomerante; número de aglomerantes; propriedades específicas; função no revestimento; e forma de preparo ou fornecimento.

Os principais tipos de argamassas possuem denominação em função do aglomerante utilizado e da condição de fornecimento. Elas são classificadas em dois grandes grupos: as argamassas inorgânicas, constituídas por aglomerantes inorgânicos, de uso tradicional na construção; e as argamassas orgânicas, constituídas por aglomerantes orgânicos poliméricos, desenvolvidas recentemente e ainda pouco utilizadas na construção.

No Brasil, as argamassas inorgânicas podem ter como aglomerante cal hidratada, cimento Portland ou uma mistura de cal hidratada e cimento Portland, formando a argamassa mista. Cada tipo de argamassa apresenta propriedades diferentes.

As argamassas de cal são produzidas com cal hidratada, areia e água. Segundo Fiorito (1994) são utilizadas para emboço e reboco pela sua plasticidade e elasticidade e porque possibilitam um acabamento com melhor desempenho. Bonin et al. (1993) afirmam que este tipo de argamassa é pouco utilizado atualmente, embora tenha sido a solução construtiva tradicional para revestimentos de argamassa.

Em se tratando de argamassas de cimento Portland, são produzidas com cimento Portland, areia e água, resultando em revestimentos de baixa porosidade e com elevada resistência mecânica. Porém apresentam maior retração por secagem e conseqüentemente maior tendência à fissuração do revestimento. Por apresentar baixa plasticidade e retentividade, são pouco trabalháveis (BONIN et al., 1993). São bastante utilizadas nos chapiscos por apresentar alta resistência em curto prazo (FIORITO, 1994).

As argamassas mistas de cal hidratada e cimento Portland combinam as facilidades da argamassa simples de cal e da simples de cimento Portland. São compostas por cimento Portland, cal hidratada, areia e água, apresentando boa resistência mecânica, trabalhabilidade melhorada e alta durabilidade (FIORITO, 1994).

A NBR 13530 (ABNT, 1995c) apresenta a classificação das argamassas segundo as condições de fornecimento ou preparo. Na figura 2 tem-se os tipos de argamassa de acordo com essa classificação. A escolha pelo tipo de argamassa depende da situação de utilização, sendo influenciada pelas vantagens proporcionadas e pela relação custo-benefício.

Tipo de argamassa	Descrição e materiais constituintes
Preparada em obra	Medição e mistura em canteiro de obra de aglomerantes, areia e água, podendo também conter aditivos ou adições para melhoria das suas propriedades
Mistura semipronta para argamassa	Mistura de uma parte dos materiais constituintes da argamassa, com materiais medidos e homogeneamente misturados em fábrica ou no canteiro de obras, e fornecida para um último processo de mistura com a adição dos demais materiais constituintes da argamassa no canteiro de obras imediatamente antes da sua aplicação
Industrializada úmida	Mistura pronta para uso com proporções feitas em central, não necessitando de material adicional
Industrializada seca	Mistura seca pronta, ensacada ou fornecida em silos, necessitando somente de adição de água para preparo

Figura 2: Tipos de argamassa quanto às condições de fornecimento ou preparo

2.3.2 Número de camadas

Segundo a NBR 13749 (ABNT, 1996), os revestimentos de paredes podem ser constituídos por chapisco e emboço, como revestimento de camada única, ou por chapisco, emboço e reboco. Em revestimentos compostos por duas camadas, o emboço funciona como camada de regularização da base e o reboco como acabamento. Nos revestimentos constituídos por camada única, a mesma cumpre as duas funções, ou seja, as funções de regularização da base e de acabamento.

A NBR 13529 (1995b) não considera o chapisco uma camada de revestimento, chamando-a de camada contínua ou descontínua para preparo da base. Entretanto, embora o chapisco não represente efetivamente uma camada de revestimento, é de extrema importância para as camadas seguintes, servindo de regularização da base e de ancoragem mecânica para aderência da camada de argamassa com o substrato (FIORITO, 1994).

A necessidade da execução da camada de chapisco se dá em função das características da base a ser revestida. A NBR 7200 (ABNT, 1998) recomenda que quando a superfície a revestir for parcial ou totalmente não absorvente (de pouca aderência) ou quando a base não apresentar rugosidade superficial é necessária a aplicação prévia da camada de chapisco.

2.3.3 Espessuras de revestimento

As espessuras das camadas de revestimento externo recomendadas pela NBR 13749 (ABNT, 1996) para a obtenção de revestimentos com bom desempenho estão na faixa entre 20 e 30 mm. A norma não especifica valores diferentes para locais de maior exposição ou para revestimentos produzidos com argamassas de diferentes tipos.

Os revestimentos de argamassa que forem executados ultrapassando esses valores indicados pela

norma devem ter tratamentos diferenciados, além de normalmente gerarem perdas por espessura excessiva, que incluem as perdas dos materiais que compõem os revestimentos e perdas de mão-de-obra para a produção, transporte e aplicação das argamassas.

A norma NBR 7200 (ABNT, 1998) ressalta que, para que a argamassa possa ser aplicada em espessura uniforme, a base a ser revestida deve ser regular, devendo ser eliminadas as irregularidades superficiais. A correção de falhas com mais de 50 mm deve ser feita com enchimento de argamassa realizado em pelo menos duas etapas, sendo que a primeira deve secar por um período não inferior a 24 h e ser levemente umedecida quando da aplicação da segunda (ABNT, 1998).

Apesar das recomendações da NBR 7200 (1998), a literatura brasileira (SOUZA; MEKBEKIAN, 1996; BAÍA; SABBATINI, 2000) recomenda que para revestimentos com espessuras superiores às admissíveis pela norma, os mesmos devem ser executados em etapas, aguardando um intervalo de pelo menos 16 horas entre as camadas (preenchimento com massa). A execução de revestimentos com espessuras entre 30 e 50 mm deve ser realizada com aplicação da argamassa em duas etapas. Para espessuras de revestimento de argamassa entre 50 e 80 mm o revestimento deve ser executado em três aplicações da argamassa. Esses cuidados devem ser tomados para garantir a aderência entre as camadas de argamassa (SOUZA; MEKBEKIAN, 1996; BAÍA; SABBATINI, 2000).

Também, em revestimentos com espessuras superiores às indicadas pelas normas recomenda-se o reforço do revestimento de argamassa para assegurar uma maior aderência entre as camadas de argamassa ou mesmo entre o revestimento e a base (SOUZA; MEKBEKIAN, 1996).

2.3.4 Traços das argamassas

Ainda é prática freqüente na construção civil nacional a utilização de traços recomendados pela literatura técnica, tais como os sugeridos em manuais técnicos¹¹. Esses traços foram definidos levando em consideração as condições de produção e os materiais disponíveis no mercado de uma região específica, e que podem variar significativamente em outras regiões. Esta prática tem sido questionada a partir da implementação de programas de qualidade na construção, exigindo a especificação de soluções tecnológicas que utilizem de modo mais eficiente os insumos usados na produção e previnam a ocorrência de falhas no processo¹².

A escolha dos traços a serem utilizados nas obras deve seguir critérios e requisitos relacionados às reais condições de utilização, ou seja, é necessário que para cada obra sejam estudados os traços mais adequados, considerando a influência da base a ser aplicada, a qualidade e a racionalização dos recursos.

¹¹ YAZIGI, Walid. A técnica de edificar. São Paulo: PINI, 1998. Este livro, por exemplo, indica para emboço externo o traço 1:1:4 de cimento Portland, cal em pasta e areia grossa, em volume. Também, o Manual de referência técnica (BONIN et al., 1993) apresenta tabelas com sugestões de traços de argamassas para revestimento.

¹² Esta temática tem sido discutida nos Simpósios Brasileiros de Tecnologia das Argamassas (SBTA).

Campiteli et al. (1995) lembram que, considerando a grande variação das características dos materiais disponíveis no território nacional ou até numa mesma região, com um mesmo traço recomendado pode-se obter resultados substancialmente diferentes. Estes mesmos autores propuseram um método de dosagem de argamassa mista com base em resultados de desempenho, ao invés de uso de valores tabelados. Esse estudo indicou que o uso de tais valores pode levar a resultados muito diferentes dos pretendidos em função dos materiais utilizados. Por exemplo, ao se utilizar o traço 1:3:12 (cimento, cal hidratada e areia seca) e ao se modificar a origem da areia na confecção da argamassa, houve uma alteração de 12 vezes no resultado da resistência à compressão. Por fim, a adoção de traços tabelados pode conduzir a argamassas de desempenhos muito diferentes, a depender dos materiais utilizados.

Neste sentido, a escolha dos traços a serem utilizados nas obras de construção deve atender aos requisitos relacionados às diferentes situações de utilização. Ao mesmo tempo, o atendimento às especificações e aos proporcionamentos dos materiais nas obras deve ser rigorosamente obedecido. É sabido que o traço em massa oferece maior precisão na dosagem e, conseqüentemente, maior constância de qualidade da argamassa, por exemplo, para a dosagem de areia por causa do inchamento dos grãos em função da umidade (SOUZA, 2001). Por outro lado, as dificuldades de utilização em obra são maiores, o que motiva para que a dosagem seja feita tradicionalmente em volume, pela facilidade de execução (ABNT, 1998). 7200

Muitos traços utilizados constantemente nos canteiros de obra do Brasil, como, por exemplo, 1:2:9 e 1:3:12 (cimento, cal hidratada e areia seca) (CAMPITELLI et al., 1995), foram copiados de manuais técnicos de outros países, sem avaliações nem adaptações às condições locais. Embora esses traços tenham desempenho satisfatório declarado nos países que os originam (BDA PRACTICAL, 1973), eles nem sempre funcionam da mesma forma em outras condições, sendo necessário ajustes locais para sua utilização.

Cincotto et al. (1995) perceberam, em um levantamento realizado entre publicações nacionais, como os cadernos de encargos, a existência de uma gama excessivamente ampla de traços, os quais nem sempre possuem homogeneidade quanto às aplicações recomendadas. A maior variabilidade observada foi nas argamassas de emboço as quais variam de 1:1,5 a 1:4,5 em argamassa de cal e engloba os traços 1:1:3, 1:1:5,5, 1:3:7, 1:2:9 e 1:2:11 em argamassas mistas (CINCOTTO et al., 1995).

Também, os traços oferecidos com frequência são interpretados de forma errada e não sendo consideradas as recomendações colocadas¹³. A Associação de Desenvolvimento de Blocos de Londres (BDA) elaborou um documento (BDA PRACTICAL, 1973), no qual é proposta uma gama de traços constituídos por combinações de diferentes materiais (cimento Portland, cal hidratada, areia, aditivo plastificante, etc). Ao oferecer as opções de traços essa associação alerta para os devidos cuidados na sua utilização, principalmente em relação ao proporcionamento de areias (em volume, com ajustes em função da umidade da areia) e das cales (com diferenças nas

¹³ Nos Simpósios Brasileiros de Tecnologia das Argamassas, alguns trabalhos têm evidenciado diferenças no preparo das argamassas, como, por exemplo, o traço indica o uso de cal em pasta e é empregado cal em pó.

quantidades em função da natureza da cal).

Além disso, a NBR 7200 (ABNT, 1998) recomenda que, no dimensionamento dos recipientes de medição dos materiais, devem ser considerados como referência volumes compatíveis com o consumo de sacos inteiros do aglomerante.

Outro ponto a ser levantado refere-se às perdas de materiais geradas a partir do não efetivo uso dos traços especificados durante a produção das argamassas (AGOPYAN et al., 1998; SOUZA, 2001). Essa perda está relacionada principalmente ao consumo exagerado de aglomerantes em função de erros de medição.

2.3.5 Especificação dos materiais

Para AGOPYAN (1988), o conhecimento dos materiais empregados na construção é de vital importância para o projeto e a construção, sendo requisito em todas as etapas do processo construtivo de planejamento, de projeto, de materiais, da execução propriamente dita e de uso (operação e manutenção do edifício).

A correta e completa especificação dos diferentes materiais componentes das argamassas de revestimento dever ser feita com muito cuidado para evitar que as variações nas características de um mesmo material não sejam desconsideradas ou mesmo as variações entre os diferentes materiais. Para o cimento Portland, por exemplo, tem-se diferentes tipos do material com diferentes características e especificações de uso (CP-I, CP-II, CP-III, CP-IV, CP-V e variações). A cal hidratada para argamassas pode ser classificada em três tipos: CH-I, CH-II e CH-III, relacionadas com os teores de óxidos não hidratados e de carbonatos, conforme indicação na NBR 7175 (ABNT, 2003). Até mesmo a troca do fornecedor do material pode provocar mudanças nas especificações. Isto é muito evidente na especificação das cales, onde pode-se ter materiais com características distintas entre os diferentes fornecedores para um mesmo tipo de cal. Ainda, Campiteli et al. (1995) ressaltam que há uma grande variabilidade de cales hidratadas disponíveis no mercado que podem apresentar rendimentos diferentes.

Pelo exposto, todos os materiais constituintes da argamassa devem ser criteriosamente especificados no projeto, sendo importante também que haja um controle de recebimento dos materiais, avaliando a conformidade do produto em relação à quantidade e a qualidade do material, incluindo aspectos fáceis de serem percebidos, como aparência visual, até aspectos mais complexos e difíceis de serem observados em canteiro de obra, como, por exemplo, a granulometria de areias, os quais demandam a realização de ensaios. Além disso, em se tratando de areias, é sabido que suas características variam ao longo da obra, devido a fatores como, por exemplo, mudanças no rio.

2.3.6 Tipo de acabamento superficial

O tipo de acabamento superficial dos revestimentos de argamassa é uma das variáveis do projeto de revestimento, tendo muita ligação com a sua destinação, ou seja, depende do tipo de tratamento subsequente desses revestimentos, tais como pintura, textura, assentamento de peças cerâmicas ou outro material. Segundo a NBR 7200 (1998), o acabamento da superfície deve estar de acordo com a especificação do projeto e ser executado conforme as recomendações contidas nesta norma. Ela prescreve que as ações recomendadas devem ser realizadas após a área a ser revestida ser totalmente preenchida e tendo a argamassa adquirido a consistência adequada.

Souza e Mekbekian (1996) apresentam um conjunto de recomendações para o tipo de desempenho, em função do acabamento final do revestimento, apresentadas na figura 3. Esses autores definem a atividade de desempenho da argamassa como o tratamento da superfície do revestimento através de movimentos circulares com uso de uma ferramenta própria para essa ação, a desempenadeira.

Tipo de desempenho	Acabamento da argamassa	Acabamento final do revestimento
Grosso	Regular e compacto, não muito liso	Revestimentos com espessura maior que 5 mm (placas cerâmicas, por exemplo)
Fino	Homogêneo, liso e sem imperfeições visíveis	Revestimentos texturados e pintura em textura acrílica
Acuraçado	Homogêneo, liso e compacto	Pintura com tintas minerais, látex PVA ou acrílico

Fonte: Souza; Mekbekian (1996)

Figura 3: Tipo de desempenho em função do acabamento final do revestimento

2.3.7 Detalhes construtivos da fachada

O uso de detalhes construtivos nas fachadas das edificações muitas vezes está relacionado a proporcionar uma estética agradável para seus usuários e para os observadores externos. A previsão desses detalhes deve ser feita de forma cuidadosa, evitando que esses elementos resultem em pontos frágeis para a fachada das edificações.

Os detalhes construtivos também contribuem para o melhor comportamento do revestimento de argamassa. Geralmente, as edificações estão sujeitas a ações externas de exposição, quer seja do vento quer seja da água (BONIN et al., 1993). Para minimização ou mesmo na busca de eliminação dos efeitos provocados pelas condições de exposição, alguns cuidados são necessários, podendo aproveitar as vantagens dos detalhes arquitetônicos das fachadas de forma que os mesmos protejam os revestimentos da ação da água da chuva nas superfícies (BONIN et al., 1993).

Os detalhes construtivos devem ser criteriosamente definidos no projeto de revestimento, almejando a contribuição para um produto final com a vida útil desejada. Também, a criação de ferramentas que facilitem a execução e a qualificação da mão-de-obra tem uma importante

influência na obtenção de melhores desempenhos.

Segundo Cincotto et al. (1995), os detalhes construtivos que protegem as fachadas são, em geral, os que atuam sobre o fluxo de água de modo a facilitar o escoamento e evitar o comprometimento da estanqueidade da parede.

O desenho geométrico das fachadas, com uso de juntas de movimentação ou de detalhes tais como, pingadeiras, frisos, peitoris, colunas, quinas, cantos, molduras, almofadas, e a textura de sua superfície interferem na forma de manchamento e envelhecimento do revestimento, já que estão relacionados ao fluxo pelo qual as águas das chuvas percorrem (BONIN et al., 1993). Ainda, segundo Bonin et al. (1993), a orientação da fachada tem um importante papel na incidência de chuva, sendo que as fachadas expostas receberão maior quantidade de água de chuva que as não expostas. A ação da chuva ocorre em maior intensidade quando a chuva é dirigida pelo vento de tal forma que atinge as superfícies verticais dos edifícios (BONIN et al., 1993).

As projeções horizontais e verticais presentes nas fachadas funcionam como meios de controle do fluxo de água e podem assumir várias formas distintas nos detalhes construtivos (CINCOTTO et al., 1995). Entretanto, alguns elementos na fachada das edificações funcionam como pontos de depósito de sujeira ou outro material particulado da atmosfera, sendo que os poluentes são acumulados nas superfícies dos edifícios por deposição úmida pela chuva ou por deposição seca direta do ar (PETRUCCI, 2002). Citam-se como exemplos de elementos que influenciam no fluxo de água nas fachadas as juntas de construção e de expansão, pilares e colunas, reentrâncias e saliências decorativas, parapeitos de janelas. Cincotto et al. (1995) ainda citam como elementos de controle do fluxo de água alguns recursos de proteção como, por exemplo, os beirais de telhados, as pingadeiras que protegem juntas entre elementos da edificação, as molduras e os ressaltos.

O peitoril é um exemplo de detalhe que protege a fachada da ação da chuva, mas que caso não seja corretamente projetado e executado pode facilitar a ocorrência não desejada da deposição de poeira e de manchas de umidade com cultura de esporos de microorganismos nessas regiões (BAÍA; SABBATINI, 2000). Recomenda-se que os peitoris avancem sobre a parede adjacente, ressaltem do plano da fachada e apresentem um canal na face inferior para o descolamento da água, o qual recebe o nome de pingadeira ou lacrimal (BAÍA; SABBATINI, 2000). O avanço lateral do peitoril evita que o fluxo de água se concentre nas laterais desse elemento.

Alguns detalhes construtivos nas fachadas estão relacionados fortemente com a prevenção do aparecimento de problemas patológicos, como, por exemplo, as juntas de trabalho e os reforços do revestimento.

As juntas de trabalho no revestimento (frisos) devem ser executadas a cada pavimento, de preferência localizadas no encontro da alvenaria com a estrutura, no encontro de dois tipos de revestimento, nos peitoris ou nos topos de janela, acompanhando as juntas de trabalho do substrato ou de dilatação da estrutura (SOUZA; MEKBEKIAN, 1996). Devem ser feitas logo após a execução do desempenho, com função de subdividir o revestimento de forma a aliviar tensões provocadas pela movimentação da base ou do próprio revestimento (BAÍA; SABBATINI, 2000).

Algumas regiões numa edificação estão mais propensas a sofrerem tensões mais elevadas que outras. Nas fachadas podem ocorrer esforços de tração e de cisalhamento agindo na interface revestimento-base, sendo necessário reforçar a camada de revestimento nessas regiões para evitar que o trabalho da estrutura acarrete em fissuras no revestimento (BONIN et al., 1993). Na interface estrutura-alvenaria do primeiro pavimento sobre pilotis e dos dois ou três últimos pavimentos recomenda-se reforçar a camada de argamassa com telas metálicas galvanizadas a fim de evitar o aparecimento de possíveis fissuras (SOUZA; MEKBEKIAN, 1996).

A colocação das telas de reforço do revestimento em argamassa deve ser feita na região entre os elementos estruturais horizontais e as alvenarias, na região entre os elementos estruturais verticais e as alvenarias ou em qualquer região em que a rigidez dos elementos estruturais estabelecidos no projeto da edificação possam provocar movimentações da estrutura (MANUAL, 2003).

2.3.8 Organização do canteiro de obras e produção da argamassa

A definição do projeto de implantação do canteiro de obras é de elevada importância para o processo de execução de revestimentos de argamassa, uma vez que, em função dos diferentes processos ao longo da obra, tem-se uma diferente organização dos espaços e dos materiais (SOUZA, 2000). Souza (2000) completa afirmando que a entrada dos revestimentos argamassados pode representar o pico de necessidade de espaços para o canteiro e de demanda por transporte vertical, sendo que esta fase deve ser analisada cuidadosamente para que o sistema de movimentação e armazenamento de materiais tenha a capacidade necessária para evitar interferências entre diferentes processos dentro do canteiro de obras.

Saurin (1997) considera bastante clara a necessidade de se realizar um bom planejamento e gerenciamento do sistema de movimentação e armazenamento de materiais, afirmando que a eficiência desse sistema afeta diretamente a produtividade e, por conseqüência, o nível de desperdício de materiais e de mão-de-obra.

A tarefa do planejamento do sistema de movimentação e armazenamento de materiais está intimamente ligada à definição do *layout* de canteiro, influenciando e sendo influenciado por tal atividade (SAURIN, 1997). Este autor afirma que, de um lado, o sistema de movimentação e armazenamento de materiais influencia o projeto de *layout*, através do estabelecimento dos requisitos de armazenamento de cada material e dos tipos e quantidades de equipamentos de transporte utilizados. Por outro lado, o *layout* de canteiro estabelece restrições para essas decisões, além de se constituir em um dos principais determinantes da eficiência da movimentação e armazenagem, podendo facilitar ou dificultar estes processos.

Dessa forma, é fundamental o planejamento do canteiro de obras considerando as necessidades do processo de execução de revestimentos, pois, por exemplo, caso a argamassa seja produzida no canteiro há uma necessidade de previsão de áreas de estocagem para as matérias-primas como cimento Portland, cal hidratada, areia e saibro, levando-se em consideração a proximidade desses locais à central de argamassa e também a não interferência desse processo aos outros do canteiro.

Caso a argamassa seja ensacada, pré-dosada em usinas ou silos devem ser previstas áreas de estocagem antes do início da obra (MASSETTO et al., 1998).

Também, o planejamento da produção diária de revestimento de fachada de argamassa deve ser cuidadosamente realizado. A quantidade de argamassa produzida deve estar de acordo com a área a ser revestida em cada dia de execução, necessitando de uma prévia medição e da análise da capacidade de produção da mão-de-obra de aplicação (CARNEIRO, 1993).

Para a confecção das argamassas é necessário que suas especificações sejam definidas anteriormente, tais como as especificações dos materiais, dos traços e dos procedimentos de mistura, inclusive com indicação dos equipamentos mais adequados para o tipo de argamassa escolhido.

A indicação do tipo de argamassa deve constar em projeto levando-se em consideração o tipo mais adequado à realidade de utilização na construção, sendo a decisão tomada a partir de aspectos relacionados aos benefícios pretendidos. Tais benefícios podem incluir a racionalização de recursos (por exemplo, menor utilização de mão-de-obra), cumprimento de prazos, viabilidade econômica ou solução devido à escassez de espaços.

A escolha entre os diferentes tipos de argamassa tem grande interferência na organização do canteiro de obras, na necessidade de espaços para armazenamento e mistura dos materiais, nos equipamentos de transportes necessários, no uso de ferramentas e no fluxo de materiais e pessoas dentro do canteiro.

Também, a determinação e uso dos tipos de argamassa têm uma forte relação com a geração de perdas, implicando na movimentação de uma quantidade maior de materiais. Assim, como cada tipo de argamassa demanda uma configuração diferente do sistema de produção, a existência e intensidade de perdas no processo dependem da decisão pelos diferentes tipos de argamassa quanto à forma de produção (feita em obra, industrializada ou mistura semipronta para argamassa).

2.3.9 Seqüência de execução do revestimento

A definição da seqüência de execução deve estabelecer a ordenação das etapas de execução ao longo da fachada, respeitando os intervalos mínimos de execução recomendados entre as mesmas (MACIEL; MELHADO, 1999).

As recomendações para as idades mínimas das bases de revestimento, quando do uso de argamassas feitas em obra, estão apresentadas na figura 4 (ABNT, 1998). Para os revestimentos executados com argamassas industrializadas ou dosadas em central, estes prazos podem ser alterados, se houver instrução específica do fornecedor. Ainda, quando a argamassa de emboço for aplicada em mais de uma demão, deve-se respeitar o prazo de 24 h entre as aplicações (ABNT, 1998).

Segundo Maciel e Melhado (1999), a seqüência de execução orienta o planejamento da produção,

no qual deve ser feito o dimensionamento das equipes de execução, além de auxiliar na identificação de interferências com outros serviços dentro do canteiro de obras.

Base	Idade mínima recomendada (dias)
Estruturas de concreto e alvenarias armadas estruturais	28
Alvenarias não armadas estruturais e alvenarias sem função estrutural de tijolos, blocos cerâmicos, blocos de concreto e concreto celular	14
Chapisco para aplicação do emboço ou camada única	3 ¹⁴
Emboço de argamassa de cal, para início dos serviços de reboco	21
Emboço de argamassas mistas ou hidráulicas, para início dos serviços de reboco	7
Revestimento de reboco ou camada única, para execução de acabamento decorativo	21

Fonte: ABNT (1998)

Figura 4: Recomendações de idades para intervalos entre os serviços de revestimento

2.3.10 Processo de produção do revestimento de argamassa

2.3.10.1 Preparação da base do revestimento

Antes do início da execução propriamente dita do revestimento com a aplicação da argamassa é necessário que a base a ser revestida seja preparada. Essa preparação envolve a remoção de sujeiras (materiais pulverulentos, graxas, óleos, desmoldantes e fungos), a retirada de irregularidades metálicas (pregos, fios, arames e pontas de ferro) e o preenchimento de furos provenientes de rasgos, depressões localizadas, quebra parcial de blocos, falhas de concretagens, entre outros (BONIN et al., 1993; SOUZA; MEKBKIAN, 1996). Também, é necessário que seja verificado o correto posicionamento de tubulações e elementos das instalações embutidas. Deve ser observada a presença de infiltração de umidade nos planos a serem revestidos, definindo-se soluções para a eliminação da infiltração antes de prosseguir com os demais procedimentos de preparação da base (ABNT, 1998).

O tratamento recomendado para remoção de óleo desmoldante, graxas e outros contaminantes gordurosos, os quais dificultam a aderência da argamassa à base, é a limpeza com utilização de soluções alcalinas ou ácidas, seguindo os procedimentos prescritos pela NBR 7200 (1998).

Quando a base for composta por diferentes materiais e for submetida a esforços que gerem deformações diferenciais consideráveis (tais como platibandas, balanços e últimos pavimentos), a NBR 7200 (1998) recomenda que se deve utilizar tela metálica, plástica ou de outro material semelhante na junção destes materiais, criando dessa forma uma zona capaz de suportar as

¹⁴ Para climas quentes e secos, com temperatura acima de 30°C, este prazo pode ser reduzido para dois dias (ABNT, 1998)

movimentações diferenciais a que estará sujeita. Alternativamente, a NBR 7200 (1998) sugere que possa ser especificada a execução de uma junta que separe o revestimento aplicado sobre os dois materiais, permitindo que cada parte movimente-se independentemente.

Após a limpeza da base procede-se a realização da camada de chapisco, a qual regulariza a absorção da base e melhora a aderência. Entretanto, deve-se atentar para a real necessidade de execução desta camada com os cuidados adicionais de acordo com as diferentes bases (ABNT, 1998). Os procedimentos de preparação das bases de revestimento, a partir da verificação das condições da base, da correção de irregularidades, dos cuidados para execução em bases contíguas diferentes, de limpeza da base e de aplicação do chapisco estão especificados na norma NBR 7200 (ABNT, 1998).

Scartezini et al. (2002) estudaram a influência do preparo da base na aderência e na permeabilidade à água dos revestimentos de argamassa aplicados sobre blocos cerâmicos. Os resultados indicaram que os diferentes tipos de preparos da base alteraram as características do substrato com relação à absorção de água, o que, segundo esses autores, se traduz em uma mudança no comportamento quanto ao mecanismo de aderência dos revestimentos de argamassa. Ainda, devido às juntas de assentamento da alvenaria possuírem características diferentes dos blocos, como estrutura e tamanho dos poros, existe uma influência nas características de absorção de água do substrato, principalmente quando o substrato não é tratado (SCARTEZINI et al., 2002). Scartezini et al. (2002) lembram que o chapisco ajuda parcialmente na homogeneização, diminuindo as diferenças de absorção entre o bloco e a junta.

Silva e Liborio (2005) evidenciam a necessidade de cuidados na especificação e confecção da argamassa de chapisco para preparação da base em estrutura de concreto armado em relação à quantidade de água empregada, devido à baixa absorção desse tipo de substrato. Segundo esses autores pode ocorrer o descolamento do revestimento do substrato de concreto tratado com chapisco de alta relação água/cimento, conforme ilustrado na figura 5.



Fonte: Liborio, 2000/2001 apud Silva; Liborio, 2005¹⁵

Figura 5: Descolamento do revestimento na interface substrato-revestimento

¹⁵ LIBORIO, J. B. L. Estudo da aderência de chapisco modificado com adição de sílica ativa de ferro-silício em elementos estruturais de concreto armado. Estudo não divulgado – Relatório Interunidades EESC-IFSC-IQS, 2000/2001.

2.3.10.2 Aplicação das argamassas de revestimento

A aplicação da argamassa somente pode ser iniciada após a base estar adequadamente preparada, a seqüência de execução dos panos estar definida e o taliscamento da fachada concluído. Também, a locação dos arames de referência e o mapeamento da fachada devem ser realizados através da verificação das distâncias entre as linhas (arames) de referência e a base a ser revestida, inclusive com análise crítica das espessuras finais obtidas. O taliscamento deve ser realizado obedecendo aos espaçamentos definidos no projeto, sendo realizado após o mapeamento da fachada.

A aplicação da argamassa de revestimento sobre a superfície deve ser feita por projeção enérgica do material sobre a base, de forma manual ou mecânica. Depois deve ser feita uma compressão com a colher de pedreiro, caso a aplicação seja manual, para eliminação dos vazios na camada de argamassa e um tratamento posterior da superfície do revestimento (BAÍÁ; SABBATINI, 2000).

A qualidade do revestimento de argamassa a partir da aplicação manual das argamassas de revestimento recebe grande influência da habilidade do operário, sendo suscetível a falhas pela não uniformidade da energia de aplicação empregada e conseqüentemente pela não adesão completa à base. Essa habilidade na aplicação varia de operário para operário e também pode variar entre um mesmo operário, dependendo da sua disposição física e de sua prática com o serviço, isto é, do efeito aprendido adquirido com a repetição das atividades.

O ensaio normalizado pela NBR 13528 (ABNT, 1995a) determina a resistência de aderência¹⁶ à tração de revestimentos e tetos de argamassas inorgânicas. Cincotto et al. (1995) apontam que a resistência de aderência à tração do revestimento é a medida da interação argamassa/substrato, a qual depende de características tanto da argamassa quanto do substrato, além da forma de aplicação do revestimento. Esses autores ressaltam que a forma de aplicação do revestimento apresenta-se bastante inconstante ao longo da execução, o que conduz a uma alta variabilidade da resistência de aderência (CINCOTTO et al., 1995).

Duailibe et al. (2005) lembram que a argamassa, quando lançada por projeção mecânica, tem maiores chances de ter uma maior extensão de aderência, já que a pressão utilizada para o lançamento (aproximadamente 7,0 Kg/cm²) é maior que a conferida pelo pedreiro no lançamento manual. Ainda citam que outra vantagem do lançamento por projeção é o maior controle da produção, uma vez que a pressão de lançamento é controlada por um manômetro que indica a pressão com que o ar está projetando a argamassa. Também, devido à energia de lançamento que propicia a diminuição dos vazios entre as “cheias”, as argamassas lançadas por projeção têm em geral maior compacidade que as lançadas manualmente (DUAILIBE et al., 2005).

Estudos realizados por Duailibe et al. (2005) através da execução de uma parede de alvenaria com dimensões 12,0 x 1,0 m e da aplicação do revestimento a partir do lançamento manual e projetado de argamassa concluíram que existe diferença significativa entre os dois tipos de aplicação da

¹⁶ Aderência é propriedade do revestimento de resistir a tensões normais ou tangenciais atuantes na interface com o substrato (ABNT, 1995a)

argamassa, sendo a argamassa projetada a que apresentou maiores valores de resistência de aderência à tração.

Para Bonin et al. (1997) a confiança no saber empírico dos profissionais responsáveis pela execução dos serviços de revestimento nos canteiros de obra cada vez mais se mostra insustentável. Neste sentido, a mão-de-obra deve receber instruções sobre a correta execução do serviço.

2.3.10.3 Controle da execução e inspeção do revestimento

Durante todo o processo de execução do revestimento de argamassa é indispensável que haja controle do processo de forma a garantir que os padrões estabelecidos pelo projeto e pelos procedimentos de execução sejam seguidos. Este controle deve ser rigorosamente feito antes, durante e depois de concluído o serviço, incluindo todas as fases da execução. Segundo Ceotto et al. (2005), as várias etapas da execução das fachadas devem ser fiscalizadas e testadas por meio de avaliações qualitativas e quantitativas.

Para realização do controle da execução é imprescindível que existam documentos, tais como procedimentos e instruções de trabalho. Em se tratando de revestimentos, um procedimento, tal qual afirmam Souza e Mekbekian (1996), tem o objetivo de padronizar e fornecer diretrizes para a execução do serviço, de maneira a assegurar que o mesmo alcance o desempenho adequado. Os procedimentos devem conter diretrizes para execução do revestimento conforme as especificações do projeto de revestimento. Além desses benefícios, a documentação dos procedimentos de execução de revestimento de argamassa permite (REIS; MELHADO, 1999):

- A melhoria da integração entre os setores e obras da mesma empresa;
- o registro da cultura da empresa;
- a possibilidade de estabelecer responsáveis pela gestão da produção dos revestimentos;
- a possibilidade de a empresa definir claramente o que deseja e precisa dos agentes externos à produção; e
- a maior capacidade de inovar e melhorar continuamente os processos.

Entretanto, para o estabelecimento de padrões que levem à qualidade e à produtividade desejadas a existência apenas de documentos não é suficiente, sendo ainda necessário o seguimento efetivo das ações estabelecidas nestes documentos, o treinamento das pessoas envolvidas, entre outros.

A existência de projeto de revestimento na obra oferece maior base para que as empresas construtoras controlem a qualidade do material e da execução, já que, muitas vezes, o construtor não sabe exatamente como deve ser o revestimento e se vê obrigado a confiar em quem tem essas informações, mesmo que de forma equivocada (FACHADA, 2003).

2.4 MANUTENÇÃO, CONSERVAÇÃO E MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS NOS REVESTIMENTOS DE ARGAMASSA

Segundo Peres (2004), atualmente, na tentativa de racionalizar as construções, de buscar o máximo de economia e também a partir do maior conhecimento dos materiais usados nas construções procura-se o limite que estes podem alcançar, aumentando, dessa forma, as chances de ocorrência de problemas patológicos.

Em se tratando dos revestimentos de fachada, muitos são os problemas observados nas edificações, os quais prejudicam o aspecto estético, provocam insatisfação aos usuários, principalmente do ponto de vista econômico, além de trazerem perigos para os que transitam nas proximidades dos empreendimentos, a partir da desagregação de suas partes.

Para Cincotto (1988), muitos fenômenos patológicos nos revestimentos de argamassa apresentam-se como resultados de uma ou mais causas, entre as quais podem ser destacadas: fatores externos ao revestimento; associados à utilização desse revestimento ao longo do tempo; má aplicação do revestimento; mau proporcionamento das argamassas; e tipo e qualidade dos materiais empregados na preparação das argamassas de revestimento.

Ainda segundo Baía e Sabbatini (2000), os problemas que ocorrem durante a fase de execução são em razão da não-conformidade entre o que foi projetado e o que foi executado, das alterações inadequadas das especificações de projeto, da má qualidade dos materiais empregados, das técnicas inadequadas de produção e controle da argamassa e do revestimento e da mão-de-obra despreparada. Também, os problemas podem ser originados em razão das falhas do projeto ou pela ausência de um projeto específico de revestimento.

Assim, o desempenho inadequado da argamassa de revestimento reflete-se sobre o desempenho da superfície externa como um todo, comprometendo as funções pretendidas na fase do projeto (CINCOTTO et al., 1995). Além disso, a manutenção das fachadas das edificações em utilização geralmente é negligenciada pelos usuários, adicionando-se a isso a falta de cumprimento quanto às normas de uso aconselhadas pelas construtoras (BANDUK, 2004). Essa manutenção tem o caráter preventivo com limpeza e realização de reparos na fachada a fim de evitar o processo de deterioração (CEOTTO et al., 2005). Selmo (1989b) ainda sugere que os revestimentos externos de argamassa e pintura mereçam a atenção dos usuários, através de serviços rotineiros de manutenção, em especial, repintura e reparo de eventuais danos.

Ceotto et al. (2005) sugerem que deve haver inspeções periódicas e programadas para avaliação e monitoramento do desempenho dos revestimentos, considerando sua exposição às intempéries, às possíveis deformações estruturais e às movimentações térmicas e higroscópicas. Esses autores recomendam que as inspeções preventivas devam ocorrer ao primeiro, terceiro e quinto ano após a entrega para uso. Para as inspeções a partir do terceiro ano após a ocupação, Ceotto et al. (2005) indicam que se deva preceder a lavagem da fachada com jato d'água pressurizado, no sentido de cima para baixo, sem a utilização de qualquer detergente ou produto químico. Essa lavagem tem o objetivo de facilitar a inspeção visual, bem como de eliminar impregnações de fuligem

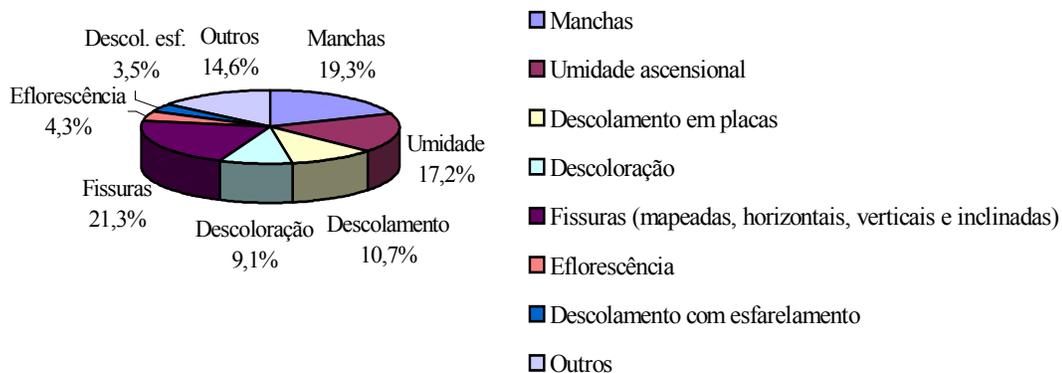
ácida ou fungos, que aceleram a degradação do revestimento.

Finalmente, para Banduk (2004), a manutenção do revestimento deve compreender um conjunto de ações periódicas que tem por finalidade aumentar o prolongamento de sua vida útil a um custo compensador, com medidas que devem ser previstas no manual de manutenção da edificação, devendo ser seguidas pelos usuários.

Cincotto (1988) afirma que a possibilidade de reparos é em função do tipo e extensão do dano existente, sendo necessária a identificação das causas e da gravidade do problema para melhor decidir sobre a solução a ser adotada.

Num levantamento de manifestações patológicas em 424 fachadas de edificações da cidade de Pelotas-RS, realizado através de verificações visuais, foi constatado que 6,5% das manifestações eram fissuras mapeadas, 5,4% fissuras horizontais, 5,3% fissuras verticais e 4,1% fissuras inclinadas, totalizando 21,3% de incidência de fissuras, conforme apresentado na figura 6 (TERRA, 2001).

Das fachadas estudadas, 71,20% possuíam apenas um pavimento e 6,2% possuíam de 3 a 6 pavimentos, sendo que a maioria dos problemas registrados estava localizado nas bases das edificações, nas paredes "cegas" e nas platibandas, representando 67,1% do total.



Fonte: Terra, 2001

Figura 6: Incidência de manifestações patológicas em fachadas de edificações de Pelotas-RS

Segundo Terra (2001), a cidade de Pelotas, além de ser muito úmida, tem altitude próxima do nível do mar, apresentando o lençol freático bastante superficial, o que justifica, talvez, a grande incidência de umidade ascensional. O autor afirma que, talvez, a maior incidência de lesões nas bases das edificações se deu em função de não terem sido tomados os cuidados que a boa técnica construtiva recomenda a este elemento construtivo, tais como impermeabilização até a altura de 70 cm e uso de revestimentos mais fortes, capazes de resistir choques, erosão e água de respingo.

2.5 DISCUSSÃO

A importância da elaboração de um projeto específico para o processo de produção de revestimentos é inquestionável. Entretanto, o projeto deve ser completo, considerando todos os condicionantes, pois são vários os fatores que afetam e influenciam o desempenho final dos sistemas de revestimento, sendo alguns predominantes, tais como as condições ambientais. Alguns destes fatores são mais difíceis de serem controlados que outros, entre os quais se pode destacar a mão-de-obra empregada.

As escolhas realizadas pelos construtores ou contratantes da construção durante a etapa de projeto, na tentativa de economia de recursos, podem afetar o desempenho do sistema de revestimento por toda sua vida útil.

Mesmo após as decisões de projeto, o sistema de revestimento pode não alcançar o desempenho esperado e desejado, uma vez que, vários fatores tendem a afetar a qualidade do processo de execução, tais como a eficácia do controle da produção da argamassa e do revestimento propriamente dito e a falta de conservação e manutenção.

3 DIRETRIZES E FERRAMENTAS PARA GESTÃO DE PROCESSOS

Este capítulo apresenta alguns conceitos e princípios de gestão da produção que se aplicam à indústria da construção, assim como diretrizes para avaliar o desempenho de processos. Também, faz-se uma discussão sobre algumas ferramentas de gestão indicadas para estudo do processo de execução de revestimentos de argamassa.

3.1 CONCEITOS E PRINCÍPIOS BÁSICOS DE GESTÃO DA PRODUÇÃO

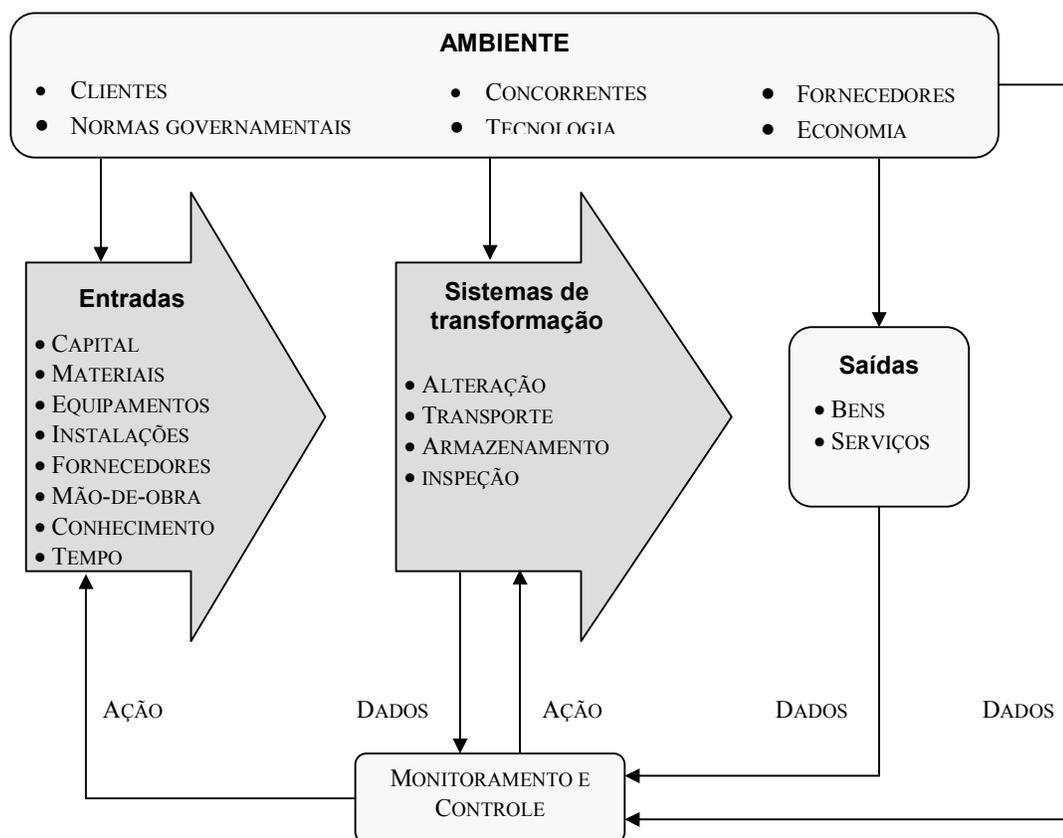
3.1.1 Conceito de sistema de produção

Gaither e Frazier (2002) afirmam que, ao longo dos anos, surgiram muitas maneiras de abordar o estudo da administração da produção e das operações, sendo que, entre as abordagens tradicionais, três tendem a predominar: a produção como um sistema, a produção como uma função organizacional e a tomada de decisões na administração da produção e das operações. Este trabalho utiliza especificamente o conceito de produção como um sistema.

Um sistema é uma reunião, com objetivo ou propósito definido, de pessoas, objetos e procedimentos para operar num ambiente (MEREDITH; SHAFER, 2002). Segundo Gaither e Frazier (2002), um sistema de produção recebe insumos na forma de materiais, pessoal, capital, serviços públicos e informação, os quais são modificados num subsistema de transformação para os produtos e serviços desejados, denominados de produtos.

A figura 7 ilustra o sistema de produção e também o conceito de processo de conversão, segundo Meredith e Shafer (2002), no qual se tem que um sistema de produção é definido em termos de ambiente, insumos, sistema de transformação, produtos e o mecanismo utilizado para monitorar e controlar. O ambiente representa os aspectos externos do sistema de produção que o influenciam de alguma maneira. Embora o ambiente esteja fora do controle das pessoas que tomam as decisões no sistema, deve-se levá-lo em consideração por causa de sua influência no sistema (MEREDITH; SHAFER, 2002).

No modelo do sistema de produção de Meredith e Shafer (figura 7) inclui-se uma etapa de monitoramento e controle do sistema justificada pelo fato do mundo estar em constante mudança, sendo necessária a realização de medidas corretivas quando o sistema não estiver atingindo o seu objetivo. Dessa forma, é importante e necessário coletar dados continuamente do ambiente, do sistema de transformação e dos produtos e, através da análise desses dados, pode-se realizar as medidas adequadas (ações) para ampliar o desempenho geral do sistema (MEREDITH; SHAFER, 2002).



Fonte: Meredith; Shafer (2002)

Figura 7: Sistema de produção

Ainda tomando como referência a figura 7, observa-se que este modelo apresenta um diferencial em relação aos tradicionais modelos de conversão utilizados pela indústria da construção. O modelo de conversão é o tradicionalmente usado na construção civil. O controle da produção e o esforço pelas melhorias devem ser focados no sistema de produção como um todo, não sendo, dessa maneira, limitado aos subprocessos individuais.

Em resumo, na figura 7 tem-se o sistema de produção (ambiente, insumos, sistema de transformação, produtos e mecanismos de controle) através da qual fica claro que o sistema de transformação é a parte do sistema que acrescenta valor aos produtos, isto é, à produção.

As vantagens de se pensar na produção como um sistema começam na perspectiva dos sistemas se concentrarem na interação dos componentes individuais que os compõem, oferecendo um quadro amplo e completo de toda a situação e também enfatizando as relações entre os vários componentes (MEREDITH; SHAFER, 2002).

3.1.2 Conceito de processo

Independente do fato de uma organização ter ou não fins lucrativos, ser basicamente prestadora de

serviço ou fabricante, pública ou privada, ela existe para gerar valor (MEREDITH; SHAFER, 2002). Para Slack et al. (1997) qualquer operação que produz bens ou serviços, ou um misto dos dois, o faz através de um processo de transformação de recursos. Entende-se processo como o fluxo de materiais no tempo e no espaço, ou seja, é a transformação das matérias-primas em componentes semi-acabados, até o produto acabado (SHINGO, 1996a).

Assim, o conceito de processo tem dois enfoques principais: o processo como uma conversão e o processo como fluxo. Seguindo o conceito de processo segundo a produção em massa, o processo de produção é uma atividade de transformação de elementos da produção em produto (KOSKELA, 2000). O modelo de conversão, seguindo esse conceito de processo, está ilustrado na figura 8.



Fonte: Slack et al. (1997)

Figura 8: Modelo de conversão

Ainda, de acordo com Koskela (1992), no modelo de conversão pode ser definido que: um processo de produção é uma conversão de um *input* em um *output*; o processo de conversão pode ser dividido em subprocessos, os quais também são processos de conversão; o custo total de um processo pode ser minimizado através da minimização do custo de cada subprocesso; e o valor do *output* de um processo está associado com o custo (ou valor) dos *inputs* daquele processo.

Esta visão convencional de processo é criticada por Shingo (1996a, 1996b) e por Koskela (1992). Esses autores afirmam que por focar nas conversões, o modelo convencional desconsidera o fluxo físico entre as conversões.

Shingo (1996a) considera processo um fluxo de produtos, ou seja, são os estágios através dos quais a matéria-prima move-se gradualmente para tornar-se produtos finalizados. Este conceito também é adotado por Koskela (1992) que sugere que processo como fluxo de materiais ou informações desde a matéria-prima até o produto final é mais adequado.

Ainda, os fluxos dos processos podem ser caracterizados pelo tempo, custo e valor, nos quais o valor refere-se ao atendimento dos requisitos dos clientes (KOSKELA, 1992).

Sendo o sistema de transformação (figura 7) a parte do sistema que acrescenta valor aos produtos, pode-se acrescentar valor a uma entidade de várias formas. Neste sentido, alguns elementos distintos de processo podem ser identificados no fluxo da transformação de matérias-primas em produtos: processamento, inspeção, transporte e espera (KOSKELA, 1992).

O processamento é caracterizado pela mudança física (transformação) no material. O elemento transporte corresponde ao movimento de materiais ou produtos no sistema. A espera é o período de tempo durante o qual não ocorre nenhum processamento, inspeção ou transporte. Por fim, a inspeção é o ato de comparar o produto ou componente com um padrão (SHINGO, 1996a; SHINGO, 1996b).

Além disso, a espera pode ser dividida em quatro tipos: estoque de matéria-prima, espera de processo, espera de lote e estoque de produto (SHINGO, 1996b).

3.1.3 Conceito de operações

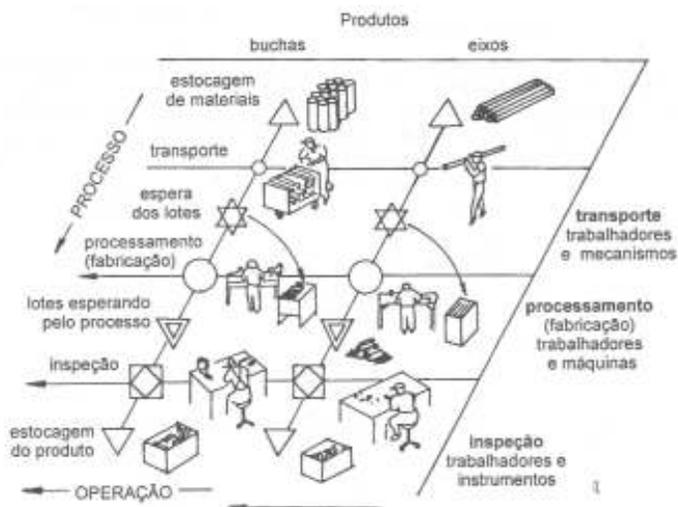
Entre os vários conceitos propostos, esta dissertação utiliza o conceito de Shingo (1996a, 1996b) por ser considerado o mais aceito na literatura.

Para Shingo (1996b) os fenômenos de processo e operação nem sempre têm sido claramente distinguidos. Esse autor aponta a visão freqüentemente utilizada de que processos são definidos como as grandes unidades de análise e as operações como as pequenas. Assim, tem-se processo e operação como classificações meramente dependentes do tamanho das unidades de análise (SHINGO, 1996b). Salienta-se que essa visão é muito comum na construção.

As explicações de processo e operação e de suas classificações como sendo dependentes meramente do tamanho das unidades de análise conduziram a muitas interpretações obscuras, fazendo alguns acreditarem que, ao se melhorarem as operações, a produção como um todo também melhoraria (SHINGO, 1996b).

Com essas considerações, Shingo (1996b) diferencia processos de operações ao analisá-los colocando-os em dois eixos, X e Y. O processo se localiza no eixo Y, representando o fluxo de matéria-prima até o produto acabado. As operações localizam-se no eixo X, formando outro fluxo, no qual trabalhadores, em seqüência, executam os trabalhos. Assim, uma operação constitui-se num evento no qual trabalhadores e máquinas trabalham nos itens. Os dois fenômenos encontram-se em eixos diferentes e seus fluxos são, por natureza, distintos (SHINGO, 1996b).

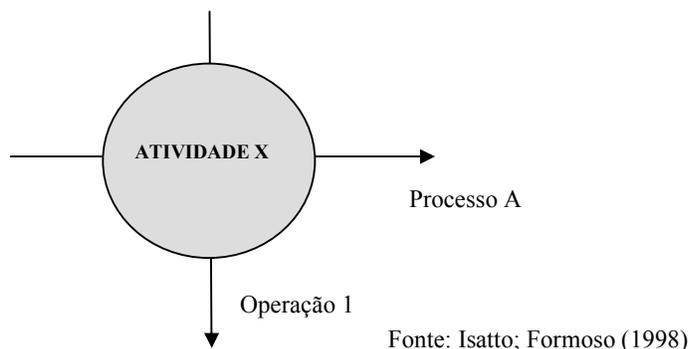
Além disso, para Shingo (1996b), na produção as funções de processos devem ser estabelecidas em primeiro lugar para, então, serem determinadas as funções de operação a fim de complementar as funções de processo (figura 9).



Fonte: Shingo (1996b)

Figura 9: Estrutura da produção

Para Shingo (1996b) é extremamente importante entender que processo e operação são os dois pilares principais da produção, que são de natureza diferente e se interseccionam entre si. A figura 10 mostra que todas as atividades de produção podem ser vistas como compostas por operações (fluxo de trabalhadores e máquinas no tempo e no espaço) e processos (fluxo de materiais no tempo e no espaço), dispostos em dois eixos ortogonais que se cruzam ao longo da produção (ISATTO; FORMOSO, 1998).



Fonte: Isatto; Formoso (1998)

Figura 10: Atividade como processo e operação

Por fim, Shingo (1996a) afirma que para realizar melhorias significativas no processo de produção, deve-se distinguir o fluxo de produto, ao qual chama de processo, do fluxo de trabalho, ou seja, das operações. Para ele, embora o processo seja realizado através de uma série de operações, é um equívoco colocá-los num mesmo eixo de análise pois isso reforça a idéia errônea de que a melhoria nas operações individuais aumentará a eficiência global do fluxo de processo do qual elas são uma parte.

As operações podem ser classificadas em: operações de preparação e pós-ajuste, operações

principais (operações essenciais ou auxiliares) e folgas (folgas por fadiga, folgas para higiene pessoal, folgas operacionais ou folgas entre operações) (SHINGO, 1996b).

3.1.4 Perdas: conceitos e classificações

Muitas pessoas tendem a considerar como perdas apenas os resíduos de materiais, devido à facilidade de enxergá-los. Esta dificuldade de interpretação das perdas não apenas como sendo algo palpável, mas como inseridas nos processos e nas operações em atividades que não agregam valor, e seus conceitos e classificações vêm sendo discutidos durante alguns anos por vários autores (SHINGO, 1996b; OHNO, 1997).

São diversos os conceitos e visões de perdas adotadas por diferentes trabalhos sobre este tema. Na visão de Ohno (1997), o movimento dos trabalhadores é dividido em trabalho e perdas, sendo que o trabalho reúne as categorias de operações que agregam valor e as que não agregam, mas que são essenciais ao processo sem que haja uma mudança no método de trabalho. Já as perdas correspondem às operações que não agregam valor e que podem ser eliminadas do processo.

Formoso e Lantelme (1997), por sua vez, definem perdas como qualquer ineficiência que se reflita no uso de equipamentos, materiais, mão-de-obra e capital em quantidades superiores às necessárias para a produção.

Em adição, Koskela (2000) afirma que o tipo mais importante de perda ocorre dentro do processo, isto é, no manuseio dos materiais. Neste sentido, a eficiência dos processos pode ser melhorada e as suas perdas reduzidas não só através da melhoria da eficiência das atividades de conversão e de fluxo, mas principalmente pela eliminação de algumas atividades de fluxo (KOSKELA, 1992). Entretanto, a eliminação de atividades de fluxo não deve ser levado ao extremo, uma vez que algumas das atividades que não agregam valor aos clientes finais geram valor aos clientes internos, como, por exemplo, planejamento, orçamento e prevenção de acidentes (KOSKELA, 1992).

Para Formoso et al. (2002), as perdas na indústria da construção são importantes não somente pela perspectiva da eficiência, mas também está relacionada com o crescente impacto das perdas de materiais de construção no ambiente. Medir as perdas é um caminho eficaz para avaliar o desempenho do sistema de produção porque a medição normalmente reconhece áreas potenciais de melhoria e as principais causas da ineficiência são identificadas (FORMOSO et al., 2002).

É necessário conhecer a natureza e identificar as principais causas das perdas para que as mesmas possam ser reduzidas na construção. Neste sentido, existem várias classificações de perdas, sendo que esta dissertação se limitará nas classificações de Ohno (1997) e de Formoso et al. (1993). Ohno (1997) classifica as perdas em sete tipos principais: super-produção, espera, transporte, processamento, estoque, movimentação e correção.

As perdas por superprodução ocorrem quando se produz além das necessidades do próximo

processo ou dos clientes. Segundo Ohno (1997) esta é a pior forma de desperdício, pois contribui para a ocorrência dos outros tipos de perdas.

O estoque desnecessário corresponde ao excesso de produtos com relação à quantidade necessária para atender aos clientes. As perdas de transporte são relacionadas diretamente com as atividades de movimentação de materiais que não adicionam valor e geram custos.

As perdas no processamento são oriundas da realização de atividades de processamento desnecessárias ou da realização das atividades necessárias de maneira inadequada (COSTA, 1999). Costa (1999) exemplifica como perda no processamento em si a realização do acabamento fino (polido) em lajes de concreto que serão revestidas posteriormente, sem que haja motivo especial para tal.

As perdas na movimentação são associadas aos movimentos e esforços desnecessários realizados pelos trabalhadores durante a execução das operações, que interferem negativamente na produtividade (COSTA, 1999). O último tipo de perda classificado por Ohno (1997) trata-se da perda gerada na elaboração de produtos defeituosos em relação à conformidade requerida.

Apesar desta lista original dos sete principais tipos de perdas ser bastante difundida e aceita por grande parte dos estudiosos, alguns autores, a exemplo de Koskela (2004), têm sugerido ampliá-la na tentativa de abranger uma maior gama de situações encontradas no universo da produção. A oitava categoria de perda é chamada por Koskela (2004) de *making-do*, que significa realizar uma determinada operação de forma improvisada, sem as condições adequadas de execução. Koskela (2004) afirma que, conceitualmente, o *making-do* é o oposto de *buffering*, sendo que nesta última situação, os materiais e demais recursos estão disponíveis esperando para serem processados. Já no *making-do*, o processamento é iniciado antes dos recursos estarem totalmente disponíveis.

As perdas podem também ser classificadas quanto à sua incidência, conforme Formoso et al. (1993): perdas ocorridas durante o transporte, manuseio e armazenagem de materiais; perdas ocorridas durante a produção propriamente dita e perdas ocorridas em qualquer das etapas do processo em função de fatores externos, como, por exemplo, roubo, vandalismo, acidentes, extravios, substituição, etc.

As perdas ocorrem e geralmente são identificadas durante a etapa de produção. Entretanto, sua origem pode estar tanto na própria produção quanto nos processos que o antecedem, tais como a fabricação de materiais, projeto, suprimentos e planejamento (FORMOSO; LANTELME, 1997).

3.1.5 Princípios para a gestão da produção

Koskela (2000) sugere que uma teoria da produção deve ser desenvolvida de forma a ser utilizada em diferentes ambientes e que deve cobrir todas as áreas essenciais da produção, especialmente a produção física e o projeto do produto. Este autor ainda completa afirmando que uma teoria da produção deve conter conceitos e princípios válidos para diferentes situações da produção.

A Teoria TFV (Transformação, Fluxo e Valor), concebida e aplicada no contexto da construção por Koskela (2000), contém alguns princípios que permitem observar e entender o processo produtivo de uma forma diferente da que tradicionalmente vem sendo utilizada. Esta teoria integra as visões de transformação, fluxo e valor na gestão de processos. As melhorias são evidenciadas não pontualmente, mas de forma global, necessitando então de uma mudança dos conceitos que envolvem principalmente a participação efetiva das pessoas e o modo de gestão da empresa.

Koskela (2000) divide os princípios para projeto, controle e melhoria do sistema de produção em três tipos. No primeiro tipo Koskela afirma que a fonte fundamental de melhoria está na redução da parcela de atividades que não agrega valor. São causadas na fase de projeto, por falta de conhecimento ou pela natureza inerente da produção. As atividades que não agregam valor aos sistemas são consideradas como perda. O segundo grupo de princípios inclui a redução da variabilidade e do tempo de ciclo. A variabilidade pode estar relacionada à qualidade do produto (uniformidade), à duração das atividades e aos recursos consumidos. A redução da variabilidade é necessária, pois a mesma tende a aumentar a parcela de atividades que não agregam valor e também o tempo necessário para executar um produto.

O tempo de ciclo é definido como a soma de todos os tempos para produzir um determinado produto: transporte, espera, processamento e inspeção. A utilização deste princípio é necessária para se comprimir o tempo disponível, forçando assim a eliminação ou minimização das atividades de fluxo. Koskela (2000) defende que o tempo de ciclo pode ser progressivamente comprimido ao longo do tempo através da eliminação de atividades que não agregam valor e também com a redução da variabilidade.

O terceiro grupo de princípios é mais focado na prática, compreendendo a simplificação através da redução do número de passos ou partes, do aumento da flexibilidade de saída e do aumento da transparência no processo global.

Koskela (2000) lembra que a grande complexidade de um produto ou processo aumenta os custos além da soma dos custos de partes ou passos individuais. A simplificação pode ser realizada através da eliminação de atividades que não agregam valor ao processo de produção ou pela reconfiguração das partes ou passos que adicionam valor.

Para Slack et al. (1997) a maioria das operações precisa estar em condições de mudar para satisfazer às exigências dos consumidores. Embora o princípio do aumento da flexibilidade pareça contraditório com a simplificação e aumento da eficiência, ele está relacionado a aumentar o valor dos produtos sem aumentar substancialmente os custos (KOSKELA, 1992).

Já a falta de transparência no processo aumenta a propensão ao erro, reduz a visibilidades aos erros e diminui a motivação para a melhoria. O aumento da transparência significa tornar o processo observável, visível e compreensível do início ao fim para todas as pessoas envolvidas no processo.

Ainda, segundo Koskela (2000), existe um grupo de princípios relacionados ao processo de produção que se caracteriza pela geração de valor através da satisfação das necessidades dos

clientes: capturar os requisitos dos clientes; garantir que os requisitos dos clientes serão considerados durante todas as fases da produção; garantir que os requisitos abrangem todos os tipos de clientes; garantir a capacidade do sistema de produção para produzir o produto, conforme solicitação dos clientes; e medir o valor gerado para o cliente.

3.2 TRABALHOS ANTERIORES REALIZADOS NO BRASIL COM ESTUDOS EM PROCESSOS DE PRODUÇÃO DA CONSTRUÇÃO

Na intenção de investigar a incidência e as causas das perdas na indústria da construção diversos estudos vêm sendo realizados em canteiros de obras no Brasil. A pesquisa pioneira sobre a geração de resíduos pela indústria da construção foi realizada por Pinto (1989) em apenas uma obra, sendo registradas as perdas de materiais ocorridas nos serviços de execução da estrutura, vedação e revestimento. entretanto, ressalta-se que na pesquisa de Pinto (1989) os dados de perdas foram coletados após a conclusão da construção, utilizando-se documentos (notas fiscais de quantificação de materiais e projetos executivos) disponibilizados pela empresa construtora. Soibelman (1993) realizou um levantamento de perdas de materiais utilizados na construção de edificações, em cinco obras, obtendo assim indicadores quantitativos dessas perdas. Também foi feita uma análise das principais causas das perdas de materiais nos canteiros de obras.

A escolha pelos trabalhos apresentados neste item se deu devido à aproximação destes com esta dissertação através dos conceitos, diretrizes e métodos fundamentados nestes trabalhos.

3.2.1 As perdas de materiais na construção de edificações: sua incidência e seu controle (SOIBELMAN, 1993)

Esse trabalho teve como objetivo a análise da incidência de perdas de alguns materiais utilizados nas construções de empreendimentos, com quantificação e análise das principais causas de ocorrência destas perdas e posteriormente com a proposição de diretrizes para implementação de sistemas de controle destas perdas nas empresas construtoras. Embora não tenha sido especificamente um estudo no processo de execução de revestimentos, ele trouxe grandes contribuições para análise das perdas de materiais usados neste processo. Os materiais estudados nesta pesquisa foram aço, cimento, areia média, concreto usinado, argamassa regular, bloco e tijolo maciço, sendo estes presentes na maioria das obras brasileiras.

As ferramentas utilizadas por Soibelman (1993) são compostas por planilhas para registro de medições dos serviços executados, das quantidades de materiais estocados, dos dados do canteiro de obras e de recebimento, descarregamento, transporte, estocagem e manuseio de materiais e de controle do consumo de materiais para a execução dos serviços de estrutura, alvenaria e revestimento interno e externo de argamassa. Com os dados registrados nas planilhas, calculava-se a incidência das perdas dos materiais analisados tendo como produto indicadores de perdas.

A grande contribuição deste trabalho foi a quantificação das perdas de materiais amplamente utilizados nas edificações que não eram normalmente medidas e conhecidas pelas empresas. Uma das conclusões foi que as perdas dos materiais são efetivamente maiores que as normalmente utilizadas e aceitas pela indústria da construção nos orçamentos.

Outra conclusão importante desta pesquisa foi que muitas perdas são previsíveis e evitáveis, porém muitas empresas não tomam medidas de prevenção nem possuem políticas definidas de administração de materiais. Por fim, com a pesquisa concluiu-se que as perdas em geral são causadas pela combinação de fatores ao invés de incidentes isolados.

Soibelman (1993) analisou as causas das perdas de acordo com o momento de ocorrência, destacando as perdas originadas no recebimento, na estocagem, no transporte interno e na produção propriamente dita.

3.2.2 Revestimento externo em argamassa de cimento, cal e areia – sistemática das empresas de Construção Civil de Porto Alegre (CARNEIRO, 1993)

Este trabalho descreve os processos de execução de revestimento externos de argamassa em empresas construtoras da cidade de Porto Alegre. Inicialmente o autor apresenta uma revisão de literatura sobre os requisitos de desempenho de um revestimento externo de argamassa de cimento, cal e areia e sobre as condições específicas de produção e controle desses revestimentos e depois apresenta os resultados obtidos em 18 canteiros de obra sobre os procedimentos de execução utilizados nestes empreendimentos.

O trabalho de Carneiro (1993) teve um foco maior no método de execução do processo analisado, não tendo um caráter quantitativo dos dados. As ferramentas utilizadas para diagnóstico e avaliação forneceram informações qualitativas da execução de revestimento externo de argamassa. Não foram utilizadas ferramentas específicas de coleta de dados quantitativos, sendo as informações coletadas a partir de observações diretas e de entrevistas com engenheiros de obra.

O produto desse trabalho é uma análise crítica do perfil do processo de execução do revestimento com um todo, incluindo especificação de materiais, aquisição e controle dos materiais, produção da argamassa e execução do revestimento e, por fim, algumas recomendações para melhoria da produção de revestimentos.

3.2.3 Método de intervenção em obras de edificações enfocando o sistema de movimentação e armazenamento de materiais: um estudo de caso (SANTOS, 1995)

Este trabalho propôs um método de intervenção para o desenvolvimento de um programa de melhoria dentro de uma empresa construtora, focalizando o sistema de movimentação e

armazenamento de materiais. Foram utilizadas técnicas de medição de perdas, incluindo amostragem do trabalho, filmagem, cartão de produção, análise crítica da logística do sistema, cálculo do desperdício contábil, fotos e lista de verificação.

Santos (1995) utilizou várias ferramentas de avaliação de processos que fornecem dados qualitativos e quantitativos de forma a fundamentar as decisões a serem tomadas na busca da melhoria. O conjunto de ferramentas escolhidas e adaptadas foram testadas no processo de produção de alvenaria.

A pesquisa foi realizada em duas obras de uma mesma empresa de construção no processo de produção de alvenaria, nas quais o método proposto foi aplicado. O método apresentou-se bastante eficaz para avaliação de processos e definição de prioridades de melhoria. Porém, tendo sido aplicado apenas na produção de alvenaria, é necessário que sejam feitas adaptações para aplicação em outros processos da construção.

3.2.4 Alternativas para a redução dos desperdícios de materiais nos canteiros de obras (AGOPYAN et al., 1998)

Este trabalho trata de uma pesquisa realizada em nível nacional, coordenada pela Universidade de São Paulo (USP) e com a participação do Instituto Brasileiro de Tecnologia e Qualidade na Construção Civil (ITQC) e de outras 15 universidades brasileiras, com o objetivo de se coletar e analisar, amplamente os índices de perdas de materiais e suas causas de forma a obter sugestões de prevenção.

Com foco na quantificação das perdas de materiais nos canteiros de obras, esta pesquisa, assim como o trabalho de Soibelman (1993), utilizou um conjunto de planilhas para controle do consumo dos materiais analisados. Foram obtidos indicadores de perdas de vários materiais usados na construção de edificações em cerca de 100 canteiros de obras: areia, brita, cimento, saibro, cal, concreto usinado, argamassa, aço, eletrodutos, condutores, tubulações, blocos, gesso, tintas e revestimento cerâmico.

Embora o mesmo método de coleta de dados tenha sido utilizado em todos os estudos e cuidadosamente discutido por todas as instituições participantes, o método não foi desenvolvido para ser incorporado pelas empresas. Os participantes da pesquisa procuraram adotar um mesmo método em todas as obras estudadas para permitir uma maior confiabilidade nos dados.

Além de obter índices de perdas de diversos materiais utilizados na construção civil, também foram identificadas as suas principais causas. Essa pesquisa não teve caráter de intervenção, não tendo sido realizados treinamentos ou mudanças de procedimentos nas empresas envolvidas.

3.2.5 Método para medir o custo de perdas em canteiros de obras: proposta baseada em dois estudos de caso (BULHÕES, 2001)

O foco principal deste trabalho, assim como os trabalhos de Soibelman (1993) e Agopyan et al. (1998), foi nas perdas, porém se diferenciando por analisar as perdas de forma mais ampla considerando não apenas as perdas de materiais, mas também as perdas de mão-de-obra tanto nas atividades que agregam como nas que não agregam valor. Foi também enfatizada a medição dos custos das perdas.

O processo escolhido para a aplicação do método foi a produção de alvenaria. Foi definido um conjunto de ferramentas, métodos e técnicas para a coleta de dados que possibilitassem a alocação dos custos às operações e, também, a medição da produtividade da mão-de-obra e do consumo de materiais, para cálculo dos custos do sub-sistema de produção de alvenaria.

O estudo realizado por Bulhões (2001) utilizou ferramentas de acompanhamento da produção, obtendo resultados de produtividade das equipes, e também ferramentas de diagnóstico e avaliação desse processo. As ferramentas utilizadas de forma conjunta forneceram dados qualitativos e quantitativos.

Uma constatação importante deste trabalho foi a possibilidade de se analisar, conjuntamente, dados de custos de perdas de mão-de-obra e de materiais. Neste trabalho, as pesquisas de campo apontaram que os custos das perdas nas operações foram superiores aos das perdas de materiais.

A aplicação do método em dois canteiros de obra indicou que o mesmo é viável na construção civil desde que sejam feitas as devidas adaptações, pois se observou que algumas partes do método tendem a ser excessivamente trabalhosas se a organização do canteiro tiver muitas deficiências e em presença de grande variabilidade nas equipes de produção.

3.2.6 Método de intervenção na execução de revestimentos de argamassa de fachada para a melhorar a produtividade da mão-de-obra e o consumo de materiais (SILVA, 2002)

Este trabalho propõe um método de intervenção na execução de revestimentos de argamassa de fachada, com objetivo de melhorar a produtividade da mão-de-obra e reduzir o consumo de materiais.

Foram obtidos índices de produtividade da mão-de-obra de execução (HH/m²), de consumo de argamassa (l/m²) e de planeza das paredes revestidas (mm), sendo estes coletados em apenas uma obra de edificações.

Embora o estudo esteja focado no consumo de argamassa na execução dos revestimentos, não houve uma análise específica das perdas de materiais e de mão-de-obra, principalmente tratando das operações e das atividades que não agregam valor, nem dos custos destas perdas.

Os resultados indicaram que com a intervenção, a partir da aplicação do método, foi possível obter melhorias na eficiência da execução do revestimento de argamassa. Também, nos resultados são expostos alguns valores a respeito do custo de implantação de algumas melhorias pontuais, como por exemplo, a aquisição de guinchos de coluna e seus benefícios.

3.2.7 Discussão

Em meio aos diversos estudos realizados nos processos que ocorrem durante a construção de uma edificação, destacam-se nesta pesquisa aqueles que contribuem com técnicas de registro, avaliação e proposição de melhoria.

Assim, baseando-se no conjunto de trabalhos apresentados neste item, tem-se como principais contribuições a análise das causas das perdas, a criação e aplicação de ferramentas que permitem avaliar os processos de produção na construção e a importância da medição.

Apesar do elevado número de obras estudadas nas pesquisas apresentadas, os resultados encontrados podem não representar tão fielmente a realidade do setor da construção no Brasil, pois a maioria das empresas das pesquisas participam ou já participaram de programas de qualidade (AGOPYAN et al., 1998). Situações ou obras com desempenhos diferentes (melhores ou piores) podem ser mais significativos em empresas que não pertencem a esses grupos pesquisados.

Os estudos de Soibelman (1993), Santos (1995), Agopyan et al. (1998) e Bulhões (2001) não foram realizados especificamente no processo de produção de revestimentos, porém forneceram grandes contribuições em termos de métodos de avaliação e ferramentas de coleta de dados.

A principal contribuição do trabalho realizado por Agopyan et al. (1998) se deu pelo maior campo de coleta de informações, principalmente quando comparado às outras pesquisas anteriormente realizadas no Brasil, tendo uma abrangência nacional, através de levantamentos em uma quantidade relativamente grande de canteiros de obra. Assim, foi possível obtenção de informações em diferentes regiões do país, totalizando 12 estados brasileiros envolvidos com a pesquisa, ou seja, as conclusões sobre perdas foram estendidas a vários estados do Brasil com o intuito de responder as críticas aos resultados de perdas de Soibelman (1993), os quais tiveram características locais.

Trabalhos que focaram exclusivamente no processo de produção de revestimentos foram realizados por Carneiro (1993) e por Silva (2002). Carneiro analisou o processo evidenciando a execução de revestimentos externos em obras de construção, mas não foram coletados indicadores quantitativos sendo toda a avaliação realizada de forma subjetiva. Silva propôs um método de intervenção na execução de revestimento de fachada e avaliou o processo em apenas uma empresa de construção, não sendo possível, dessa forma, obter grandes conclusões com os dados coletados em apenas um canteiro de obra.

3.3 DIRETRIZES PARA AVALIAÇÃO DE PROCESSOS

3.3.1 Uso de indicadores de desempenho

Para avaliar o desempenho atual dos processos na obra e acompanhar o progresso alcançado após as implantações de melhorias é imprescindível que haja contabilização e registro de informações e dados concretos referentes aos processos de produção. Entretanto a decisão de medir o desempenho dos processos não é fácil e muitas vezes, quando tomada, os gerentes a fazem motivados pelo desejo de controlar a situação e não pensando na necessidade de apoiar e aperfeiçoar a melhoria (SINK; TUTTLE, 1993). Esses autores afirmam que é possível a criação de um sistema de medição que sirva tanto aos propósitos do controle quanto aos de melhoria. A figura 11 apresenta as razões para se medir o desempenho dos sistemas, as informações que são necessárias para se obterem e como essas medidas devem ser realizadas, segundo Sink e Tuttle (1993).

POR QUE MEDIR?	<ul style="list-style-type: none"> - Para apoiar e aumentar a melhoria. - Para fornecer a capacidade do sistema, ou seja, os níveis de desempenho que se pode esperar dos processos e sistemas. - Para se ter um retorno dos investimentos e esforços. - Para saber onde concentrar os esforços e colocar os recursos.
O QUE MEDIR?	<ul style="list-style-type: none"> - O desempenho dos sistemas organizacionais. - Informações sobre eficiência, eficácia, qualidade, produtividade, qualidade de vida, inovação e lucratividade ou provisão orçamentária. - A performance total da organização.
COMO MEDIR?	<ul style="list-style-type: none"> - A partir da combinação adequada de um sistema de medição qualitativo e quantitativo, subjetivo e objetivo, intuitivo e explícito, físico e lógico, conhecido e desconhecido, mente humana e ferramentas de suporte.

Figura 11: Por que, o que e como medir o desempenho dos sistemas

Sink e Tuttle (1993) relatam sobre a melhor compreensão de uma visão ampliada da medição considerando a variedade de papéis que ela pode desempenhar no processo gerencial de uma organização, não se restringindo apenas ao controle. Para esses estudiosos a medição é normalmente usada para previsões, análise de variações, estimativa de custos, planejamento, preparação de propostas, avaliação de pessoal, testes, controle de qualidade, controle da produção, elaboração de cronogramas, gerenciamento de projetos, decisões sobre investimentos de capital, análise de custo/benefício, etc.

De acordo com Sink e Tuttle (1993), empresas têm utilizado os indicadores de desempenho para obter:

- a) Visibilidade com objetivo de identificar pontos fortes e fracos ou disfunções a partir das quais são priorizadas ações de melhoria. As medições são utilizadas para diagnóstico

- inicial, antecedendo a realização de intervenções para melhoria de processos da empresa;
- b) controle na identificação de problemas através do desvio em relação a um padrão estabelecido. Com a detecção do problema, podem ser propostos planos para sua correção;
- c) melhoria quando as empresas decidem intervir no processo, através de metas estabelecidas pelos indicadores (por exemplo, utilizando *benchmarks*¹⁷ como referência). Neste caso, a medição é utilizada para verificar o impacto das ações de melhoria sobre o desempenho do processo.

Para Costa (2003) a diferença entre as classificações dos indicadores refere-se, essencialmente, à finalidade das informações para os usuários, na medida em que existem diferentes ângulos de visão para essas medidas. Em seu trabalho cujo objetivo foi propor diretrizes para concepção, implementação e uso de sistemas de indicadores de desempenho em empresas da construção civil, essa autora utilizou a seguinte classificação:

- a) Indicadores estratégicos e operacionais: utilizados para vinculação desses indicadores com as estratégias das empresas;
- b) indicadores de produto e de processo: utilizados para vincular a avaliação do desempenho do produto ou do próprio processo gerencial; e
- c) indicadores principais e secundários: utilizados para classificar o nível de importância do indicador em relação à sua incorporação nos processos gerenciais.

3.3.2 Investigação e análise das causas das ineficiências nos processos

Soibelman (1993) cita a necessidade de se conhecer a incidência de perdas de materiais na construção de edificações e a análise das principais causas de suas ocorrências, de forma a possibilitar o aumento do desempenho da construção civil em termos de qualidade e produtividade. Esse autor sugere que seja implantado um sistema de controle de perdas de materiais na construção de edificações para permitir a medição das melhorias obtidas nos processos.

Ao desenvolver um sistema de controle de perdas, Soibelman (1993) afirma que é muito mais benéfico à empresa exercitar a capacidade de identificar onde ocorre a perda e como esta pode ser evitada do que simplesmente obter um índice de perda. Segundo Soibelman, o sistema de controle deverá antecipar os problemas para que medidas corretivas possam ser tomadas antes da ocorrência das perdas de materiais.

A investigação e análise das causas das ineficiências nos processos de construção podem ser facilitadas utilizando-se um conjunto de ferramentas com aplicações formalizadas e sistemáticas.

¹⁷ *Benchmark* é um valor de referência quanto a melhor forma possível de operar um processo.

3.3.3 Utilização de ferramentas para registro de informações e avaliação

São vários os processos que ocorrem simultaneamente na construção de um empreendimento, o que faz com que se tenha pessoas constantemente atarefadas ou ociosas quando não se tem o devido planejamento e organização das várias ações diárias. Em meio a essas preocupações e dificuldades, instituições acadêmicas como o NORIE/UFRGS¹⁸ têm voltado suas atenções na busca de soluções práticas e facilitadoras que possam auxiliar os gerentes de produção no uso de métodos e ferramentas de gestão adequados as peculiaridades da indústria da construção.

Isatto et al. (2000) lembram que a denominação ferramentas é adotada devido às possíveis analogias entre os instrumentos utilizados para o controle (por exemplo, cartão de produção) e os instrumentos manuais utilizados nos ofícios (por exemplo, trena e furadeira). As semelhanças entre os dois tipos de instrumentos se dão pelo fato que uma ferramenta não é capaz de operar sozinha e assim gerar um resultado, necessitando então de uma pessoa habilitada a manejá-la de forma correta para se conseguir obter os resultados desejados (ISATTO et al., 2000).

As ferramentas de gestão são voltadas a avaliação da eficiência e eficácia da produção. Existem ferramentas com várias finalidades: ferramentas de caráter descritivo, de acompanhamento da produção, de avaliação qualitativa e quantitativa. Enfim, existe uma grande quantidade de ferramentas que podem ser utilizadas pelos gestores e por outros intervenientes da administração da empresa para avaliação, controle e melhoria dos processos (ISATTO et al., 2000). Segundo Santos (1995), o primeiro passo em qualquer plano de melhoria é a observação e extração de dados, de maneira planejada, para fundamentar as decisões que vierem a ser tomadas.

3.3.4 Tomada de decisão

Toda organização necessita de alguma direção para guiar seu processo de tomada de decisões. Entretanto, vários gerentes de produção optam por tomar decisões baseando-se em intuição, experiência e bom senso, sob condições de incertezas e risco (LANTELME, 1994). Entre as decisões tomadas pelos gerentes de operações quando enfrentam os diversos tipos de problemas muitas podem ser caracterizadas como ruins por prejudicar a posição competitiva de uma empresa e aumentar seus custos. Por outro lado, boas decisões podem melhorar o valor da empresa, aumentando sua lucratividade e crescimento (GAITHER; FRAZIER, 2002).

Para Gaither e Frazier (2002), entender os conceitos fundamentais da administração de operações e ser capaz de usar uma variedade de ferramentas comuns de tomada de decisões e abordagens de resolução de problemas é fundamental para tomar melhores decisões de operações. Por exemplo, para esses autores, uma melhor administração das operações de uma empresa pode agregar valor a esta ao melhorar sua competitividade e lucratividade a longo prazo.

¹⁸ Núcleo Orientado a Inovação da Edificação do Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

3.3.5 Discussão

Seja qual for a estratégia adotada pelas empresas para melhorar seu desempenho e a sua competitividade, a análise e melhoria dos processos constitui uma das fortes armas para alcançar seus objetivos. Para escolha das decisões, desenvolvimento de melhorias, solução de problemas e controle de processos os gerentes necessitam de informações consistentes que podem ser obtidas a partir da medição.

Entretanto, Sink e Tuttle (1993) separam a avaliação da medição, pois afirmam que a medição é o processo pelo qual se decide o que medir com a posterior coleta, acompanhamento e análise dos dados e que a avaliação é o processo onde se impõem padrões, especificações, requisitos, valores, julgamentos, entre outros, para determinar o grau em que o desempenho satisfaz as necessidades e/ou expectativas dos clientes ou dos processos.

Com os resultados quantitativos oriundos da aplicação das ferramentas, Santos (1995) defende que estes devem ser utilizados como instrumento de direcionamento de decisões e não somente para a obtenção de números.

3.4 FERRAMENTAS DE AVALIAÇÃO DE PROCESSOS

Este item aborda com mais profundidade as ferramentas de avaliação de processos disponíveis na literatura que podem ser utilizadas ou adaptadas para estudos nos processos de construção de edificações.

Dentre as várias ferramentas existentes, são descritas aquelas aplicáveis ao objeto de estudo deste trabalho, o processo de execução de revestimento em fachadas. Alguns instrumentos de coleta desenvolvidos nesta dissertação serão discutidas no capítulo que trata do método de pesquisa.

Após o conhecimento através de pesquisa na literatura das várias ferramentas criadas, utilizadas ou propostas por pesquisadores na avaliação do desempenho de processos da construção civil (SOIBELMAN, 1993; SANTOS, 1995; AGOPYAN et al., 1998; BULHÕES, 2001; SILVA, 2002), foram selecionadas e ocasionalmente adaptadas ferramentas aplicáveis ao estudo no processo de produção de revestimentos, apresentadas nos itens seguintes desta dissertação.

3.4.1 Ferramentas para registro do processo

3.4.1.1 Mapeamento do processo: diagrama do fluxo de processo e mapofluxograma

A representação dos fluxos de um processo pode ser feita com duas ferramentas comumente usadas na gestão de produção: o diagrama de fluxo de processo e o mapofluxograma. O diagrama de processo é uma técnica para se registrar um processo de maneira compacta, a fim de tornar

possível uma melhor compreensão e posterior melhoria (BARNES, 1977). É uma ferramenta que apresenta de forma gráfica a movimentação e armazenamento dos materiais de um processo e, segundo Slack et al. (1997), documenta os fluxos e as diversas atividades que compõem o processo de produção. A partir deste diagrama é possível uma visualização sintetizada de todos os fluxos dos materiais usados num processo (BARNES, 1977).

Mayer (1990) chama os diagramas de processo de esquema do processo de operação. Para este autor o esquema de processo de operação de um produto mostra os materiais que participam do processo de produção envolvido e o que acontece a cada um desses materiais, em termos de operações e inspeções. Com esta ferramenta pode-se analisar cada componente visando determinar qual seqüência de operação é mais eficaz e qual o melhor arranjo físico para a produção (MAYER, 1990).

A representação gráfica é feita usando símbolos para indicar o processamento, a inspeção, o transporte e o estoque (BARNES, 1977; MAYER, 1990; SLACK et al., 1997; DAVIS et al., 2003). Neste trabalho foi adotada a simbologia mostrada na figura 12.

SÍMBOLO	DENOMINAÇÃO E DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE
	Processamento: quando um objeto é alterado em qualquer de suas características.
	Transporte: quando um objeto é deslocado de um lugar para outro.
	Inspeção: quando se compara um objeto com um padrão estabelecido.
	Estoque: quando um objeto é mantido sob controle.

Figura 12: Símbolos utilizados no diagrama de processo

Davis et al. (2003) sugerem que os diagramas de fluxo de processo dão à gerência a oportunidade de visualizar todo o processo passo a passo. Assim, o estudo minucioso dos processos a partir do diagrama, por fornecer a representação gráfica de cada passo do processo, permite a identificação de melhorias, através das quais as atividades desnecessárias podem ser eliminadas, operações podem ser combinadas, um melhor trajeto para as peças pode ser seguido, esperas entre operações podem ser eliminadas ou outros melhoramentos podem ser obtidos contribuindo para a produção de um produto melhor e com menor custo (BARNES, 1977).

Outra ferramenta utilizada para estudo de fluxos de um processo é o mapofluxograma. O mapofluxograma é utilizado para melhor visualizar o processo no local da obra. Trata-se de uma ferramenta que representa as atividades de um processo na planta ou área onde as mesmas se desenvolvem (BARNES, 1977). A figura 13 apresenta um exemplo de mapofluxograma.

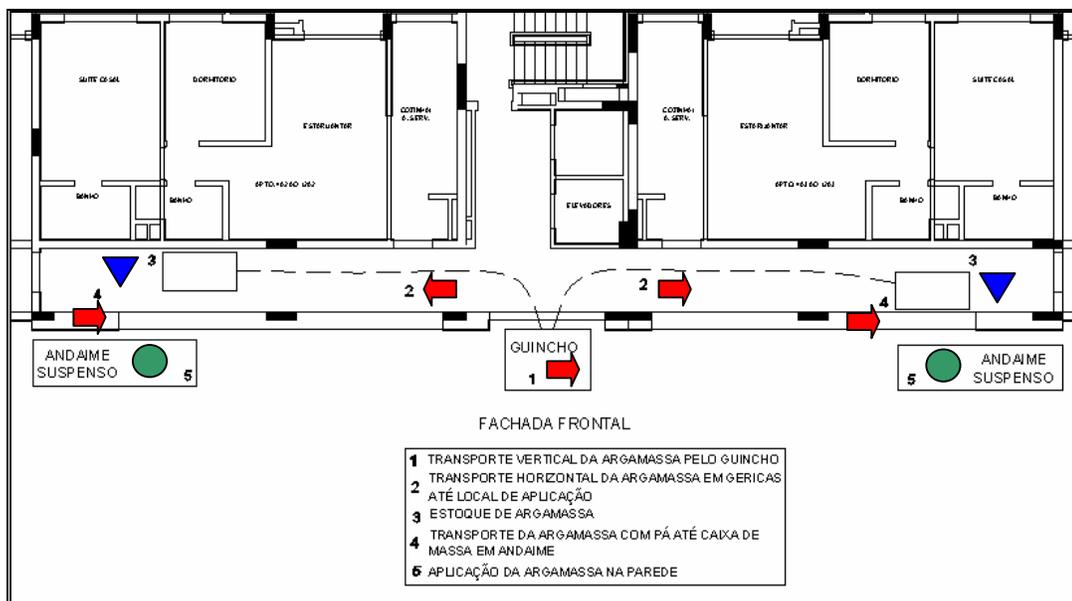


Figura 13: Mapofluxograma da movimentação de argamassa pronta no pavimento de aplicação

3.4.1.2 Listas de verificação

É uma ferramenta de fácil aplicação que tem o objetivo de descrever e avaliar todo o apoio produtivo que a administração da obra oferece para o bom funcionamento do sistema de movimentação e armazenamento (SANTOS, 1995).

As listas de verificação são constituídas por perguntas com teor afirmativo, considerando o que se acredita ou se defende como boa prática, tendo como opções de respostas "sim", "não" e "não se aplica".

O resultado da aplicação da lista de verificação é uma nota gerada a partir do somatório das respostas "sim" obtidas dividido pelo total de opções ou de perguntas contidas na ferramenta, sendo a nota final o resultado da multiplicação por dez. As possibilidades de notas variam de 0 a 10.

As listas de verificação, além de descreverem o processo, permitem a realização de uma análise qualitativa. Neste trabalho foram adotadas dois tipos de lista de verificação, sendo uma para verificação de boas práticas em *layout* e movimentação no canteiro e outra específica para verificação de boas práticas em produção de argamassa e execução de revestimento de argamassa. A figura 14 ilustra uma parte desta ferramenta. Uma completa descrição desta ferramenta, com os procedimentos para elaboração, utilização e análise dos resultados, pode ser vista em Saurin (1997).

B) PRODUÇÃO DE ARGAMASSA	S	N	NA
B1) ESCOLHA DA ARGAMASSA			
B1.1) Para a escolha do tipo de argamassa foi contratado um consultor, empresa especializada ou mesmo foram realizados estudos para a melhor solução em termos de custo/desempenho.			
B1.2) A empresa confeccionou painéis com as mesmas bases onde a argamassa será aplicada para a escolha do sistema chapisco-revestimento bem como para a determinação do traço ideal.			
B2) PLANEJAMENTO E ORGANIZAÇÃO DA PRODUÇÃO			
B2.1) As baias de areia e argamassa estão próximas do equipamento de mistura. • Estime as distâncias em metros: _____			
B2.2) É usado argamassadeira para a mistura. () Betoneira () Outro			
Obs:			
LOGÍSTICA:			

Figura 14: Exemplo de lista de verificação

3.4.2 Ferramentas para medição da produtividade

3.4.2.1 Cartão de produção

O cartão de produção é uma ferramenta utilizada para registrar a produção dos operários de acordo com a organização e situação atual de trabalho na obra. Obtidos os índices de produtividade, os mesmos podem ser comparados com os valores orçados, fazendo-se uma avaliação do desempenho das equipes e do próprio valor adotado no orçamento.

O indicador de produtividade pode ser quantificado utilizando diferentes intervalos de tempo: controle por período ou controle por evento (ISATTO et al., 2000). Na abordagem do controle por período, os intervalos de tempo para o ciclo de medição são previamente definidos, registrando a quantidade produzida no período estabelecido (por exemplo, medição semanal, quinzenal ou mensal). Já na abordagem do controle por evento, registra-se o tempo utilizado para conclusão de uma determinada etapa da obra pré-definida (ISATTO et al., 2000).

A escolha do tipo de controle a ser adotado pelas empresas deve ser evidenciada em termos dos objetivos de análise e das vantagens e desvantagens proporcionadas pelas diferentes abordagens, conforme apresentada na figura 15 (ISATTO et al., 2000).

FORMA DE CONTROLE	VANTAGENS	DESVANTAGENS
Controle por período	Não necessita quantificação prévia	Implica em medir fisicamente a quantidade efetivamente produzida Não é adequada ao controle de prazos
Controle por evento	Fácil de realizar Permite o controle de prazos de execução	Implica em quantificar previamente a etapa

Figura 15: Critérios para seleção do tipo de abordagem do controle da produção

O resultado de qualquer uma das abordagens pode ser convertido em uma taxa de produção (diária, semanal, quinzenal, etc.). Entretanto, alguns aspectos devem ser levados em conta na escolha do tipo de controle, tais como a homogeneidade do processo, a qual está diretamente relacionada à existência de repetitividade nas atividades consideradas, ou seja, o esforço necessário para produzi-lo não varia significativamente ao longo dos vários períodos considerados. Assim, a abordagem por período é a mais indicada. Ao contrário, para medição de um processo heterogêneo, por exemplo, o processo de montagem de armaduras de aço para estruturas de concreto armado, é necessária a utilização da abordagem por evento, devido a heterogeneidade da produção (ISATTO et al., 2000).

3.4.2.2 Amostragem do trabalho

É uma técnica que consiste em se fazer observações aleatórias das equipes de trabalho, com o objetivo de analisar como as mesmas gastam seu tempo ao longo do dia (BARNES, 1977). Santos (1995) afirma que, através desta técnica, se consegue identificar problemas nos processos e oportunidades de melhoria ligadas à racionalização do trabalho. Obtém-se a estimativa da proporção do tempo despendido pelos funcionários na atividade analisada, através da relação entre o número de registros da atividade e o número total de observações (SANTOS, 1995). A amostragem do trabalho é baseada nas leis da probabilidade, sendo que uma amostra aleatória, retirada de um grupo maior, tende a ter a distribuição igual ao grupo maior ou universo. Caso a amostra seja suficientemente grande, as características dessa amostra diferirão pouco das características do grupo (BARNES, 1977).

Para que os resultados sejam consistentes, é necessário estabelecer qual o nível de confiança desejado nos resultados finais da amostragem do trabalho para o cálculo do tamanho da amostra. Para um nível de confiança de 68% é utilizada a fórmula 1 (BARNES, 1977). Para um nível de confiança de 95% é utilizada a fórmula 2 (BARNES, 1977).

$$S * p = \sqrt{\frac{p(1-p)}{N}} \quad (\text{fórmula 1})$$

$$S * p = 2 \sqrt{\frac{p(1-p)}{N}} \quad (\text{fórmula 2})$$

Nas expressões acima, S representa o erro relativo desejado, p a porcentagem de ocorrência da atividade de tempos improdutivos, expressa em forma decimal, e N significa o número de observações aleatórias necessárias (tamanho da amostra). Inicialmente utiliza-se um valor de p estimado ou definido em outro estudo, para calcular o tamanho da amostra. Quando a amostragem

do trabalho estiver sendo realizada e já tiverem sido obtidas em torno de 10%¹⁹ das observações, faz-se um novo cálculo com o valor real de p para verificar o valor real de N .

Os principais resultados obtidos são a determinação da parcela de tempos produtivos (tempos efetivamente aplicados na execução da tarefa, agregando valor ao produto final, como, por exemplo, aplicar a massa na parede), tempos auxiliares (tempos gastos para realizar atividades que, embora não agregam valor ao produto final, são necessárias para o cumprimento das tarefas, como, por exemplo, movimentar andaime) e tempos improdutivos (evitáveis, inevitáveis ou ociosos, como, por exemplo, a parada de operários para refeições durante o horário de trabalho) (OLIVEIRA et al., 1995). A técnica da amostragem do trabalho possui algumas vantagens e desvantagens em relação aos outros métodos de medida do trabalho, sendo as principais apresentadas na figura 16 (BARNES, 1977).

VANTAGENS	Muitas operações ou atividades que são impraticáveis ou excessivamente custosas de serem medidas pelo estudo de tempos podem ser prontamente medidas pela amostragem do trabalho
	Um único observador pode executar estudos simultâneos de amostragem relativo a vários operadores ou máquinas
	Normalmente, um estudo de amostragem do trabalho requer menor número de homens-hora e custa menos para ser executado que um estudo de tempos contínuos
	Há menor possibilidade de se obter resultados errados, pois os operadores não ficam submetidos à observação rigorosa por longos períodos de tempo
	O estudo pode ser interrompido a qualquer momento sem afetar os resultados
	As medidas na amostragem do trabalho podem ser feitas com um erro relativo máximo pré-estabelecido
	O observador faz observações instantâneas do operador em intervalos ocasionais durante os turnos de trabalho, tornando desnecessários estudos de tempos prolongados
	Dispensam o uso de cronômetros para medida de tempo
DESVANTAGENS	Os estudos de amostragem do trabalho não são econômicos para estudar um único operador ou máquina ou para estudar operadores ou máquinas dispersos sobre a área apreciável
	Os estudos de tempos permitem uma visão mais detalhada de atividades e esperas que a conseguida com a amostragem do trabalho. A amostragem não fornece tantas informações e detalhes como se pode obter do estudo de tempos.
	Ao ver o observador, o operador pode alterar sua maneira de agir, o que faz com que os resultados sejam alterados
	Há uma tendência de parte dos observadores minimizarem a importância de alguns princípios fundamentais da amostragem, tais como, a dimensão da amostra para um dado erro relativo máximo, a ocasião da retirada das observações, etc

Figura 16: Vantagens e desvantagens da técnica amostragem do trabalho

Para a utilização desta técnica, são necessários alguns cuidados importantes a serem tomados, pois os operários podem mudar seus comportamentos ao perceberem a aproximação do observador para registrar se eles estão inativos ou ativos. Por outro lado, quando um operador é observado continuamente por um dia inteiro, como é o caso da técnica de estudo de tempos, é pouco provável que ele siga exatamente sua rotina. Também, quando se estudam vários operários ou máquinas muito distantes entre si, gasta-se uma porção grande do tempo dirigindo-se ao local de trabalho ou andando de um local de trabalho para outro (BARNES, 1977).

¹⁹ Barnes (1977) não cita o valor de 10%, porém no exemplo fornecido por esse autor para explicação do método esse valor fica subentendido.

4 MÉTODO DE PESQUISA

Neste capítulo são apresentados a estratégia de pesquisa adotada para o desenvolvimento deste trabalho, a forma de escolha das empresas envolvidas no estudo e o delineamento da pesquisa, explicitando as etapas e as fontes de evidência.

4.1 ESTRATÉGIA DE PESQUISA

A presente pesquisa foi realizada a partir de um diagnóstico na execução do revestimento de fachada de argamassa em empresas de construção. É um estudo de eventos dentro de contextos reais, visando a compreender como um fenômeno ou organização funciona. Por esta razão, com base em Yin (2001), utilizou-se o Estudo de Caso como estratégia de pesquisa.

A pesquisa teve como foco o processo de produção de revestimentos de fachada de argamassa praticado na construção de edificações residenciais por oito empresas construtoras e incorporadoras de Porto Alegre - RS, sendo conduzidos estudos em um canteiro de obras de cada uma das empresas. A quantidade de empresas estudadas não implica que os resultados poderão ser generalizados estatisticamente, uma vez que os estudos de caso buscam a compreensão e interpretação mais profunda dos fatos e fenômenos. Embora não possam ser generalizados estatisticamente, os resultados obtidos devem possibilitar a disseminação do conhecimento e expandir e generalizar teorias (YIN, 2001).

A unidade de análise do presente estudo é o processo de produção de revestimento de fachada de argamassa.

Para a realização da análise dos dados provenientes desta pesquisa foram feitas inicialmente análises isoladas (*within-case study analysis*) para cada um dos estudos de casos e em seguida análises cruzadas dos dados (*cross-case study analysis*) (YIN, 2001).

4.2 ESCOLHA DAS EMPRESAS

Esta pesquisa está inserida dentro dos estudos do Programa de Melhorias da Comunidade da Construção. Depois de priorizado pelas empresas de Porto Alegre o tema revestimentos de fachada de argamassa para o desenvolvimento da pesquisa intitulada “Diagnóstico de boas práticas em revestimento externo em argamassa”, algumas empresas da indústria da construção mostraram-se interessadas a participarem, resultando em oito empresas da capital gaúcha. A escolha das obras para os estudos teve como principal critério a execução do serviço durante a etapa planejada para coleta dos dados, ou seja, o principal requisito para a escolha da obra é que, obviamente, esta deveria conter o processo em estudo em fase de execução.

Algumas das empresas envolvidas no estudo sentiam forte necessidade de melhorar seu processo de execução em função de alguns problemas que vinham enfrentando, o que gerou interesse pela pesquisa em questão.

4.2.1 Caracterização das empresas e das obras estudadas

Todas as obras estudadas estavam sendo construídas por empresas de construção civil de Porto Alegre - RS, pertencentes ao programa de melhorias da Comunidade da Construção, ou seja, eram empresas que mostraram interessadas em investir na busca de melhorias nos seus processos.

Embora algumas das oito empresas estudadas estivessem com mais de um empreendimento em construção durante o período pesquisado, o estudo foi realizado em apenas uma obra indicada pelas empresas. O critério para indicação da obra a ser objeto de estudo foi a ocorrência do serviço revestimento de argamassa nas fachadas durante o período requisitado e o localização desta na cidade de Porto Alegre - RS.

A figura 17 indica algumas características das empresas pesquisadas e da obra estudada. As oito empresas atuam principalmente no mercado imobiliário de empreendimentos residenciais de médio e alto padrão. Apenas as empresas Y e A atuavam também em empreendimentos comerciais.

EMPRESA	PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DA EMPRESA E DA OBRA
X	Empresa de médio porte ²⁰ com 18 anos de atuação no mercado da construção; Participação em programas de qualidade (ISO 9001 e PBQP-H nível A); Edifício residencial de 15 pavimentos.
Y	Empresa de médio porte com 53 anos de atuação no mercado da construção; Participação em programas de qualidade (ISO 9001, PBQP-H nível A e PGQP ²¹); Edifício residencial de 12 pavimentos.
W	Empresa de pequeno porte com 4 anos de atuação no mercado da construção; A empresa não possui certificação de qualidade; Edifício residencial de 7 pavimentos.
Z	Empresa de médio porte com 10 anos de atuação no mercado da construção; A empresa não possui certificação de qualidade; Edifício residencial de 10 pavimentos.
A	Empresa de médio porte com 17 anos de atuação no mercado da construção; A empresa não possui certificação de qualidade; Empreendimento composto por 5 casas residenciais de 3 pavimentos.
B	Empresa de pequeno porte com 5 anos de atuação no mercado da construção; A empresa não possui certificação de qualidade; Edifício residencial de 11 pavimentos.
C	Empresa de médio porte com 38 anos de atuação no mercado da construção; A empresa não possui certificação de qualidade; Edifício residencial de 13 pavimentos.
D	Empresa de grande porte com 30 anos de atuação no mercado da construção; Participação em programas de qualidade (PBQP-H nível A); Edifício residencial de 16 pavimentos (3 torres).

Figura 17: Características das empresas e das obras estudadas

²⁰ Segundo o SEBRAE (Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas) uma empresa de pequeno porte é aquela que possui entre 20 e 99 pessoas ocupadas, de médio porte possui entre 100 e 499 pessoas ocupadas e de grande porte possui mais de 500 pessoas ocupadas.

²¹ Programa gaúcho de qualidade e produtividade na construção.

Pode-se perceber, a partir da figura 17, que do conjunto de empresas pertencentes à pesquisa cinco não possuíam certificação de qualidade, embora estivessem participando ou já tenham participado de programas de melhorias.

4.3 DELINEAMENTO DA PESQUISA

A figura 18 mostra o delineamento da pesquisa, indicando suas etapas, as quais serão detalhadas posteriormente.

A revisão bibliográfica foi realizada ao longo de todo o estudo, buscando informações e conhecimentos junto à literatura brasileira e internacional como forma de auxiliar no entendimento e interpretação dos resultados. Os resultados obtidos foram comparados com os de outros estudos realizados em contextos semelhantes. Por tratar-se de estudo relacionado ao processo de execução da atividade de revestimento de fachada de argamassa de forma ampla, que envolve não somente a parte técnica da execução como também a gestão do processo, a pesquisa bibliográfica abordou uma ampla gama de assuntos desde o planejamento do serviço, suprimentos, controle de qualidade, método de execução e segurança do trabalho.

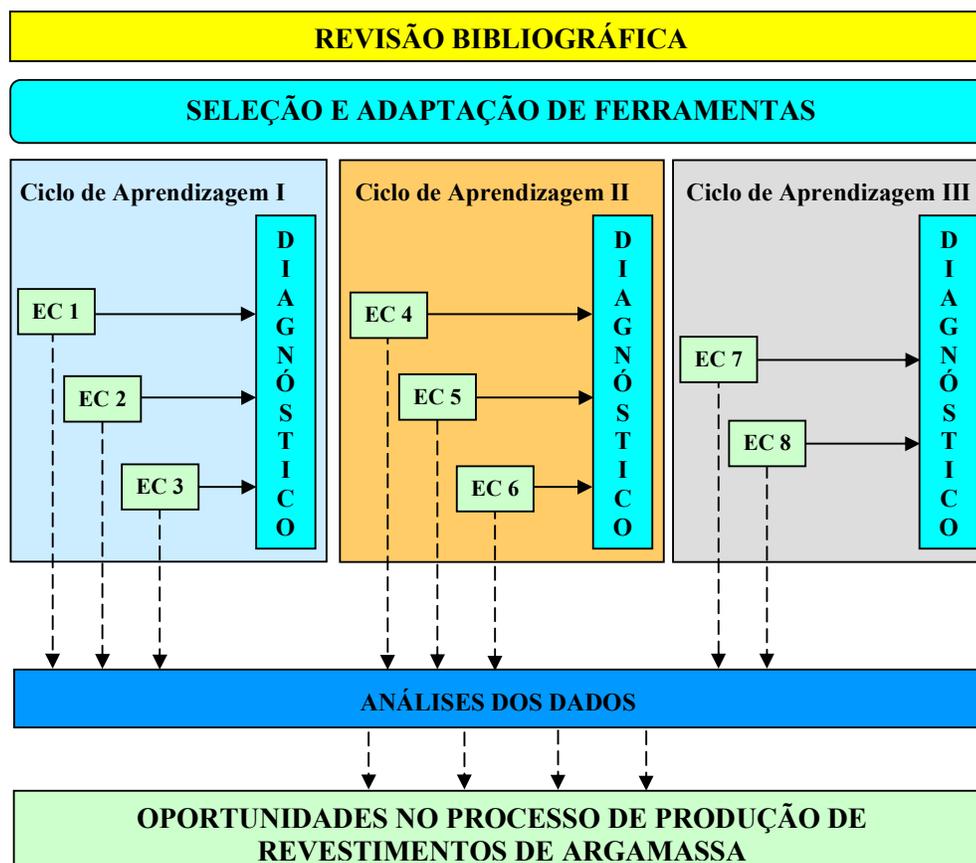


Figura 18: Delineamento da pesquisa

Também, a partir da revisão bibliográfica obteve-se conhecimento sobre ferramentas de avaliação de processos elaboradas e aplicadas em estudos anteriores. Após o conhecimento destas ferramentas foram selecionadas as que poderiam ser aplicadas ao estudo do processo de execução de revestimento de fachada e as que poderiam ser adaptadas para aplicação no processo em estudo.

A pesquisa empírica foi realizada através de três ciclos de aprendizagem, cada um deles envolvendo um grupo de empresas. Em cada ciclo foi feito um diagnóstico dos problemas existentes no processo bem como a identificação de boas práticas, objetivando a disseminação das mesmas para as empresas em estudo e para o setor da construção. Com a caracterização do processo de produção de revestimentos de argamassa em cada uma das empresas, foi possível identificar os problemas enfrentados no processo e as oportunidades para superá-los.

Como previsto, cada ciclo serviu de aprendizado para os subseqüentes. O aprendizado se deu gradativamente de um ciclo para o outro. No primeiro ciclo de aprendizagem houve o conhecimento do funcionamento do processo de revestimento de fachada, suas etapas e atividades necessárias para a completa execução. A revisão de literatura também auxiliou bastante para este conhecimento. Entretanto, a observação do processo na prática fornece uma visão mais detalhada. Neste primeiro ciclo a pesquisadora buscou principalmente este aprendizado, não significando que outras constatações fossem impedidas de serem realizadas.

O primeiro ciclo, composto por três estudos de caso (EC), exigiu um esforço maior em função do desenvolvimento e teste das ferramentas e procedimentos de coleta e análise de dados e também pela aprendizagem da pesquisadora. Estimava-se que os demais ciclos tivessem uma duração menor, já que as ferramentas e o plano de coleta estariam consolidados. Porém, ao longo do desenvolvimento do estudo nas empresas, algumas dificuldades surgiram, tais como, a pequena quantidade de frentes de trabalho na execução do serviço em estudo, o que provocou um aumento no tempo de coleta de dados pela técnica amostragem do trabalho. Assim, o primeiro ciclo foi de fundamental importância para a confirmação e refinamento das proposições, bem como para a seleção de ferramentas para a realização de avaliações complementares.

No segundo ciclo, com o completo conhecimento da execução do processo, além de conhecer como este grupo de empresas realizava a execução, buscou-se descobrir com mais profundidade os problemas e suas causas. No terceiro e último ciclo de aprendizado, composto por duas empresas, além de conhecer o processo e apontar problemas e causas, ficou clara a necessidade de maior interação entre a pesquisadora e os gestores e operários da obra na tentativa de mudanças para a melhoria. Os problemas foram facilmente relacionados às possíveis soluções. Entretanto, não houve intervenção no processo por parte da equipe de pesquisa. Acredita-se que a maior facilidade de associar os problemas às soluções se deu devido ao grande conhecimento acumulado nos outros dois ciclos, principalmente depois da captação de boas práticas executadas pelas outras seis empresas.

Buscou-se conhecer o processo de execução em cada empresa, evidenciando principalmente a produção, transporte, estoque e uso da argamassa na obra. Inicialmente foi realizada uma

entrevista com um representante indicado pela empresa, em geral um gerente de produção, com domínio sobre a organização e estratégia de trabalho empregadas a fim de se ter uma idéia global sobre o processo de produção adotado pela empresa e para conhecer as principais dificuldades enfrentadas pela equipe técnica da empresa. Após a realização das entrevistas, foi feito o diagnóstico. Iniciava-se o acompanhamento da execução do revestimento em uma obra indicada pela empresa para estudo e coleta de dados, com a aplicação das ferramentas de avaliação e observação direta da execução do serviço.

É importante destacar que, em todos os ciclos, houve a realização completa do diagnóstico na obra indicada pela empresa, obtendo sempre que possível um padrão de informações, ou seja, buscava-se o mesmo conjunto de informações em cada empresa participante da pesquisa. A dificuldade de se ter nas empresas parceiras o processo em estudo ocasionalmente como planejado, isto é, a execução do revestimento de fachada de argamassa exatamente nos períodos necessários para se cumprir o plano estabelecido pela pesquisadora gerou dificuldades no esforço de coleta. Por esta razão não foi possível concluir um ciclo antes de iniciar o próximo, conforme pode ser visualizado na figura 19, a qual apresenta o cronograma de trabalho nas empresas.

Outra dificuldade enfrentada durante o desenvolvimento deste trabalho diz respeito às intervenções que se pretendia realizar nas obras em estudo. Porém, o grande número de empresas envolvidas, a complexidade da coleta e a simultaneidade dos estudos impossibilitaram o acompanhamento das melhorias.

	Empresa	Período de coleta	Apresentação individual	Apresentação coletiva
Ciclos de aprendizagem I	X	31/03 a 30/06/04	15/09/04	25/11/2004
	Y	30/03 a 16/06/04	21/10/04	
	W	07/05 a 28/06/04	29/10/04	
Ciclos de aprendizagem II	Z	12/05 a 30/07/04	05/11/04	
	A	14/06 a 03/08/04	16/11/04	
	B	01/09 a 08/11/04	16/11/04	
Ciclos de aprendizagem III	C	23/09 a 08/11/04	19/11/04	
	D	23/08 a 10/11/04	19/11/04	

Figura 19: Cronograma de trabalho nas empresas

A última etapa do trabalho envolveu a sistematização e a análise dos dados coletados, gerando um relatório de avaliação individual do processo de produção de cada empresa, o qual foi discutido em um seminário com a participação da equipe técnica de cada uma das empresas. Este seminário foi muito importante tanto para as empresas estudadas, que tiveram a oportunidade de discutir os resultados e obter esclarecimentos adicionais, como para os pesquisadores, que obtiveram informações complementares à coleta e a confirmação de alguns dados já coletados.

A seguir, foi gerado um relatório global reunindo os dados do conjunto das empresas, que foi

apresentado e discutido em um seminário com técnicos de todas as empresas. Neste evento, fez-se uma análise comparativa do desempenho das empresas e foram apresentados os principais problemas identificados nos canteiros de obra. Foram também apontadas algumas soluções e boas práticas das empresas, de forma a compartilhar as informações entre as mesmas. Também participaram deste seminário final representantes de fornecedores e da comunidade acadêmica envolvidos no Projeto da Comunidade da Construção.

4.4 PLANO DE COLETA DE DADOS

No diagnóstico, em todos os ciclos de aprendizagem, foram aplicadas algumas ferramentas e utilizadas algumas diretrizes do método de intervenção proposto por Santos (1995), sendo agregadas outras ferramentas. O mesmo autor sugere que a escolha da obra e das atividades a ser estudada deve ficar a cargo da empresa, sendo que a obra deve representar o perfil organizacional e tecnológico possível de ser encontrado nos demais canteiros da empresa. Uma vez que o processo em estudo já estava definido, teve um papel importante na escolha da obra a ser estudada a existência da atividade escolhida durante o período de estudo, neste caso o revestimento de fachada de argamassa.

A primeira versão do plano de coleta foi elaborada antes de início do primeiro estudo de caso. Durante a realização do primeiro estudo de caso, no qual as ferramentas escolhidas e as adaptadas foram inicialmente aplicadas, foi observado o não seguimento dos traços de argamassa especificados pela empresa quando da confecção das argamassas pelos operários da central de mistura. Assim, foi incluído no plano de coleta a observação e registro da produção das argamassas para constatação dessa variação. Também, foi observada a incidência de manifestações patológicas nos revestimentos recentemente concluídos, o que implicou no acréscimo deste item ao plano. Ainda, para a verificação das práticas realizadas pelas empresas durante a execução dos revestimentos, foi elaborada uma lista de verificação de boas práticas específica para processo de execução de revestimentos.

4.4.1 Ferramentas de coleta de dados e fontes de evidências

Almejando a medição de desempenho e a análise das causas, foram utilizadas ferramentas de coleta de dados tanto qualitativos como quantitativos. Buscou-se também utilizar várias fontes de evidências com a finalidade de aumentar a confiabilidade dos resultados a partir da convergência dos mesmos, o que é denominado de triangulação por Yin (2001). Por exemplo, as informações obtidas durante as entrevistas eram checadas no canteiro de obras por observação direta ou através de entrevistas com outras pessoas envolvidas no processo.

A figura 20 apresenta as ferramentas e indicadores que compõem o método de avaliação do processo de revestimento de fachada de argamassa, resumindo os objetivos e benefícios de cada item e as dificuldades para coleta das informações.

	FERRAMENTAS	OBJETIVO DA FERRAMENTA	BENEFÍCIOS
DESCRIÇÃO DO PROCESSO	Entrevista	Obter dados do ponto de vista dos entrevistados	Focar diretamente o tópico em estudo e são perceptivas
	Observação direta e anotações de campo	Registrar informações adicionais sobre o objeto de estudo	Enriquecer as informações por acontecer em tempo real
	Documentação de imagens	Registrar imagens do processo estudado	Ilustrar e eliminar possíveis dúvidas surgidas durante a análise dos dados
	Diagrama do fluxo de processo	Visualizar sinteticamente todos os fluxos dos materiais usados no processo	Registrar o processo de maneira compacta para tornar possível uma melhor compreensão e posterior melhoria
	Mapofluxograma	Melhor visualizar o processo e as atividades do processo na planta ou área onde ele se desenvolve	Visualizar espacialmente o processo
	<i>Check list</i> de boas práticas no canteiro de obras	Avaliar qualitativamente o canteiro de obras	Avaliar ou melhorar padrões referentes às atividades de conversão e fluxo do processo produtivo
	<i>Check list</i> de boas práticas na execução do revestimento	Avaliar qualitativamente o processo de execução do revestimento	Conhecer as práticas utilizadas na execução de revestimentos de argamassa
AVALIAÇÃO DA PRODUTIVIDADE	Amostragem do trabalho	Avaliar a produção das equipes	Analisar o aproveitamento da mão-de-obra ao longo do dia de trabalho
	Cartão de produção	Registrar a quantidade de serviço produzida pela equipe em determinado período	Comparar a produção real com os valores orçados, fazendo-se uma avaliação do desempenho das equipes e do valor adotado no orçamento
AVALIAÇÃO DAS PERDAS DE MATERIAL	Espessuras de revestimento	Registrar as espessuras finais e obter a espessura média da edificação	Conhecer os índices de perdas por espessura excessiva
	Variação do traço das argamassas	Registrar se existem variações do traço efetivamente executado na obra em relação ao especificado pela empresa	Controlar a conformidade e qualidade das argamassas produzidas
	Controle do consumo de material	Registrar a quantidade de material consumido em determinado período	Conhecer os índices de perdas
	Custo das perdas	Conhecer a perda monetária em função das diferentes perdas ligadas ao processo estudado	Conhecer os índices de perdas de material e de perdas financeiras com o destino final do entulho
AVALIAÇÃO DA QUALIDADE	Levantamento de manifestação patológica	Quantificar, tipificar e analisar a causa da existência de problemas patológicos nas fachadas	Avaliar e verificar o desempenho (qualidade) do revestimento concluído

Figura 20: Vantagens da utilização das ferramentas de avaliação de processos

Dentro do possível, as ferramentas puderam ser utilizadas simultaneamente. Por exemplo, durante as observações diretas e anotações de campo realizava-se o registro de imagens do sistema e o mapeamento do processo. Também, durante a aplicação da ferramenta cartão de produção, pôde-se aplicar a técnica de amostragem do trabalho, o levantamento das espessuras finais e o registro de informações para cálculo das perdas de materiais.

4.4.1.1 Descrição do processo

4.4.1.1.1 Entrevista

As entrevistas são realizadas com as pessoas cujo comportamento ou percepção se deseja conhecer, possibilitando a obtenção de dados a partir do ponto de vista dos pesquisados. Yin (2001) afirma que as entrevistas possuem pontos positivos por enfocarem diretamente o tópico em estudo e por serem perceptivas, mas alerta que o pesquisador deve ter cuidado com as respostas tendenciosas e imprecisões geradas durante a entrevista, enfatizando a importância da utilização de várias fontes de evidência num estudo de caso.

Para Saurin (1997), as entrevistas complementam as deficiências de outras ferramentas como, por exemplo, as listas de verificação, permitindo também que o observador possa captar a percepção das pessoas envolvidas no processo estudado.

Foram realizadas entrevistas semi-estruturadas com os representantes indicados pelas empresas, que possuíam uma visão geral da organização do trabalho a fim de se ter uma idéia global sobre o processo estudado e para levantar as principais dificuldades enfrentadas quando da melhoria da qualidade do processo. Também, ocasionalmente, ocorreram conversas informais com outros intervenientes do processo, como operários, mestres de obra, empreiteiros, estagiários, entre outros, conforme apresentado na figura 21.

EMPRESAS	ENTREVISTADOS
X	Diretores técnicos, engenheiro de obra, mestre de obra, estagiários, porteiro (almoxarife), serventes e pedreiros
Y	Engenheiro de obra, mestre de obra, estagiário, encarregado, almoxarife, porteiro, serventes e pedreiros
W	Diretor da empresa, técnico de produção, mestre de obra, serventes e pedreiros
Z	Engenheiro de obra, mestre de obra, técnico em edificações, serventes e pedreiros
A	Engenheiro de obra, estagiário, mestre de obra, serventes e pedreiros
B	Diretor, mestre de obra, serventes e pedreiros
C	Diretor, engenheiro de obra, mestre de obra, empreiteiro, almoxarife, serventes e pedreiros
D	Engenheiro de obra e de planejamento, mestre de obra, empreiteiro, almoxarife, serventes e pedreiros

Figura 21: Profissionais entrevistados nas obras

4.4.1.1.2 Observação direta e anotações de campo

Segundo Yin (2001), as observações diretas podem ser feitas informalmente, ao longo da visita de campo, incluindo as ocasiões durante as quais estão sendo coletadas outras evidências. As anotações são úteis para fornecer informações adicionais sobre o tópico que está sendo estudado, sendo muito valiosa em combinação com registros fotográficos (YIN, 2001). O mesmo autor salienta que as observações diretas podem consumir muito tempo, porém enriquecem bastante as informações por se tratar de acontecimentos em tempo real.

As observações diretas foram realizadas sempre que a pesquisadora visitava o canteiro de obra, enfatizando todos os itens que direta ou indiretamente afetam o processo em estudo. As informações relevantes eram registradas a partir de anotações em cadernos de campo.

4.4.1.1.3 Documentação de imagens do sistema

Com uso de uma máquina fotográfica digital, as imagens do processo de execução de revestimento de fachada de argamassa foram registradas contemplando todas as etapas e acontecimentos relacionados ao mesmo, como, por exemplo, estocagem e transporte dos materiais utilizados, execução do revestimento pela mão-de-obra e revestimentos com manifestações patológicas. Essas imagens também foram bastante úteis para eliminar algumas dúvidas que surgiam durante a análise dos dados.

4.4.1.1.4 Lista de verificação de boas práticas em canteiro de obras

Utilizou-se a lista de verificação para avaliação do canteiro de obras desenvolvida por Saurin (1997), que foi adaptada para aplicação neste estudo, incluindo-se alguns itens para contemplar elementos específicos do processo de execução de revestimentos. O modelo desta lista de verificação está apresentado na versão digital.

4.4.1.1.5 Lista de verificação de boas práticas em produção de argamassa e execução de revestimento de fachada de argamassa

Foi utilizada também uma lista de verificação específica para avaliar o processo de revestimento de argamassa que foi adaptada no presente estudo a partir de documentos desenvolvidos na pesquisa intitulada “Alternativas para a redução do desperdício de materiais nos canteiros de obras” (AGOPYAN et al., 1998). Com esta ferramenta pôde-se avaliar rapidamente o processo de produção de argamassa e execução de revestimento de argamassa, enfatizando os equipamentos de transporte bem como o sistema de recebimento, movimentação e armazenamento dos materiais. As notas geradas com a aplicação desta ferramenta podem variar de 0 a 10. A lista de verificação encontra-se na versão digital.

4.4.1.1.6 Mapeamento do processo: diagrama de processo e mapofluxograma

A análise da logística do sistema e do *layout*, englobando a seqüência das atividades, o armazenamento dos materiais, a movimentação e transporte dos materiais e operários foi realizada usando as ferramentas diagrama de processo e mapofluxograma (descritas item 3.4.2.1). A figura 22 exemplifica um diagrama de processo elaborado em uma das obras estudadas. Para a análise dos resultados era contado o número das atividades de processamento, de transporte, de estoque e de inspeção, de forma a evidenciar a parcela de atividades que não agregam valor.

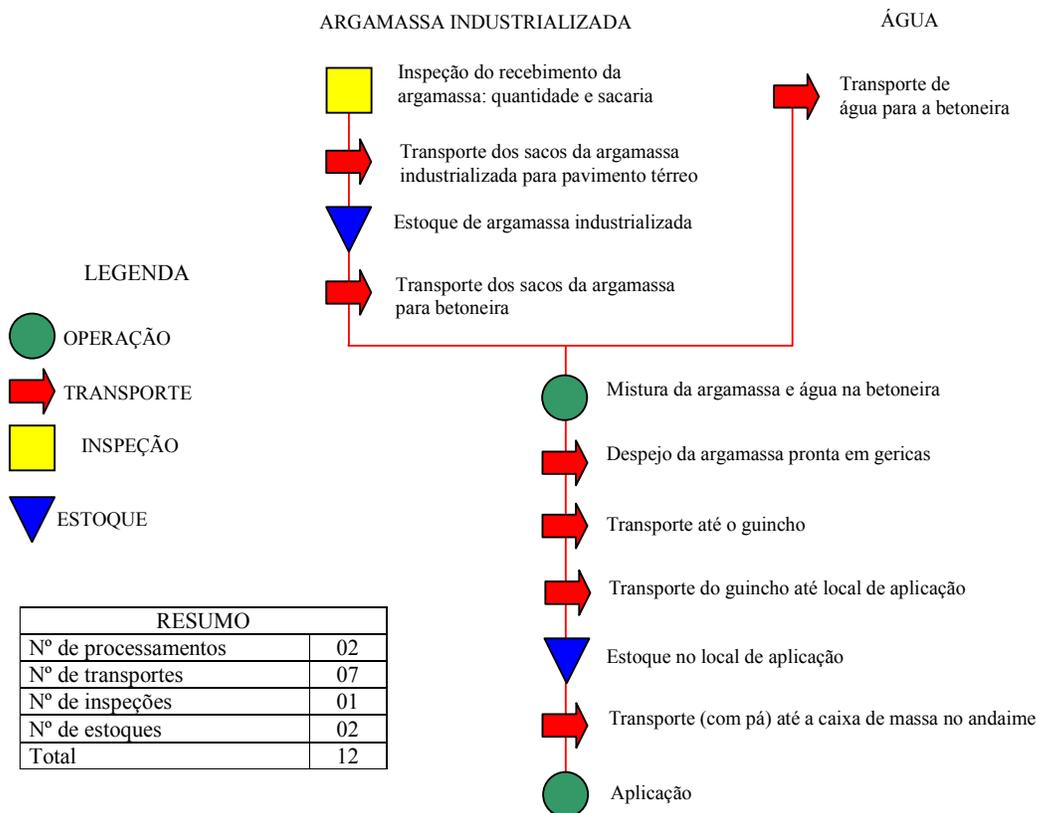


Figura 22: Diagrama de processo da execução de revestimento de fachada na empresa Y

4.4.1.2 Medição da produtividade

4.4.1.2.1 Cartão de produção

O cartão de produção foi utilizado para medir a produção das equipes de execução de revestimento de argamassa. O modelo de cartão de produção (figura 23) utilizado neste trabalho é o mesmo proposto por Santos (1995). Esta ferramenta foi aplicada simultaneamente a outras ferramentas. O ciclo de medição da produtividade das equipes foi de uma semana.

Como critério de medição, não foram contabilizadas as aberturas dos vãos nem os requadros das aberturas (portas, janelas, basculantes, etc) nos cálculos. A área de revestimento contabilizada correspondia à área líquida executada e não à área bruta conforme se utiliza nas obras, algumas vezes, como critério de pagamento. Foram consideradas as horas efetivamente trabalhadas e os profissionais diretamente envolvidos com o serviço, conforme o dimensionamento das equipes adotado pelas empresas (proporção servente:pedreiro).

PRODUTIVIDADE POR SERVIÇO REVESTIMENTO EXTERNO EM ARGAMASSA			
CARTÃO DE PRODUÇÃO			
Empresa:			
Obra:			
Observador:			
Medição anterior	Data:	Hora:	Total de HH:
Medição atual	Data:	Hora:	Total de horas:
Funcionário:	Item:	Produção (m ³)	Índices de produtividade
			m ³ /hora
			m ³ /dia
			HH/m ²
		Produção total:	
Obs:			
CROQUI			

Figura 23: Modelo da ferramenta cartão de produção

O indicador de produtividade foi calculado pela fórmula 3, sendo HH o número de homens-hora trabalhadas pela equipe no período e QS a quantidade de serviço executada, em m².

$$\text{Indicador de produtividade} = \frac{HH}{QS} \quad (\text{fórmula 3})$$

4.4.1.2.2 Amostragem do trabalho

Essa ferramenta foi utilizada nas obras em estudo com objetivo de diagnosticar possíveis problemas, auxiliando na identificação de oportunidades de melhoria ligadas à racionalização do trabalho.

A planilha utilizada é mostrada na figura 24, sendo a mesma em todas as obras. Nesta são listadas

4.4.1.3 Perda de materiais

Segundo Agopyan et al. (1998), os principais tipos de perdas no processo de revestimento de argamassa são: ruptura de sacos; dosagem inadequada dos materiais na produção da argamassa; transporte inadequado; e, por fim, aplicação, que poderá resultar em entulho (argamassa que cai no chão e não é reaproveitada) ou ser incorporada na edificação (na forma de espessura excessiva de revestimento).

Nesta pesquisa, foram focadas as perdas que ocorrem especificamente dentro do canteiro de obra e associadas à fase de execução do empreendimento, restringindo-se apenas às perdas a partir da produção da argamassa ou mistura dos seus constituintes até seu manuseio. Para os cálculos foram consideradas as perdas físicas dos materiais das argamassas (em volume), tendo como referência as especificações de cada empresa, tais como as espessuras de revestimento e as indicações dos traços das argamassas a serem utilizadas pelas empresas.

Os resultados das perdas apresentados nesta dissertação são provenientes de observações localizadas nas fachadas das edificações em estudo, podendo, dessa forma, não representar a realidade. Entretanto, para aumentar a confiabilidade dos resultados, além do registro das perdas através do acompanhamento da produção do revestimento, fez-se um monitoramento nas espessuras finais de revestimento de argamassa buscando, sempre que possível, efetuar as leituras em todos os pavimentos e nas diferentes fachadas das edificações. Ainda, o período de monitoramento das perdas variou de uma obra para outra, devido às dificuldades para a realização do acompanhamento e controle da produção nas empresas.

4.4.1.3.1 *Controle da argamassa produzida e da argamassa utilizada*

O controle da quantidade de argamassa confeccionada para utilização na execução de revestimentos exige grande esforço por parte dos gestores da obra devido ao fato da argamassa ser constituída de vários materiais que são usados em diferentes serviços no canteiro de obra.

Para se calcular o valor da perda de argamassa na execução do revestimento de fachada foi realizado um acompanhamento no transporte da argamassa e na execução do revestimento. Este controle era diário, sendo medidas as quantidades da argamassa que eram enviadas somente para utilização no revestimento de fachada. Isto foi conseguido com o apoio dos operários da central de argamassa e também dos envolvidos na execução dos revestimentos. Eles preenchiam diariamente planilhas fornecidas pela equipe da pesquisa, registrando a quantidade de ciclos de transporte da argamassa, como, por exemplo, o número diário de carros com argamassa recebidos. A equipe de pesquisa acompanhava freqüentemente o preenchimento das planilhas.

4.4.1.3.2 *Varição do traço de argamassa efetivamente empregado sobre o especificado em projeto*

O controle da confecção do traço teve como objetivo verificar se o procedimento da empresa estava sendo seguido, se a argamassa estava sendo executada com a qualidade esperada bem como para se calcular as perdas de argamassa e de seus constituintes de acordo com traço real executado.

Para a obtenção desta variação foram feitas observações diretas da confecção da argamassa na obra, sendo registradas em planilhas. As verificações foram realizadas de forma aleatória numa média de 6 a 10 observações em cada empresa estudada. Eram registradas nas planilhas as quantidades de material usada em cada confecção de argamassa observada, como, por exemplo, o número de padiolas (ou de pás) de areia usado na mistura.

O produto das observações foi o traço médio efetivamente executado na central de argamassa. Para as empresas que utilizaram argamassa industrializada esta medição não foi realizada, já que para o preparo da mistura adiciona-se apenas água, sendo que nenhuma das empresas fixou a quantidade a ser usada na produção da argamassa.

Cabe salientar que não se fez uma análise das especificações definidas pelas empresas, mas detectando-se os consumos que excedem os valores especificados.

4.4.1.3.3 *Espessuras de revestimento*

A variação percentual da espessura média em relação à especificada em projeto tem o objetivo de se medir as perdas de argamassa devido à espessura excessiva do revestimento as quais são causadas principalmente pela falta de esquadro e de prumo das estruturas e alvenarias (SOIBELMAN, 1993; AGOPYAN et al., 1998; PALIARI et al., 2001). Este indicador é importante porque o excesso de espessura é apontado como uma das principais fontes de perdas de argamassa bem como dos materiais que a constituem (AGOPYAN et al., 1998). Para o cálculo desta perda foi utilizada a fórmula 4.

$$Var_{\text{espessura}} (\%) = \left[\frac{e_{\text{média}}}{e_{\text{projeto}}} - 1 \right] * 100 \quad (\text{fórmula 4})$$

Sendo:

$Var_{\text{espessura}}$ = variação da espessura média em relação à especificada em projeto (%)

$e_{\text{média}}$ = espessura média (cm)

e_{projeto} = espessura de projeto (cm)

A obtenção das espessuras médias de revestimentos de argamassa possibilita uma avaliação indireta das perdas de materiais e mão-de-obra nesta atividade. Seguiu-se a recomendação de Oliveira et al. (1995) segundo a qual as medições devem ser feitas em cada pavimento em pelo menos 30% do número de paredes externas.

A maioria das leituras de espessuras de revestimento de fachada foi realizada pelas aberturas nas paredes, como janelas e sacadas, e também durante o acompanhamento da execução do serviço. Quando não era possível a realização das medidas, os operários eram solicitados a executarem medições nos arames ou linhas de referência usados para execução do revestimento de fachada, sempre em três pontos para se adquirir uma média da espessura naquela área.

Considerando os valores de espessura especificados pelas empresas, o excesso de espessura foi considerado como perdas tanto de material como de mão-de-obra. A perda parcial de argamassa ocasionada pela espessura excessiva foi calculada usando a fórmula 5.

$$P_{\text{esp. exc}} = \frac{CR - CP}{CP} \quad (\text{fórmula 5})$$

Sendo:

$P_{\text{esp exc}}$ = perda por espessura excessiva (%)

CR (consumo real necessário) = espessura média x área produzida (m³)

CP = consumo previsto segundo a espessura de projeto (espessura de projeto x área produzida) (m³)

4.4.1.3.4 *Análise global das perdas e do custo das perdas*

Considerando a área executada pelas equipes e a espessura de revestimento nesta área, calculava-se o volume de argamassa efetivamente utilizado. Subtraindo-se do volume de argamassa recebido o volume efetivamente necessário para a área de revestimento acompanhada, tinha-se a perda total do material (ou global). Assim, os cálculos dos índices de perdas foram feitos utilizando a fórmula 6.

$$PGA = \frac{QAP - CP}{CP} \quad (\text{fórmula 6})$$

Sendo:

PGA = perda global de argamassa (%)

QAP = quantidade de argamassa produzida (m³)

CP = consumo previsto segundo a espessura de projeto (m³)

O custo das perdas foi obtido considerando a espessura média do prédio estudado e extrapolando a perda para a área total de revestimento de fachada de argamassa. Foi utilizada a fórmula 7.

$$CTP = CP_{\text{mat}} + CP_{\text{MO}} + CP_{\text{transp}} \quad (\text{fórmula 7})$$

Sendo:

CTP = Custo total das perdas (R\$)

CP_{mat} = custo das perdas de material (R\$)

CP_{MO} = custo das perdas de mão-de-obra (R\$)

CP_{transp} = custo do transporte do entulho (R\$)

Para o cálculo da perda de material foi utilizada a quantidade total de argamassa (m³) perdida, considerando o consumo do material conforme as observações realizadas durante o acompanhamento da confecção das misturas (traço médio efetivamente executado). Para as empresas que utilizaram argamassa industrializada foram consideradas as informações de rendimento (consumo/m²) do material contidas na embalagem do produto.

Foi necessário seguir algumas considerações para calcular as perdas de mão-de-obra, sendo incluídos nos cálculos a perda de mão-de-obra para confecção da argamassa perdida, a perda de mão-de-obra para execução da espessura excessiva (pedreiro e servente), a perda de mão-de-obra em função dos tempos improdutivo e auxiliares.

Foram utilizados os valores de produtividade das equipes obtidos com a ferramenta cartão de produção e os percentuais de tempos improdutivo e auxiliares obtidos na amostragem do trabalho.

Assumiu-se que os serventes não possuem função produtiva, isto é, não estão encarregados de realizar atividades produtivas, tais como aplicar argamassa e sarrafejar, mas realizam atividades predominantemente auxiliares. Dessa forma, não foram consideradas como perdas os tempos auxiliares dos serventes. Em relação aos tempos improdutivo, considerou-se perda todos os valores, para o servente, de tempos improdutivo acima de 33%, pois a proporção da distribuição global dos tempos na amostragem do trabalho, considerada como natural para a construção civil,

segue uma proporção de 33% para cada categoria (FORBES, 1971 apud SANTOS, 1995)²².

Para a análise da perda de mão-de-obra em relação aos pedreiros, considerou-se que é possível, segundo a literatura (FORMOSO; LANTELME, 1997), atingir-se valores de atividades que agregam valor da ordem de 60%. Assim, foi considerado para os pedreiros como perdas os tempos auxiliares acima de 15% e improdutivos acima de 25%. Também, foi arbitrado o valor de encargos sociais de 130%.

Para o cálculo do custo gerado pelo transporte do entulho foi considerado o valor local cobrado por empresas de destino final deste material, com volume definido a partir do resultado das perdas geradas no manuseio da argamassa, transporte e abastecimento dos andaimes, denominadas neste estudo de outras perdas. Foi considerado para a realização dos cálculos que toda a quantidade de argamassa das "outras perdas" resultavam em entulho. Foi utilizada a fórmula 8.

$$OP (\%) = PGA(\%) - Pesp_{exc} (\%) \quad (\text{fórmula 8})$$

Sendo:

OP = outras perdas (%)

PGA = perda global de argamassa (%)

Pesp_{exc} = perda por espessura excessiva (%)

Para sistematização dos dados foi elaborada uma planilha eletrônica, na qual as informações eram inseridas e as perdas eram calculadas, gerando posteriormente gráficos de perdas parciais e totais.

4.4.1.4 Levantamento de manifestações patológicas

Com o revestimento de fachada de argamassa concluído, realizou-se um levantamento através de observação e registro de manifestações patológicas. Procurou-se quantificar nas paredes das fachadas a intensidade das manifestações, registrando o tipo e a provável causa das mesmas. A dificuldade de verificação de revestimentos externos (fachada) não impediu a realização deste levantamento, porém restringiu a visualização em todas as partes da fachada em algumas obras.

Para o levantamento das manifestações patológicas nos revestimentos de fachada de argamassa foram consideradas as faixas horizontais de cada pavimento nos cômodos com parede externa, em todo perímetro do prédio.

As manifestações foram verificadas sem auxílio de qualquer equipamento ou técnica que facilitasse a visualização, com distâncias aproximadas das paredes de 2,00 m. O número de

²² FORBES, W. Dimensional disciplines and the output of bricklayers. BRE, Current Paper, n°34/71, Garston, Watford, UK, 1971.

paredes verificadas variou nas diferentes obras, uma vez que em algumas paredes era impossível realizar tal verificação pelo fato das mesmas estarem com o revestimento final concluído (por exemplo, revestido em cerâmica), pela dificuldade de acesso para a visualização, pela fachada ainda não ter sido concluída até o término da coleta de dados na empresa ou por outro fator.

Como critério de sistematização das observações e registro das manifestações patológicas nas paredes da edificação, utilizou-se a seguinte classificação:

- Classificação I: Não são percebidas fissuras visualmente nem outros tipos de manifestações patológicas;
- Classificação II: Até 40% das paredes com fissuras percebidas visualmente;
- Classificação III: Mais de 40% das paredes com fissuras percebidas visualmente;
- Classificação IV: Outras manifestações patológicas (umidade, bolor, fantasmas).

Salienta-se que apenas foram verificados os problemas patológicos que se manifestaram antes da utilização da edificação, ou seja, antes da edificação ser entregue a seus usuários finais.

4.5 ANÁLISE DOS DADOS

Depois que foram feitas a tabulação dos dados e a organização das informações, seguindo o mesmo método para todas as 8 empresas, a análise dos resultados foi feita inicialmente pela pesquisadora e depois juntamente com os demais membros da equipe de pesquisa. Posteriormente foi realizada a análise dos resultados conjuntamente com representantes técnicos das empresas.

A realização dos seminários de discussão com as empresas e com participação da equipe de pesquisa foi fundamental para validar o trabalho, uma vez que nestes seminários, tanto nos individuais como no coletivo, com a participação de todas as empresas, foi possível entender melhor as causas dos problemas apontados com uso das fontes de evidência, e também eliminar qualquer percepção equivocada.

4.6 PARTICULARIDADES DOS ESTUDOS DE CASO

A seguir, sugerem algumas informações complementares de cada um dos estudos de caso, relacionadas a particularidades das respectivas obras.

a) Empresa X

O estudo na empresa X foi o que apresentou a maior duração, totalizando 12 semanas, principalmente pelo ritmo lento do processo de revestimento de fachada de argamassa. Havia apenas uma equipe de trabalho, composta por um servente e um pedreiro, no processo de

revestimento de fachada de argamassa. Durante o estudo nesta empresa a pesquisadora ainda não contava com o apoio do bolsista de iniciação científica.

Por ter sido a primeira obra analisada, este estudo foi muito importante para consolidação do plano de coleta e para testar as ferramentas a serem utilizadas. A partir deste estudo identificou-se a necessidade de utilização de outras ferramentas que não estavam no plano inicial, como, por exemplo, o controle da confecção das argamassas e o levantamento de manifestações patológicas.

A principal dificuldade encontrada nessa empresa foi a pequena participação do gerente de obras no fornecimento de algumas informações, uma vez que este não visitava a obra com frequência. Assim, muitas informações foram fornecidas pelo estagiário, o qual permanecia na obra um turno de trabalho, pelo mestre de obras e por operários da central de argamassa ou envolvidos na execução do serviço (serventes e pedreiros).

b) Empresa Y

A coleta de dados na empresa Y foi realizada quase que simultaneamente aos estudos na empresa X, tendo uma duração total de 11 semanas. O serviço na obra indicada por essa empresa estava sendo realizado num ritmo maior, principalmente quando comparado com o ritmo na empresa X, tendo três frentes de trabalho compostas, cada uma, por um servente e um pedreiro.

Na empresa Y não houve dificuldades na coleta e registro dos dados nem na busca de informações adicionais, sendo fornecidas pelo engenheiro civil que permanecia na obra todo o dia e pelo estagiário.

c) Empresa W

O tempo de coleta nesta empresa teve uma duração menor, sete semanas, devido a obra ser menor em número de pavimentos e em área construída, comparada às obras investigadas nos dois estudos discutidos anteriormente. Havia apenas uma frente de trabalho, composta de dois pedreiros e um servente.

A dificuldade existente na coleta dos dados na empresa W se deu devido ao revestimento de fachada estar sendo executado nas fachadas "cegas", ou seja, nas fachadas que não possuíam aberturas para visualização da execução. Assim, foi necessário que a pesquisadora permanecesse no andaime suspenso (numa posição onde não atrapalhasse a execução) para possibilitar o acompanhamento do serviço.

d) Empresa Z

A execução do revestimento de argamassa na obra da empresa Z foi realizada com apenas uma frente de trabalho, composta por um servente e um pedreiro. Nesta obra o registro de algumas informações foi facilitado pelo apoio de uma técnica em edificações que permanecia na obra durante todo o dia de trabalho, ficando esta a preencher diariamente algumas planilhas. O tempo

total de coleta foi de 11 semanas.

e) Empresa A

A coleta de dados na empresa A teve duração de 8 semanas. As maiores dificuldades encontradas no estudo realizado nesta empresa foram relacionados à pequena área de fachada a ser revestida e a alguns detalhes construtivos que demandavam um tempo maior para execução e um grande cuidado por parte da mão-de-obra na sua execução.

f) Empresa B

Para conclusão da coleta de dados nesta empresa foram necessárias 9 semanas. As principais dificuldades enfrentadas foram decorrentes do lento ritmo de execução do processo. Durante a maior parte do estudo havia apenas uma frente de trabalho na atividade.

g) Empresa C

O estudo na empresa C foi concluído após 6 semanas. Nesta obra havia quatro frentes de trabalho durante o diagnóstico, o que colaborou para que a obtenção das informações fosse concluída com maior velocidade. Nesta empresa não houve grandes dificuldades na coleta dos dados.

h) Empresa D

A duração da coleta de dados na empresa D foi de 11 semanas. A quebra e manutenção constante de alguns andaimes suspensos causaram interferências, resultando em paradas na coleta em alguns dias. Nesta empresa não foi possível registrar as perdas de materiais devido às dificuldades de acompanhar a aplicação do revestimento de argamassa na fachada, uma vez que as espessuras excessivas implicam na execução em mais de uma aplicação, ou seja, em várias etapas. Também, as equipes de produção não seguiam procedimentos padronizados, sendo observadas diferentes métodos de execução na mesma obra.

5 RESULTADOS: APRESENTAÇÃO E ANÁLISE INDIVIDUAL

Neste capítulo são apresentados os principais resultados obtidos nos oito estudos de caso, fazendo-se uma análise individual de cada uma das empresas. Devido ao grande número de estudos, foram apresentados com mais detalhes os resultados das empresas X e Y, por contribuírem com o desenvolvimento e refinamento do modelo, por oferecerem maior oportunidade de aplicação de todas as ferramentas e por terem sido os estudos que mais contribuíram para atingir os objetivos da dissertação. Para as demais empresas, buscou-se apresentar de forma resumida os principais resultados. Os resultados não estão apresentados na ordem de coleta.

5.1 ESTUDO DE CASO: EMPRESA X

5.1.1 Registro do processo: descrição e caracterização

As principais características da obra e a descrição do processo de execução de revestimento de argamassa na empresa X estão apresentadas na figura 25.

OBRA X	CARACTERÍSTICAS DO PROCESSO
Edifício Residencial 15 pavimentos, 1 subsolo e 1 cobertura não utilizável ²³	<ul style="list-style-type: none"> - Não possui projeto específico de revestimento; Possui procedimento documentado de execução; Chapisco convencional com aplicação manual; - Execução do revestimento em 2 subidas e 2 descidas (1ª subida do andaime: encunhamento, corte das pontas de ferro e rebarbas de argamassa; 1ª descida: lavagem com hidrojato; 2ª subida: chapisco; 2ª descida: massa única); - Massa única (aplicação manual), acabamento desempenado para pastilha e feltrado para pintura; - Taliscas colocadas no decorrer do serviço; - Uso de argamassa feita em obra com cimento Portland pozolânico, cal hidratada e areia; - Uso de betoneira para a mistura e de andaime suspenso manual; - Equipe de trabalho: 1 servente para cada pedreiro, com pagamento por m²; - Ferramentas de posse do pedreiro: colher de pedreiro, trena, trincha, desempenadeira de plástico; - Ferramentas e equipamentos da empresa ou empreiteiro: betoneira sem carregador, andaime suspenso mecânico, caixas para massa, régua de alumínio, enxada e pá, gerica, equipamentos de segurança, arame de prumo; - Argamassa transportada em gericas (horizontal) e elevador de obras (vertical).

Figura 25: Características da obra e do processo na empresa X

²³ A cobertura do prédio não possuía telhado. Foi empregada uma camada de brita como proteção para impermeabilização. Existiam estruturas dispostas ao longo do perímetro do prédio para facilitar manutenções futuras (instalação de andaimes).

Este processo foi executado por uma empresa terceirizada, desde os serviços preliminares que antecedem a aplicação da argamassa de revestimento, tais como limpeza e aplicação do chapisco, até o acabamento final da fachada.

A central de argamassa foi instalada no subsolo da edificação aproveitando esse espaço também para armazenamento dos materiais destinados à confecção da argamassa, estando, dessa forma, todos os materiais usados na mistura protegidos das intempéries e situados próximos da betoneira. A configuração do *layout* de produção das argamassas no subsolo implicou a instalação do elevador de obras partindo desse pavimento, próximo dos equipamentos de mistura da argamassa.

Para o transporte da areia do pavimento térreo até o subsolo a empresa criou um sistema de recebimento e estocagem de forma que o material era deslocado através de uma abertura feita na laje, prevista em projeto. O material era descarregado diretamente da caçamba para a área de armazenamento no subsolo, não necessitando de transporte adicional (figuras 26 e 27).



Figura 26: Chegada de areia no canteiro de obras sendo descarregada diretamente no local de armazenamento



Figura 27: Detalhe da abertura da laje por onde a areia era conduzida até o subsolo

Para a definição do traço da argamassa de revestimento a empresa contratou um laboratório especializado da cidade de Porto Alegre. Esse mesmo laboratório foi solicitado a definir o fornecedor de areia que dispusesse de melhor material, em se tratando de pureza e granulometria, a partir de dois fornecedores sugeridos pela empresa.

A argamassa de revestimento de fachada, composta de cimento Portland pozolânico, cal hidratada e areia, era utilizada também para o revestimento interno, com os mesmos traços. Inicialmente era produzida argamassa intermediária, misturando areia (úmida), cal hidratada e uma quantidade de água que não era definida pela empresa, ficando a cargo dos funcionários que a produziam, resultando, assim, na argamassa intermediária. O processo de execução desta mistura estava especificado formalmente num procedimento da empresa, segundo o qual a argamassa intermediária deveria permanecer em repouso por no mínimo 48 horas antes do uso para o término da maturação²⁴ da cal hidratada. Esta orientação foi dada pelo laboratório responsável pela dosagem.

²⁴ Maturação é o repouso da pasta de cal ou da argamassa de cal, no estado fresco, previamente à adição de outros constituintes e à aplicação (ABNT, 1998).

Depois de misturada em betoneira, a argamassa intermediária era despejada diretamente em uma das duas masseiras disponíveis pela empresa para armazenamento e repouso. Para a produção da argamassa final, a argamassa intermediária era colocada novamente na betoneira e misturada mais uma vez, porém agora com adição de cimento Portland. Nesta mistura quase sempre não se adicionava água, uma vez que a quantidade usada na mistura da argamassa intermediária dispensava essa adição. Em função do ritmo elevado de execução de revestimentos (interno e externo), nem sempre a especificação de repouso da argamassa intermediária por 48 horas era obedecida.

Os estudos dos fluxos na produção do revestimento de fachada de argamassa, considerando desde a entrada dos materiais usados neste processo no canteiro de obras até a aplicação final da argamassa indicaram que 56,67% das operações efetuadas eram de transporte, 23,33% de estoques, 10% de inspeção e apenas 10% das operações eram de conversão, de um total de 30 atividades. O diagrama de processo representado apresentou uma grande quantidade de operações de fluxo em função de se produzir argamassa em obra, sendo aumentado ainda mais o número dessas operações com a produção de argamassa intermediária no canteiro. Segundo informação do fornecedor da cal hidratada, o material já era fornecido pronto para uso, podendo ser adicionado diretamente ao cimento e à areia para a confecção da argamassa final. Porém, a empresa optou por fazer a argamassa intermediária seguindo seus próprios procedimentos de execução.

A figura 28 mostra os resultados da aplicação da lista de verificação de boas práticas em *layout* e movimentação no canteiro em dois momentos distintos do estudo. Percebe-se uma queda no desempenho de todos os itens avaliados. A diferença nos resultados entre os dois momentos ocorreu devido a algumas mudanças na organização do canteiro em função das diferentes fases da obra.

As notas da avaliação das instalações provisórias foram as menores entre os itens analisados. Este estudo foi realizado quando a obra encontrava-se nos últimos meses de execução e, durante este período, o gerente de produção não permanecia todo o dia na obra. Algumas instalações já haviam sido desmontadas, como, por exemplo, o refeitório. Neste estágio, o canteiro tinha muitas sobras de madeira, ferro, entulho e outros materiais espalhados pela obra (figura 29).

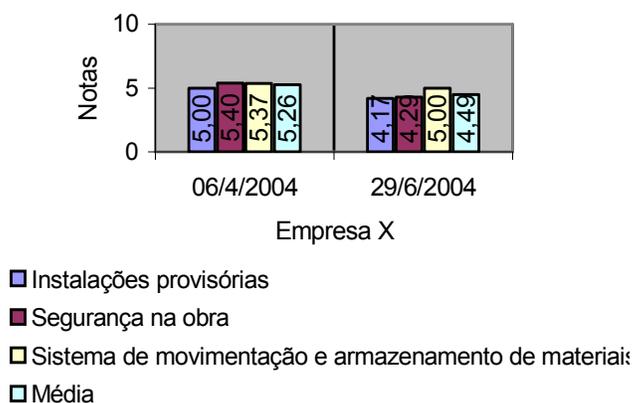


Figura 28: Notas do canteiro de obras obtidas a partir da lista de verificação



Figura 29: Vista do canteiro de obras

A avaliação qualitativa da central de produção de argamassa e da execução do processo de revestimento de fachada de argamassa, a partir da lista de verificação de boas práticas em produção de argamassa e execução de revestimento de fachada de argamassa, é apresentada na tabela 2.

Tabela 2: Notas da execução do revestimento de fachada obtidas a partir da lista de verificação aplicada na empresa X

Sistema de recebimento, movimentação e armazenamento de materiais	Produção de argamassa	Execução do revestimento	Segurança	Média
6,3	4,6	6,6	6,7	6,1

A tabela 2 indica que a produção de argamassa obteve a menor nota em relação aos outros itens analisados, o que é justificado pela falta de padronização e controle na central da argamassa, não sendo utilizados recipientes com volumes definidos na proporção dos materiais. Quanto ao recebimento, movimentação e armazenamento dos materiais foi constatado que, apesar da existência de procedimentos sistematizados formalizados, não eram realizados alguns procedimentos importantes com relação ao armazenamento, como o estoque de materiais novos sobre antigos e armazenamento de embalagens de cimento em contato direto com a parede úmida, ocasionando rasgos em alguns sacos quando de seu transporte para a mistura.

A ausência de procedimentos de verificação da qualidade da execução do revestimento permitia que o serviço fosse realizado sem alcançar o desempenho desejado, não havendo cobrança efetiva sobre o empreiteiro e sua equipe de trabalho. Em relação à segurança na obra, na execução de revestimento de fachada com uso de andaime suspenso com acionamento manual, observou-se, em alguns momentos, a falta de uso do cinto de segurança pelos operários trabalhando em alturas superiores a 2,0 m do chão e andaimes sem guarda-corpo na sua face lateral. Por fim, o processo

obteve uma nota média de 6,1 mostrando que existe espaço de melhoria nos quatro grandes itens estudados, sendo mais evidente na produção da argamassa.

5.1.2 Desempenho do processo

5.1.2.1 Produtividade da equipe: cartão de produção e amostragem do trabalho

O resultado do acompanhamento da produção da equipe de trabalho durante quatro semanas na execução de revestimento de fachada de argamassa foi 1,04 HH/m². Durante o estudo na empresa havia apenas uma equipe direta de produção, composta de um pedreiro e um servente, executando o revestimento de fachada de argamassa. Assim, apenas uma frente de trabalho foi observada no intuito de se chegar ao número de observações desejado, obtendo-se um total de 1.372 observações²⁵ da equipe de trabalho, em tempos aleatórios.

As figuras 30, 31 e 32 apresentam os resultados das observações realizadas. Analisando-se primeiramente o resultado da equipe direta de produção do revestimento de argamassa de fachada (figura 30) tem-se um desempenho equilibrado dos tempos produtivos, improdutivos e auxiliares, com aproximadamente um terço das ocorrências para cada um. Porém, analisando separadamente os resultados dos pedreiros e dos serventes verifica-se um melhor desempenho para os pedreiros e uma grande parcela de tempos improdutivos dos serventes.

A organização da equipe de trabalho foi feita de tal forma que o servente ficava à disposição do pedreiro durante todo o dia de trabalho, porém se afastava de seu cargo, ocasionalmente, para realizar descarregamento de cargas, limpeza de outras áreas na obra e outros pequenos serviços quando solicitado pelo mestre de obras. Em alguns momentos o servente realizava operações produtivas, como chapar, sarrafear e desempenar, mesmo não sendo sua função. Ainda assim, conforme indicado na figura 32, em 55,35% das observações o servente encontrava-se realizando operações improdutivas.



Figura 30: Distribuição dos tempos da equipe na empresa X

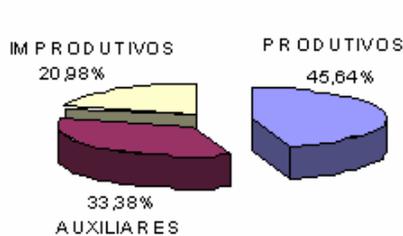


Figura 31: Distribuição dos tempos do pedreiro na empresa X

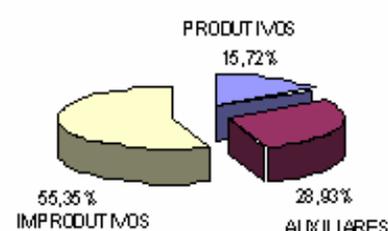


Figura 32: Distribuição dos tempos do servente na empresa X

²⁵ Eram necessárias 2.504 observações para o erro de 5%. Entretanto, com 1.372 observações realizadas atingiu-se um erro de 6,75%.

Entre as principais operações realizadas pelo pedreiro, têm-se aquelas que recebem destaque como causadoras das parcelas de tempos auxiliares e improdutivos. Em 4,75% das observações, o pedreiro encontrava-se parado sem motivo, sendo, possivelmente, justificado pelo cansaço físico decorrente da movimentação do andaime suspenso com acionamento manual, o qual resultou em 6,43% das observações. Em algumas vezes observou-se que depois da movimentação do andaime, o pedreiro tinha necessidade de subir nas catracas (tipo de guincho dos andaimes suspensos) do mesmo e fixar tábuas para alcançar altura e terminar a parte do revestimento que ficou para ser desempenada. Isso acontece porque, após a operação de chapar, é necessário aguardar um tempo – tempo de puxar – para que ele possa desempenar e concluir o revestimento de argamassa, sendo que o pedreiro, às vezes, dava continuidade à aplicação em outras áreas da fachada enquanto aguardava esse tempo.

A figura 33 apresenta a distribuição das operações mais frequentes realizadas pelo servente. Das observações que compõem os 55,35% de tempos improdutivos, as principais categorias identificadas foram parado sem motivo²⁶, parado sem atividade, não encontrado ou executando outro serviço, sendo estas as principais causas da grande parcela de tempos improdutivos dos serventes.

A parcela das observações do servente parado sem atividade, que corresponde a 18,50%, também indica que a equipe estava mal dimensionada. A opção de deixar um servente exclusivo para um pedreiro provocou grande ociosidade do primeiro. Esta afirmação é ratificada pela quantidade de vezes em que o servente estava executando outro serviço ou não foi encontrado, o que representam 12,24% e 13,77%, respectivamente. Considerando que a categoria “não encontrado”, ou seja, não visto pelos observadores, pode indicar que está executando outro serviço dentro do canteiro, chega-se a um total de 26,01%. Ainda, a análise da figura 33 indica a execução por parte do servente de operações produtivas que não são de sua competência, sendo que este não recebeu treinamento sobre a forma de execução de tais operações. Isto resume o uso ocasional do servente na obra durante a realização do processo de produção de revestimento de argamassa de fachada, tendo-se a falta de planejamento das suas operações o principal causador da grande parcela de tempos improdutivos.

²⁶ A categoria parado sem motivo ocorreu quando o operário possuía tarefa para executar e permanecia parado.

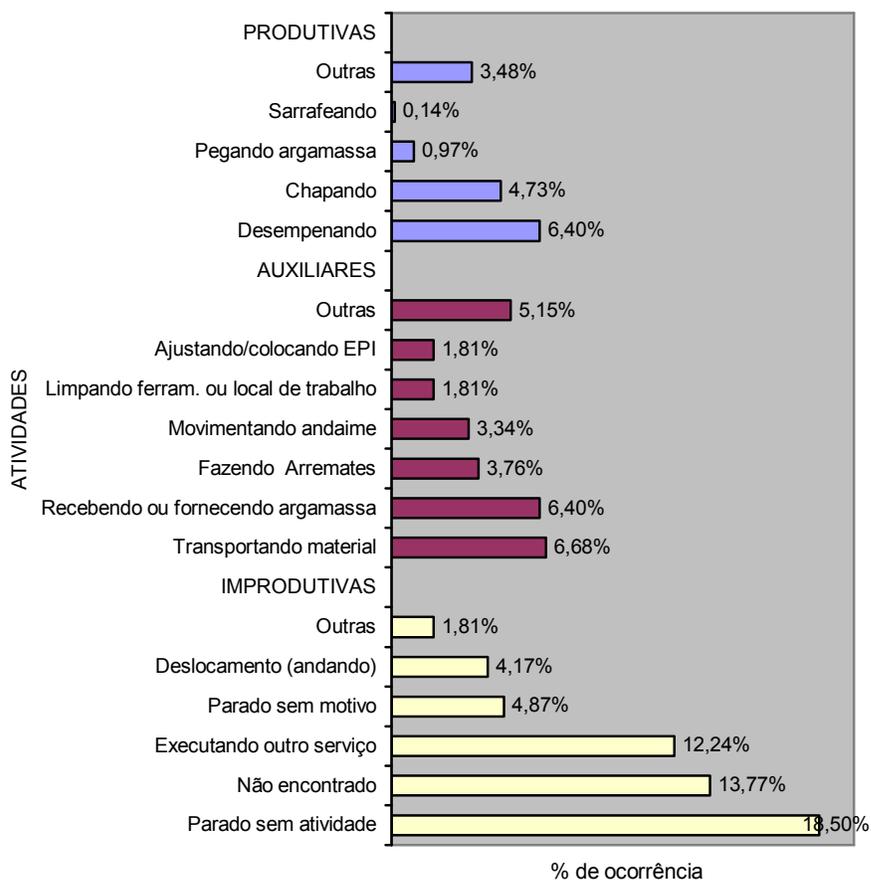


Figura 33: Distribuição das operações do servente na empresa X

O desempenho da produtividade do revestimento de fachada de argamassa também tem grande influência das espessuras finais, devido ao tempo despendido para a aplicação do revestimento, ou seja, quanto maior a espessura de revestimento maior é o tempo necessário para sua completa execução.

5.1.2.2 Espessuras de revestimento

A espessura média de revestimento de argamassa na fachada foi de 3,36 cm, sendo que este valor ultrapassou em 34,4% o valor de projeto (2,5 cm). O ponto de mínimo registrado foi de 1,8 cm, estando este bem próximo do valor estabelecido pela norma NBR 13749 (ABNT, 1996) de 2,00 cm, e o valor máximo de espessura registrado foi de 6,5 cm. Entretanto, não basta apenas o conhecimento destes valores para a análise, sendo importante também informações sobre a distribuição das espessuras dentro do intervalo de valores mínimo e máximo. A distribuição das espessuras em intervalos é apresentada na figura 34, na qual se pode observar que 33,33% das espessuras estão no intervalo de 2,00 e 3,00 cm e que 65,52% das espessuras registradas foram maiores que 3,00 cm, havendo uma pequena quantidade de espessuras abaixo do valor mínimo

recomendado pela referida norma. Também, a partir da análise da figura 34, conclui-se que a espessura média da edificação foi boa não às custas de uma grande quantidade de espessuras com valores baixos.

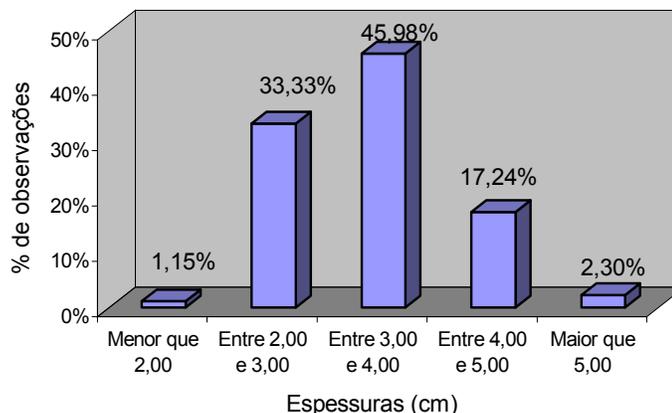


Figura 34: Distribuição das espessuras do revestimento de fachada na empresa X

Essa distribuição de espessuras está muito ligada à estratégia da empresa na adoção da espessura de projeto, neste caso, de 2,5 cm. Os valores acima e abaixo da espessura de projeto são conseqüências das falhas construtivas e das possíveis ações para solucioná-las.

Ainda, numa outra análise, pode-se considerar três grupos de espessuras, ao observar a figura 34. O primeiro grupo inclui as espessuras muito reduzidas, com valores abaixo de 2,00 cm, sendo preocupantes pela fragilidade e exposição do revestimento de argamassa, gerando um problema de proteção do revestimento. Porém, as espessuras deste grupo representam apenas 1,15%. O segundo grupo inclui as espessuras de 2,00 a 4,00 cm, as quais totalizam 79,31% das espessuras registradas, estando uma grande parcela de espessuras dentro deste intervalo. Este grupo representa a gama de espessuras consideradas como normais, já que espessuras até 4,00 cm são possíveis de serem executadas com apenas uma camada (chapada). Esta afirmação foi obtida a partir de observações das práticas nos canteiros e de conversas com os pedreiros. Segundo os mesmos, para revestimentos com espessuras acima de 4,00 cm é necessária a realização em duas aplicações, não obstante a norma indique que a partir de 3,00 cm já é necessária a execução em duas aplicações.

O terceiro grupo de espessuras inclui os valores maiores que 4,00 cm, totalizando 19,54%, sendo este o grupo de maior preocupação por contribuir com as perdas e por deixar o revestimento vulnerável a falhas futuras, principalmente com um maior risco de descolamento. Os problemas gerados pelas espessuras com valores menores de 2,00 cm e entre 3,00 e 5,00 cm são relativamente simples de resolver, através de melhorias nas argamassas (por exemplo, argamassas menos permeáveis e uso de reforço nas camadas). Porém, espessuras com valores superiores aos indicados pela norma não são desejáveis por gerar perdas. De forma geral, os dados de espessuras obtidos nesta edificação indicam que a empresa tem um bom controle sobre as espessuras

excessivas em relação às demais empresas estudadas.

5.1.2.3 Variabilidade na produção de argamassa

A partir de várias observações diárias na produção de argamassa em obra, constatou-se que o traço estabelecido pela empresa, o qual constava em seu procedimento de execução e estava exposto na central de argamassa na obra na forma de cartazes, não estava sendo seguido. O proporcionamento da areia e da argamassa intermediária estava sendo realizado com pás. A tabela 3 apresenta o traço em volume dos materiais que compõem a argamassa de revestimento, conforme especificação da empresa.

Tabela 3: Traço especificado pela empresa X

Materiais	Traço especificado em volume	
	Quantidade	Volume (l)
Cimento Portland	3 medidas de 11 l	33
Cal hidratada	2 sacos de 20 kg	61,54
Areia média	7 padiolas (33 * 33 * 35 cm)	266,80
Resultando em	1: 1,86: 8,08 (cimento: cal: areia) ou 1: 4,34 (cal: areia)	

O registro das observações realizadas durante a confecção da argamassa intermediária de revestimento de fachada está apresentado na tabela 4. Foi arbitrado o peso de uma pá de areia úmida para a reconstituição do traço adotado, apesar de saber que, ao longo da produção, os operários preenchem a pá com quantidades variadas de areia. Porém, foi necessária essa consideração para se ter uma idéia da variabilidade da produção das argamassas.

A partir da tabela 4, pode-se constatar a elevada variabilidade da proporção dos materiais usados na mistura (de 1: 4,51 a 1: 6,48). É importante ressaltar que os valores mostrados acima são aproximados e que, depois de misturados em betoneira, são acumulados em masseira de madeira, sendo as diferentes massas apenas sobrepostas, não formando, dessa forma, uma massa homogênea.

A análise dos traços executados pela empresa X indica a existência de uma variação nas quantidades de materiais utilizados para a confecção da argamassa de revestimento, tendo-se uma quantidade maior de agregado em relação à quantidade de aglomerante quando comparada com os valores especificados (tabela 3), ou seja, significa que as argamassas, em média, foram produzidas com uma quantidade de cal hidratada aproximadamente 20% menor que a especificada. Tem-se como possíveis conseqüências a diminuição da trabalhabilidade da argamassa, o que pode gerar dificuldades na aplicação, e o aparecimento de manifestações patológicas, principalmente

fissuração nos revestimentos.

Tabela 4: Traço da argamassa intermediária executado (em volume)

CAL HIDRATADA		AREIA ÚMIDA		TRAÇO
Kg	Vol (l)	Nº de pás	Vol (l)	Vol (l)
30,5	46,9	41	231,2	1: 4,92
29,5	45,3	40	225,5	1: 4,97
31,2	48,0	49	276,3	1: 5,75
28,8	44,3	46	259,3	1: 5,86
32,3	49,7	40	225,5	1: 4,54
27,7	42,6	49	276,3	1: 6,48
30,9	47,5	38	214,2	1: 4,51
31,9	49,2	42	236,8	1: 4,82
32,3	49,7	42	236,8	1: 4,77
27,7	42,6	42	236,8	1: 5,55
MÉDIA				1: 5,22

As diferentes proporções da argamassa intermediária eram misturadas, a cada lote de produção da betoneira. Na hora da preparação da argamassa final era utilizada a argamassa intermediária que estivesse mais próxima do equipamento misturador, ficando as misturas próximas das laterais e final da masseira para serem usadas somente quando todo o material mais próximo terminasse. Além disso, a variabilidade na quantidade de água empregada proporcionava uma mistura heterogênea com algumas zonas com quantidades de cal maiores que outras (figuras 35 e 36).



Figura 35: Transporte da argamassa intermediária da masseira para betoneira



Figura 36: Argamassa antiga deixada no final da masseira

A variabilidade da argamassa final está apresentada na tabela 5, resultado das observações realizadas durante a produção na central de argamassa. Para a produção desta argamassa final a

especificação da empresa indicava a proporção de 7 padiolas (33 x 33 x 35 cm) de argamassa intermediária para 3 latas de 11 litros de cimento.

Tabela 5: Proporcionamento dos materiais da argamassa final executada

CIMENTO	ARGAMASSA INTERMEDIÁRIA
3 latas de 9,68 l + 1 pá	50 pás
1 lata de 9,68 l	14 pás ²⁷
3 latas de 9,68 l (29,04 l)	49 pás
3 latas de 9,68 l (29,04 l)	41 pás
3 latas de 9,68 l (29,04 l)	44 pás
2 latas de 9,68 l + 3 pás	24 pás
3 latas de 9,68 l (29,04 l)	42 pás
3 latas de 9,68 l + 1 pá	63 pás ²⁸

A tabela 5 indica, em várias observações, que houve a adição de pás de cimento à mistura, com o intuito de melhorar o desempenho da argamassa, com base no julgamento dos operários a partir das suas experiências e também da aparência da massa, considerando outras misturas já produzidas por eles como referência. Com essas informações, percebe-se a variabilidade das argamassas de revestimento produzidas. O traço da argamassa final de revestimento era o resultado de dois processos realizados sem controle, sendo que, além da variabilidade da argamassa intermediária, havia também variabilidade na mistura desta argamassa com cimento. Ainda, o recipiente usado para dosagem do cimento em volume (lata) possuía 9,68 litros ao invés de 11 litros como especificado pela empresa. As latas utilizadas estavam amassadas. Além disso, algumas vezes foi verificado que os operários da central de argamassa adicionavam pás de cimento à massa por julgarem-na fraca.

5.1.2.4 Perdas de argamassa e custo das perdas

As medições das perdas global e parcial de argamassa foram realizadas durante oito dias de execução consecutivos. A figura 37 apresenta os resultados obtidos em cada dia de acompanhamento da execução do revestimento de fachada de argamassa e o valor médio da perda. Observa-se uma grande variabilidade no processo, sendo que a perda total variou de 66,84% a 137,29%. Estas perdas foram decorrentes da espessura excessiva acrescida às outras perdas, as quais incluem perdas no transporte, aplicação e manuseio da argamassa, principalmente no reguamento. Para o cálculo da perda por espessura considerou-se a espessura de projeto (2,5 cm).

²⁷ Produção de argamassa final para 1 carrinho.

²⁸ Nesta observação a massa estava muito fluida e as pás não estavam muito cheias.

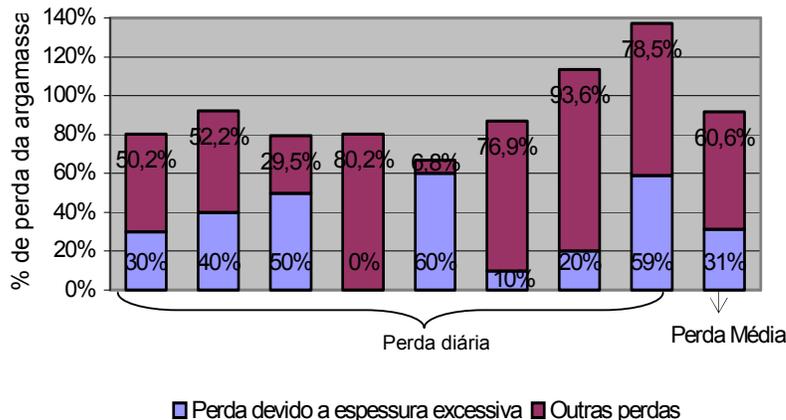


Figura 37: Perdas de argamassa na empresa X

Como pode ser observado na figura 37, no quarto dia de observação houve perda zero relativa à espessura excessiva. Nesse dia a espessura média foi inferior a de projeto, gerando um valor negativo, que foi desconsiderado. Estes dados refletem a grande dispersão que existe nas espessuras finais de revestimento de fachada. Percebe-se que existe oportunidade de melhoria do processo, já que os dados do acompanhamento da produção do revestimento indicam alguns períodos com resultados bons e outros com resultados ruins, consequência de um processo pouco controlado e com alta variabilidade tanto nas perdas por espessura excessiva como nas outras fontes de perdas.

Considerando a espessura média do revestimento (3,36 cm) e extrapolando o valor de perda encontrado para a área total de revestimento de fachada de argamassa tem-se a estimativa da perda total gerada durante a execução do revestimento de fachada na empresa X, mostrada na tabela 6, sendo considerados os preços dos insumos no mercado local.

A tabela 6 mostra que a maior parcela de perdas no processo de execução de revestimento de fachada de argamassa é referente à mão-de-obra. As perdas de materiais são aquelas que são percebidas imediatamente pelas empresas, tendo maior influência no orçamento da obra, afetando diretamente nos custos da empresa. No caso das perdas de mão-de-obra, este impacto não é imediato, já que o serviço foi terceirizado, com preço fechado durante a assinatura do contrato junto ao empreiteiro. Por outro lado, as perdas de mão-de-obra impactam imediatamente os empreiteiros, por reduzirem seus lucros, e impactam a empresa a longo prazo.

Tabela 6: Perdas monetárias da argamassa na empresa X

PERDA	VALOR (R\$)	PORCENTAGEM (%)
Perda de cimento Portland pozolânico	3.482,42	44,70
Perda de cal hidratada	2.386,03	
Perda de areia	1.221,74	
Perda total de material	7.090,19	
Transporte e destino final do entulho	430,08	2,70
Perda de mão-de-obra para confecção da argamassa	2.097,76	52,60
Perda de mão-de-obra para execução de espessura excessiva (pedreiro)	1.697,40	
Perda de mão-de-obra para execução de espessura excessiva (servente)	1.482,86	
Mão-de-obra servente (tempo improdutivo)	1.062,51	
Mão-de-obra pedreiro (tempo auxiliar)	2.000,40	
Perda total de mão-de-obra	8.340,93	
Perda total	15.861,20	100

O custo para transporte e destino final do entulho refere-se ao transporte da argamassa endurecida, transformada em entulho no canteiro de obra, proveniente das perdas geradas durante o manuseio da argamassa.

5.1.2.5 Manifestações patológicas

Após o levantamento visual, constatou-se a existência de manifestações patológicas, sendo que a maioria decorria de fissuras na argamassa de revestimento. O levantamento quantitativo nas fachadas do prédio mostrou que 12,40% das paredes verificadas apresentaram fissuras por retração das argamassas e 3,30% apresentaram outras manifestações como bolor, fantasmas e umidade. Embora não tenha sido realizado um estudo minucioso na busca das causas do aparecimento destes problemas, não foi surpresa a constatação de manifestações patológicas nos revestimentos de argamassa produzidos por esta empresa por causa da variabilidade dos traços. Houve situações nas quais as argamassas eram resultantes de misturas mais fortes e situações com misturas mais fracas, considerando os teores de aglomerante.

5.1.3 Discussão

A análise da mão-de-obra através das ferramentas cartão de produção e amostragem do trabalho mostrou que a configuração das equipes de produção de revestimentos de fachada de argamassa adotada pela empresa, com um servente exclusivo para um pedreiro, leva a uma elevada parcela de tempos improdutivos no trabalho do servente. É nitidamente visível o mau dimensionamento

das equipes de produção do revestimento, tendo uma sobrecarga e maior responsabilidade dos pedreiros para obtenção da produtividade solicitada e uma ociosidade dos serventes, pela falta de planejamento de suas atividades dentro do canteiro de obra, resultando numa equipe de trabalho desbalanceada.

Durante a entrevista realizada com diretores desta empresa, os mesmos relataram a adoção de práticas que não foram confirmadas pela pesquisadora com uso de outras fontes de evidência, como, por exemplo, a existência de um controle efetivo do processo de execução de revestimento e a utilização de recipientes dosadores com volume conhecido para confecção da argamassa.

Entre os principais problemas que contribuíram para a geração de perdas destacam-se a inexistência de um sistema de solicitação de argamassa que evite as sobras no local de aplicação, a elevada geração de perdas proveniente da aplicação e sarrafeamento (perda inerente ao processo), a ausência da prática de estocagem tipo PEPS²⁹, o uso de estoque secundário para cimento (a granel), o uso de pás e latas amassadas para o proporcionamento dos materiais da mistura, a proporção da cal hidratada usando “meio saco”, a produção da argamassa de forma diferente da especificada nos documentos da empresa e a falta de controle na quantidade de água durante a confecção das argamassas. A falta de controle da quantidade de água na mistura provocou fluidez excessiva na argamassa, contribuindo para a ocorrência de perdas no transporte da gerica até masseira em andaime, e retração por secagem na argamassa. A pesquisadora presenciou o pedreiro reclamando sobre a fluidez excessiva das argamassa recebidas, fazendo o comentário: "eu pedi argamassa para revestimento e não pra chapisco!". Também, o uso de argamassa intermediária mais rica em cal hidratada ou menos rica (variabilidade na produção) pode ter influenciado o desempenho do revestimento.

A perda de argamassa por transporte era gerada, principalmente, pela transferência da mesma até as masseiras nos andaimes suspensos. Foi percebido que essa ação acarreta numa perda de argamassa, principalmente quando o acesso ao local de aplicação possuía uma abertura pequena (figura 38), o que limita a movimentação da pá pelo servente e também porque muitas vezes a mesma era jogada contra a parede, derrubando argamassa e sujando o revestimento interno que já estava pronto, bem como a área ao redor do abastecimento. Ao longo de toda a execução de revestimento de fachada de argamassa nessa área da fachada (15 pavimentos) a argamassa foi transportada para os andaimes suspensos dessa maneira.

Por outro lado, também foram observadas boas práticas realizadas pela empresa X. As principais boas práticas identificadas foram a estocagem dos materiais em local protegido das intempéries, o uso de masseiras de madeira com fundo cimentado para estoque da argamassa intermediária, a existência de procedimentos formais de execução, o bom controle geométrico da estrutura da edificação, sendo conseguida a partir de um maior controle por parte do mestre de obra, conforme relato dos diretores da empresa durante a entrevista, refletindo posteriormente na obtenção de uma espessura média satisfatória, e a definição do traço das argamassas por laboratório especializado.

²⁹ O primeiro saco a entrar é o primeiro a sair.



Figura 38: Transporte de argamassa com pá para abastecer andaime

A boa prática de contratação de laboratório especializado para obtenção de traços de argamassa racionalizados não foi suficientemente aproveitada nesta obra, já que as argamassas foram produzidas sem o devido controle. Assim, uma ação desta natureza deve ser seguida de treinamento e conscientização da mão-de-obra envolvida na produção de argamassa para que o cumprimento das especificações e métodos de produção seja efetivamente realizado. Além disso, deve ser realizado algum tipo de controle na produção da argamassa no canteiro de obras, a partir de verificações rotineiras do proporcionamento dos materiais usados na mistura. Durante a entrevista realizada com diretores dessa empresa, ao serem questionados sobre o treinamento da mão-de-obra, eles se expressaram da seguinte forma: "...mas o nosso controle não é de treinar o pedreiro na forma dele aplicar a argamassa, dele fazer assim ou não, ele é pedreiro e sabe".

Ainda, a falta de controle na central de argamassa foi possivelmente a principal responsável pelas manifestações patológicas que ocorreram nas fachadas com o empreendimento ainda em execução. A alta variabilidade na proporção de cimento Portland, cal hidratada e areia durante a confecção das argamassas de revestimento foi também uma das geradoras de perdas de materiais até então desconhecida pela administração da obra, fato este que levou a empresa a pensar em não mais utilizar argamassa feita em obra na execução dos próximos empreendimentos. Outra constatação obtida a partir deste estudo de caso foi a importância de uma forma racional de fornecimento de argamassa para abastecimento das masseiras instaladas nos andaimes suspensos. O índice de perda de argamassa registrado foi de 91,6%, tendo como causa mais importante excesso de espessuras de revestimento.

5.2 ESTUDO DE CASO: EMPRESA Y

Para este estudo apenas não são apresentados dados de manifestações patológicas, uma vez que a ocorrência não foi constatada na edificação construída por esta empresa até o fim do estudo.

5.2.1 Registro do processo: descrição e caracterização

As principais características da obra e a descrição do processo de execução do revestimento de fachada de argamassa na empresa Y estão apresentadas na figura 39. Este processo foi executado por uma empresa terceirizada, da mesma forma que na empresa X.

OBRA Y	CARACTERÍSTICAS DO PROCESSO
Edifício Residencial 12 pavimentos e 1 subsolo	<ul style="list-style-type: none"> - Sem projeto específico de revestimento; - Chapisco convencional com aplicação manual e acabamento desempenado; - Movimentações do andaime: 1ª: encunhamento, corte das pontas de ferro e rebarbas de argamassa; 2ª: lavagem com hidrojato; 3ª: chapisco; 4ª: taliscamento; 5ª: massa única (aplicação manual); - Taliscas colocadas em toda fachada antes do início do serviço; - Uso de argamassa industrializada fornecida em sacos; - Uso de betoneira para a mistura e de andaimes suspensos elétricos³⁰ (fachadas frontal e laterais) e mecânicos (fachada posterior); - Equipe de trabalho: 1 servente para cada pedreiro, com pagamento por m²; - Ferramentas de posse do pedreiro: colher de pedreiro, trena, trincha, desempenadeira de plástico; - Ferramentas e equipamentos da empresa ou empreiteiro: betoneira sem carregador, andaime suspenso mecânico, caixas para massa, régua de alumínio, enxada e pá, gerica, equipamentos de segurança, arame de prumo, frisador de juntas; - Argamassa transportada em gericas e elevador de obras.

Figura 39: Características da obra e do processo na empresa Y

A quantidade de água da mistura para preparação da argamassa industrializada não era padronizada, sendo seu controle realizado visualmente pelo betoneirista³¹. O tempo de mistura em equipamento (mínimo e máximo) não estava exposto na embalagem do produto nem foi determinado pela empresa, tendo sido observada, em algumas vezes, a falta de homogeneidade no material. O tempo máximo de utilização do material de 2 horas, depois de misturado, conforme informação contida na embalagem do produto, não era respeitado. Assim, as duas principais variáveis para a confecção das argamassas, quantidade de água e tempo de mistura, não eram padronizadas.

A partir da avaliação dos fluxos dos materiais utilizados na produção do revestimento de argamassa tem-se que 58,33% das operações efetuadas são de transporte, 16,67% de estoques, 8,33% de inspeção e 16,67% das operações são de conversão (12 atividades no total). O diagrama mostrou uma parcela de operações de fluxo menor que na empresa X, em função de se utilizar argamassa industrializada.

A figura 40 mostra os resultados da avaliação do canteiro de obras através da aplicação da lista de

³⁰ A empresa utilizou andaime elétrico por exigência da DRT (Delegacia Regional do Trabalho), devido às dificuldades de acesso aos andaimes suspensos em algumas fachadas com paredes "cegas".

³¹ Betoneirista é o profissional da central de argamassa que opera a betoneira.

verificação de boas práticas em *layout* e movimentação no canteiro, em dois momentos distintos do estudo. Percebe-se que em todos os itens analisados a nota obtida foi maior que 5,0, principalmente em função do projeto de *layout* e do esforço com a organização do canteiro de obras realizado pela empresa ao longo da obra.

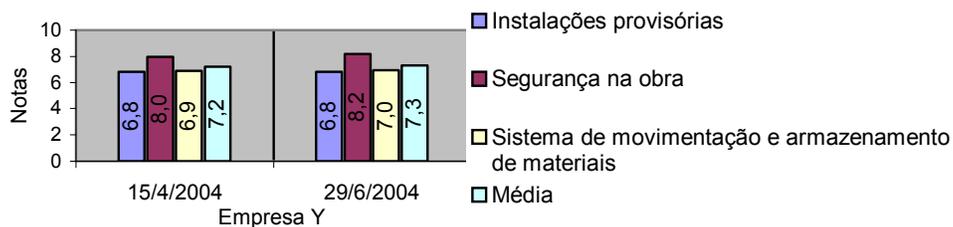


Figura 40: Notas do canteiro de obras obtidas a partir da lista de verificação na empresa Y

Entre as boas práticas, destaca-se a existência de sinalização, contribuindo para a segurança da obra, os procedimentos documentados de recebimento e estocagem de materiais e a disposição das instalações provisórias.

A avaliação qualitativa da organização da central de produção de argamassa bem como da execução do processo de revestimentos de fachada de argamassa, através da lista de verificação de boas práticas em produção de argamassa e execução de revestimento de fachada de argamassa, são apresentados na tabela 7. A tabela indica que o item produção de argamassa obteve a menor nota (6,3) em relação aos outros itens analisados. O não estabelecimento dos tempos de mistura dos materiais no equipamento misturador e a não utilização de equipamento dosador para a dosagem da água são exemplos de práticas que contribuíram para este resultado.

Tabela 7: Notas da execução do revestimento de fachada obtidas a partir da lista de verificação aplicada na empresa Y

Sistema de recebimento, movimentação e armazenamento de materiais	Produção de argamassa	Execução do revestimento	Segurança	Média
7,0	6,3	8,5	8,8	7,6

A segurança da obra em relação à execução de revestimento foi o item com melhor desempenho em relação aos demais, obtendo a nota 8,8. O uso de andaime suspenso elétrico reduziu bastante o esforço físico dos operários. Observou-se o uso de procedimentos de verificação da qualidade na execução do revestimento, inclusive com cobrança efetiva sobre o empreiteiro e sua equipe de trabalho em relação aos métodos de execução. Por fim, o revestimento obteve nota média de 7,6.

5.2.2 Desempenho do processo

5.2.2.1 Produtividade da equipe: cartão de produção e amostragem do trabalho

O resultado do acompanhamento da produção da equipe de trabalho durante seis semanas de acompanhamento foi 0,99 HH/m². Esse resultado corresponde ao registro da produção realizada por 3 pedreiros e 3 serventes. O resultados apresentado é proveniente de acompanhamento do processo de produção com uso de andaime elétrico, na fachada principal do prédio.

Para os estudos de amostragem do trabalho, as três frentes de produção foram observadas no intuito de se chegar ao número de observações suficientes. Foram realizadas 1.154 observações das equipes de trabalho³².

Nas figuras 41, 42 e 43 são apresentados os resultados das observações realizadas na empresa Y. Constatou-se que 29,73% dos tempos da equipe (figura 41) são gastos com operações que agregam valor ao processo.

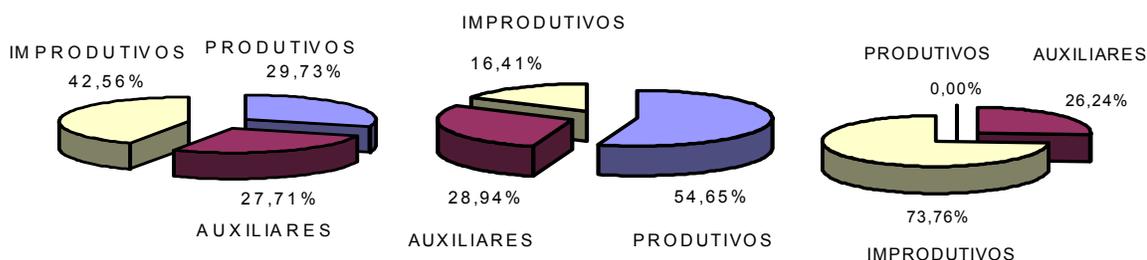


Figura 41: Distribuição dos tempos da equipe na empresa Y

Figura 42: Distribuição dos tempos dos pedreiros na empresa Y

Figura 43: Distribuição dos tempos dos serventes na empresa Y

Registrou-se na empresa Y uma maior parcela de tempos produtivos para os pedreiros, obtida com a melhoria do processo a partir do uso de andaime elétrico. O resultado obtido dos tempos improdutivos de 16,41% é considerado muito bom, sendo muito difícil a redução deste valor, o que poderia ser conseguido através de ações gerenciais na central de argamassa para, assim, evitar a parada por falta de materiais, ocorrida em 5,84% dos tempos observados. O ritmo de uso da argamassa no turno da manhã era maior, onde os pedreiros aplicavam a massa na maior área possível para sarrafeamento e desempenho no turno da tarde. Isto pôde ser realizado por causa do uso de andaime elétrico, uma vez que os pedreiros possuíam facilidade de deslocamento na fachada para concluir as demais operações. Outra vantagem conseguida com o andaime elétrico, além do aumento da produtividade, foi a obediência dos tempos de sarrafeamento e desempenho, tempo este necessário para que a argamassa perca plasticidade e possa receber acabamento sem

influenciar na qualidade do revestimento.

A organização da equipe de trabalho era feita de tal forma que os serventes ficavam à disposição dos pedreiros durante todo o dia de trabalho, afastando-se de seus cargos apenas para apoiar no descarregamento de materiais ou para responder às solicitações dos pedreiros na busca de ferramentas ou outros materiais. A figura 43 mostra que em 73,76% das observações os serventes encontravam-se realizando operações improdutivas, o que indica a elevada ociosidade dos serventes, já que cada um deles era exclusivo para apenas um pedreiro.

Os resultados de produtividade poderiam ser melhor caso a equipe de trabalho fosse dimensionada na proporção de um servente para servir dois ou até três pedreiros. Também, durante o acompanhamento do processo de execução do revestimento, foi percebido que, em função do andaime elétrico, a aplicação de argamassa era bastante eficiente. Entretanto, havia períodos nos quais os pedreiros ficavam parados esperando o fornecimento da argamassa. Havia apenas uma betoneira na central para fornecimento de toda a obra.

A figura 44 apresenta a distribuição das operações mais frequentes realizadas pelos serventes. Uma elevada parcela dos tempos refere-se à quantidade das observações do servente parado sem atividade (43,54%), confirmando o mau dimensionamento das equipes, que resultou em uma elevada ociosidade do servente. Esta afirmação é ratificada pela parcela de tempos em que o servente estava executando outro serviço (9,70%) ou não foi encontrado (15,97%). Considerando que se o servente não é encontrado o mesmo pode estar executando outro serviço dentro do canteiro, chega-se a um total de 24,67%.

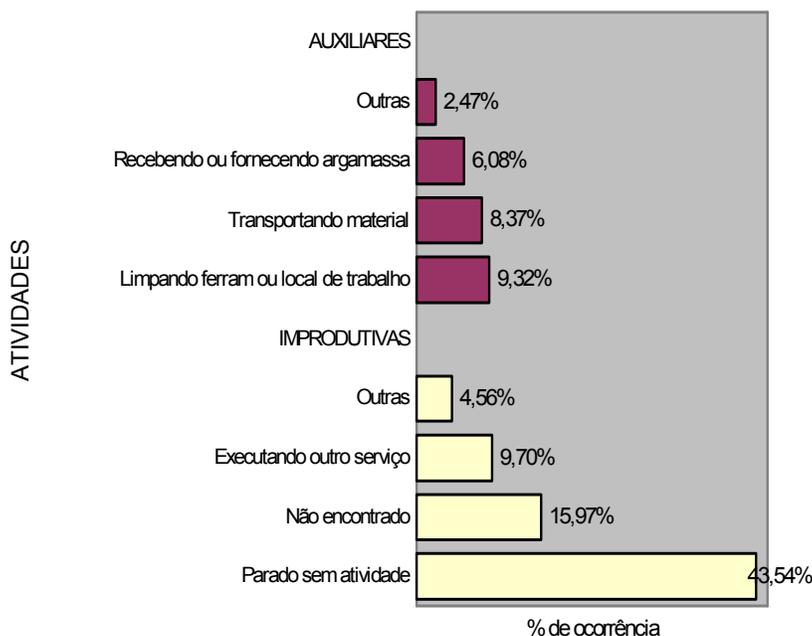


Figura 44: Distribuição das operações dos serventes na empresa Y

³² O erro relativo foi de 6,84%.

5.2.2.2 Espessuras de revestimento

As espessuras mínima, média e máxima encontradas no prédio foram respectivamente 1,5, 4,18 e 11,7 cm. O valor máximo de espessura registrado foi consequência da correção dimensional de uma viga através do revestimento de argamassa. A figura 45 indica que 19,51% das espessuras estão no intervalo de 2,00 e 3,00 cm e que 79,5% foram maiores que 3,00 cm, o que representa perda por espessura excessiva. A execução em duas camadas, que deve ser realizada quando as espessuras ultrapassam o valor de 3,00 cm, não foi aplicada. A empresa optou por reforçar o revestimento através da utilização de tela galvanizada em toda base com interface entre alvenaria e concreto. A tela era fixada com tiro de pistola depois da execução do chapisco e antes da aplicação da camada de argamassa na parede.

Ainda, analisando a distribuição considerando três grupos de espessuras tem-se uma quantidade muito expressiva de valores acima de 4,00 cm (52,34%) justificando a ocorrência das altas perdas geradas na execução deste processo. Além das perdas, esta constatação também explica a produtividade alcançada nesta empresa (0,99 HH/m²), que não foi muito diferente do índice obtido pela empresa X (1,04 HH/m²), com uso de andaime com acionamento manual. O grupo de espessuras com valores menores que 2,00 cm representa uma parcela muito pequena (0,99%), indicando uma possibilidade pequena de falhas, principalmente as relacionadas com a umidade. O terceiro grupo de espessuras corresponde aos valores entre 2,00 e 4,00 cm, totalizando 46,67%.

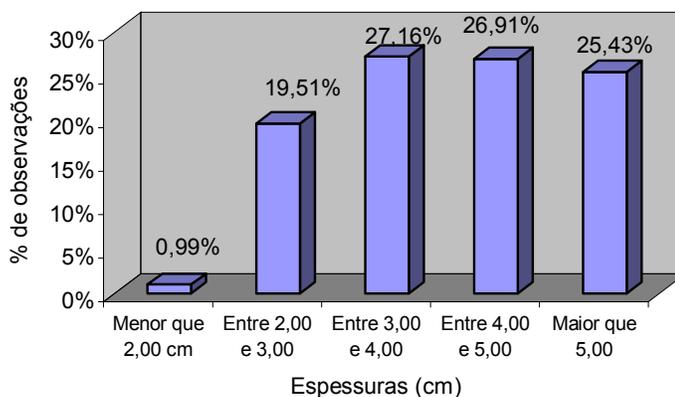


Figura 45: Distribuição das espessuras do revestimento de fachada na empresa Y

As maiores espessuras foram observadas na fachada posterior (fundos), a qual foi executada utilizando andaimes mecânicos, enquanto que nas demais fachadas, frontal e laterais, foram utilizadas andaimes elétricos. A justificativa é que as espessuras da parte frontal da fachada e nas laterais foram definidas a partir de mapeamento e análise do melhor afastamento dos arames de prumos, os quais definem as espessuras finais. Durante essa etapa, geralmente, o encarregado de revestimento acompanhava o pedreiro nesta determinação executando o taliscamento de toda a faixa de fachada, desde a platibanda até o primeiro pavimento de revestimento. Assim, a obtenção de espessuras dentro do valor especificado era realizada sempre que possível, já que com os

andaimes com acionamento elétrico a atividade de locação dos arames de prumo era realizada com mais detalhe e cuidado.

5.2.2.3 Perdas de argamassa e custo das perdas

A figura 46 apresenta as perdas medidas em cada dia de acompanhamento da execução do revestimento de fachada de argamassa e o valor médio da perda. As medições foram realizadas durante nove dias consecutivos de execução. Observa-se novamente uma grande variabilidade, sendo que o maior valor de perda encontrado foi de 173,46% e o menor de 35,04%.

Durante o acompanhamento da execução houve alguns dias de chuva, quando o andaime não poderia ser utilizado, por segurança. Porém, imediatamente após o fim da chuva o serviço era reiniciado, mesmo que a base para aplicação da argamassa ainda estivesse úmida. O primeiro registro de perdas da figura 46 foi o maior encontrado, medido numa situação em que o revestimento foi executado nestas condições citadas. Nesta situação, a argamassa era aplicada sobre a superfície úmida e, em seguida, a mesma desprendia-se da base, gerando retrabalho e perdas. O cálculo de perda foi realizado tendo como base a espessura de projeto (2,5 cm).

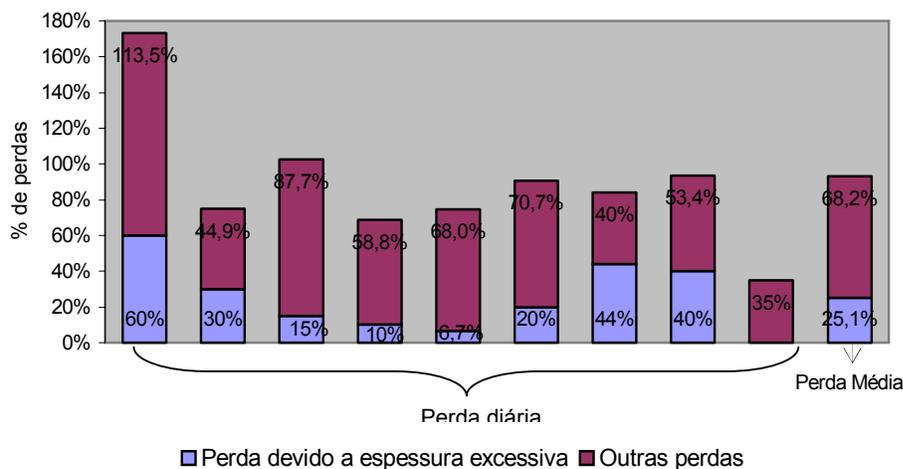


Figura 46: Perdas de argamassa na empresa Y

Como a argamassa utilizada era industrializada, com necessidade de apenas adição de água para seu uso, não foi medida a variação no traço da argamassa efetivamente empregado sobre o especificado em projeto. A única variação detectada foi em relação à quantidade de água utilizada para a mistura final, porém a mesma não foi definida pela empresa em estudo. Não foi possível medir a quantidade de água usada pelo betoneirista na mistura do produto, pois eram utilizados recipientes não graduados.

Os custos das perdas na empresa Y são apresentados na tabela 8, tendo-se uma estimativa da perda total gerada durante a execução do revestimento de argamassa de fachada.

Tabela 8: Perdas monetárias da argamassa na empresa Y

PERDA	VALOR (R\$)	PORCENTAGEM (%)
Perda total de material (argamassa industrializada)	14.638,84	57,13
Transporte e destino final do entulho	525,48	2,05
Perda de mão-de-obra para confecção da argamassa	2.313,75	
Perda de mão-de-obra para execução de espessura excessiva (pedreiro)	2.287,03	
Perda de mão-de-obra para execução de espessura excessiva (servente)	1.293,17	
Mão-de-obra servente (tempo improdutivo)	2.021,47	
Mão-de-obra pedreiro (tempo auxiliar)	2.543,16	
Perda total de mão-de-obra	10.458,58	
Perda total	25.622,90	100

5.2.3 Discussão

Como boas práticas adotadas pela empresa Y, pode-se destacar a existência de estoques diferenciados de materiais novos e velhos, sendo praticada a estocagem do tipo PEPS; o uso de placas ou caixas de madeira para estoque da argamassa pronta no pavimento de aplicação; a existência de procedimentos formais de execução e controle; e o uso de andaimes suspensos elétricos.

A avaliação da execução do revestimento de fachada na empresa Y mostrou que essa empresa obteve melhores desempenhos aproveitando os benefícios dos andaimes suspensos elétricos. O uso deste equipamento de transporte vertical nas fachadas por essa empresa proporcionou um maior aproveitamento da mão-de-obra e conseqüentemente uma maior produção diária de revestimento de fachada de argamassa. Os prazos de execução foram cumpridos com segurança e conforto ergonômico para o operário e o serviço pôde ser efetivamente acompanhado pelo engenheiro, estagiário e encarregado de revestimento através de subidas no andaime e verificação das etapas de execução, obtendo-se assim um maior controle durante a realização do processo.

O planejamento e acompanhamento do processo de preparação da fachada para revestimento, limpeza e lavagem da base, encunhamento, chapisco, mapeamento e taliscamento de toda a extensão da fachada a ser revestida foram efetivamente realizados, principalmente pela utilização dos andaimes suspensos elétricos. O melhor planejamento das atividades a serem realizadas em cada movimentação dos andaimes e a separação do processo de preparação em etapas bem definidas, realizada pela empresa Y, facilitou o controle da qualidade de cada etapa, permitindo a identificação de falhas no processo antes da realização das etapas subseqüentes e impedindo que as mesmas tivessem continuidade. Também foi importante que houvesse uma pessoa responsável pelo acompanhamento desta atividade, o encarregado do processo de execução do revestimento,

atentando para o seguimento das indicações e informações contidas nas especificações da empresa.

Ficou evidente a necessidade de planejamento efetivo para melhor dimensionamento das equipes de trabalho e aproveitamento dos equipamentos usados para a execução do revestimento, como os andaimes elétricos, os quais possuem custos significativamente mais altos que os andaimes suspensos mecânicos. Os estudos apontaram que em aproximadamente 44% do tempo os serventes permaneciam parados sem atividades. Essa empresa, assim como a empresa X, teve a equipe de execução formada por um servente exclusivo por pedreiro, resultando numa elevada ociosidade dos serventes. Assim, é possível diminuir a proporção de serventes por pedreiros, sem prejuízo no desempenho do pedreiro, quando as diferentes frentes de trabalho estão próximas e quando há um planejamento efetivo do serviço, com, por exemplo, quantidades de áreas diárias e de argamassa produzidas pré estabelecidas.

Assim, concluiu-se que o uso do andaime suspenso elétrico proporciona vários benefícios à execução do revestimento de fachada, mas o aproveitamento desses benefícios depende do gerenciamento racional de todos os aspectos que influenciam no processo, pois o uso deste equipamento modifica a produção devido ao aumento do ritmo de utilização das argamassas. Os resultados da amostragem do trabalho mostraram que em aproximadamente 5% dos tempos os pedreiros permaneciam parados à espera de material para dar continuidade a aplicação do revestimento, apesar da elevada ociosidade dos serventes.

Ainda, o estudo indicou que muitos problemas foram eliminados com o uso de argamassa industrializada, como, por exemplo, a alta variabilidade nos traços provenientes da confecção de argamassa em obra ocasionados pela falta de padronização. Também, não foram observadas manifestações patológicas nos revestimentos recém concluídos, possivelmente devido a menor variabilidade na mistura com uso da argamassa industrializada e das condições favoráveis de aplicação, proporcionados pelo uso do andaime elétrico. Porém, deve-se fazer uma avaliação cuidadosa na escolha do tipo de argamassa, comparando o custo e os benefícios proporcionados, principalmente levando em consideração o desempenho final e o aparecimento de manifestações patológicas.

5.3 ESTUDO DE CASO: EMPRESA C

Para este estudo são apresentados os principais resultados encontrados referentes à produtividade, espessuras, variabilidade na produção e perdas de materiais. Não foram constatadas manifestações patológicas nos revestimento de fachada até o fim do estudo nesta empresa.

5.3.1 Registro do processo: descrição e caracterização

A figura 47 apresenta as principais características da obra e a descrição do processo de revestimento de argamassa de fachada na empresa C, que foi executado por empresa terceirizada.

OBRA C	CARACTERÍSTICAS DO PROCESSO
Edifício Residencial 13 pavimentos e 1 cobertura não utilizável	<ul style="list-style-type: none"> - Não possui projeto específico de revestimento; - Possui procedimento formal de execução; - Chapisco convencional e massa única com aplicação manual; - Execução em 1 subida e 1 descida (1ª subida do andaime: encunhamento, limpeza (corte das pontas de ferro) e chapisco; 1ª descida: massa única); - Acabamento desempenado para revestimento final com cerâmica; - Taliscas colocadas no decorrer do serviço; - Uso de argamassa feita em obra com cimento Portland pozolânico, areia e aditivo incorporador de ar com traço definido por laboratório especializado e utilizado em todas as obras da empresa; - Uso de betoneira para a mistura e de andaime suspenso mecânico; - Equipe de trabalho: 1 servente para 2 pedreiros, com pagamento por m²; - Ferramentas de posse dos pedreiros: colher de pedreiro, trena, trincha e desempenadeira de madeira e/ou de plástico; - Ferramentas e equipamentos da empresa ou empreiteiro: betoneira sem carregador, andaime suspenso mecânico, caixas para massa, régua de alumínio, pá, carrinhos de mão, equipamentos de segurança e arame de prumo; - Argamassa transportada em gericas (horizontal) e elevador de obras (guincho) e guincho de coluna (<i>velox</i>) (vertical).

Figura 47: Características da obra e do processo na empresa C

A figura 48 ilustra a central de argamassa no pavimento térreo da obra mostrando a disposição das betoneiras e dos materiais usados na mistura. Pode-se verificar que a areia média era estocada no canteiro de obras distante cerca de 28 m da central de argamassa onde era utilizada. Um operário permanecia todo o dia de trabalho transportando a areia do local de estoque para o uso na central de mistura. O transporte da argamassa pronta até o pavimento de aplicação era realizado horizontalmente por meio de gericas e verticalmente ora pelo elevador de obras ora pelo guincho de coluna externo³³.

Utilizando a ferramenta diagrama de processo para representar e analisar as operações realizadas no processo de execução de revestimento de fachada de argamassa na obra da empresa C tem-se que 57,50% das operações efetuadas são de transporte, 25% de estoques e apenas 10% das operações são de conversão, de um total de 40 atividades. Percebeu-se uma grande quantidade de operações de fluxo em função de se produzir argamassa em obra e pela existência de diversos estoques e transportes desnecessários, principalmente em função da escolha do local para instalação da central de argamassa no pavimento térreo e dos locais de armazenagem da areia e do cimento.

³³ Também chamado popularmente de guincho *velox*.

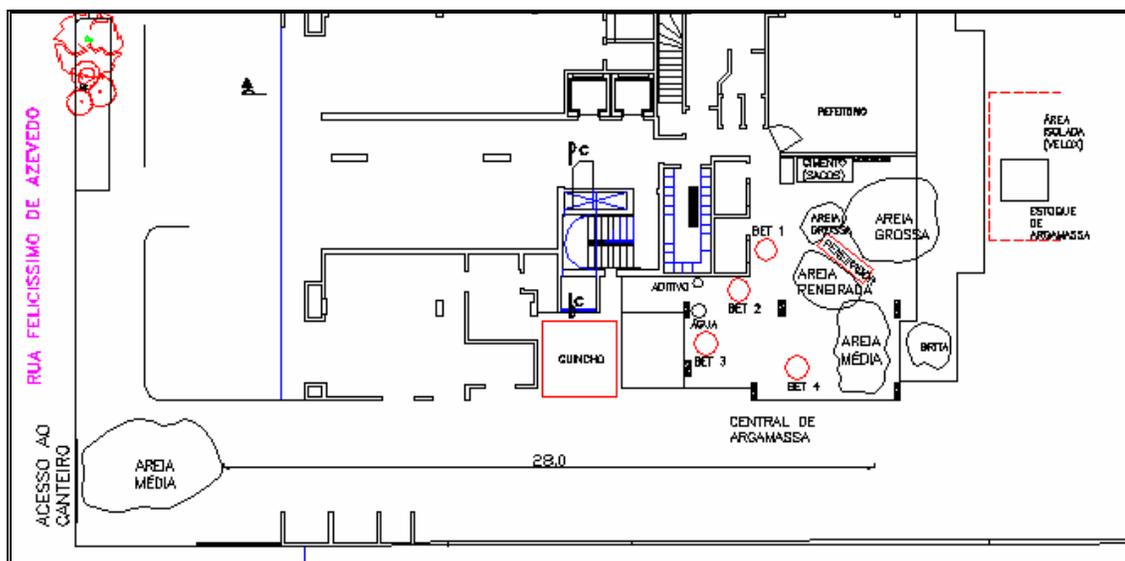


Figura 48: Central de produção de argamassa no pavimento térreo do empreendimento C

A definição do traço do cimento com padiola ao invés de embalagens inteiras gerou dois transportes e um estoque desnecessário pela necessidade de colocar o cimento em caixa e depois transportá-lo para a padiola. Caso o proporcionamento do aglomerante fosse realizado em quantidades inteiras do material, três operações que não agregam valor seriam eliminadas.

5.3.2 Desempenho do processo

5.3.2.1 Produtividade da equipe: cartão de produção e amostragem do trabalho

O resultado do acompanhamento da produção da equipe de trabalho durante três semanas de acompanhamento foi 1,19 HH/m². Esse resultado corresponde ao registro da produção realizada por 4 pedreiros e 2 serventes. Quatro frentes de produção foram observadas no intuito de se chegar ao número de observações suficientes para o estudo da técnica amostragem do trabalho. Foram realizadas 1.188 observações das equipes de trabalho³⁴.

As figuras 49, 50 e 51 apresentam os resultados das observações realizadas na empresa C. Constata-se que 31,90% dos tempos da equipe são gastos com operações que agregam valor ao processo. Além da organização da equipe de trabalho ser de um servente para dois pedreiros, os serventes não exerciam somente operações exclusivas dessa profissão, sendo também solicitados pelo mestre de obras para efetuarem operações de apoio no canteiro, como limpeza, descarregamento de materiais, etc.

³⁴ Com esse número de observações o erro foi de 7,89%. Eram necessárias 2.961 observações para o erro de 5%.

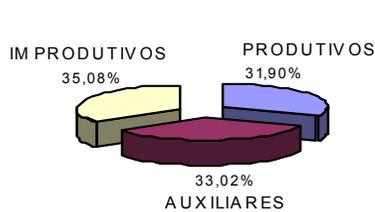


Figura 49: Distribuição dos tempos da equipe de revestimento de fachada de argamassa na empresa C

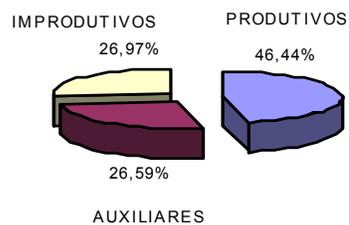


Figura 50: Distribuição dos tempos dos pedreiros na empresa C

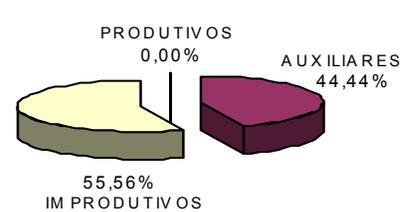


Figura 51: Distribuição dos tempos dos serventes na empresa C

A figura 51 mostra que em 55,56% das observações os serventes encontravam-se realizando operações improdutivas. Considerando o desempenho das equipes de produção de revestimento de fachada da empresa Y e comparando-o com o desempenho da empresa C, tem-se um maior aproveitamento dos serventes.

A figura 52 apresenta a distribuição das operações mais freqüentes realizadas pelos serventes, para um melhor entendimento da sua ocupação ao longo do dia. Das observações que compõem os tempos improdutivos os serventes se encontravam em uma quantidade significativa de vezes não encontrados (20,41%) ou parados sem atividade (15,50%).

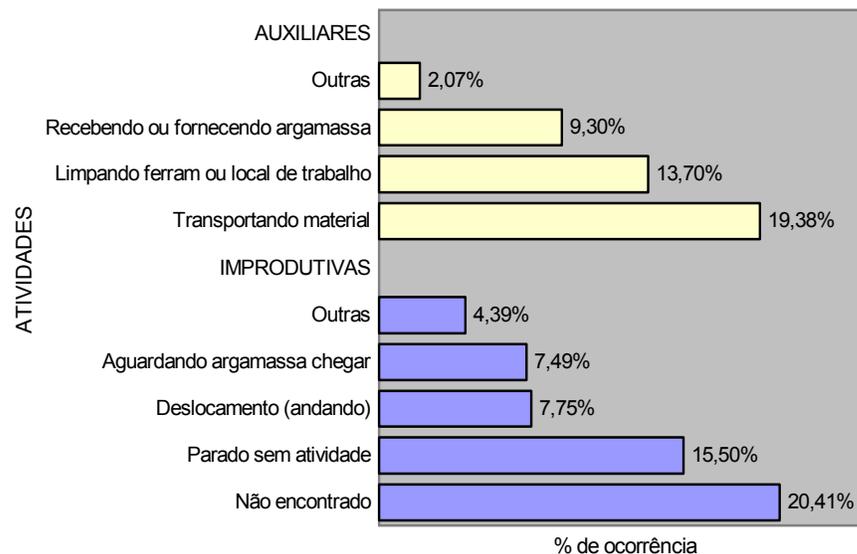


Figura 52: Distribuição das operações do servente na empresa C

O uso de andaime suspenso mecânico influenciou o ritmo de execução do revestimento nos locais onde as espessuras eram superiores, pois os pedreiros não poderiam dar seguimento ao serviço

enquanto a argamassa neste local não "puxasse" já que esse tipo de andaime necessita de esforço para movimentação. Em 2,75% dos tempos o pedreiro encontrava-se aguardando o momento para desempenar a superfície do revestimento. Outra situação evidenciada foi que, em alguns momentos, as equipes de execução do revestimento encontravam-se paradas por não ter argamassa para dar seguimento ao serviço (5,74% dos tempos do pedreiro e 7,49% dos tempos do servente). Esse problema foi constantemente observado no início dos estudos, sendo solucionado a partir da mudança no horário de início de funcionamento da central de argamassa. Os betoneiristas passaram a chegar na obra e a produzir argamassas antes do horário de chegada das equipes que necessitavam do produto.

5.3.2.2 Espessuras de revestimento

O valor médio de espessura registrada foi 2,75 cm, sendo este considerado muito bom por estar dentro do intervalo estabelecido em norma (de 2,00 a 3,00 cm). Já a espessura mínima registrada (0,5 cm) foi muito abaixo do valor mínimo normalizado, resultando em pontos frágeis na fachada, principalmente com problemas relacionadas à umidade. O valor máximo de espessura foi de 10,2 cm, considerado muito alto, conseqüência de correções no alinhamento entre sacadas de diferentes pavimentos através do revestimento de argamassa. A figura 53 indica que 74,58% das espessuras levantadas estão no intervalo de 2,00 e 4,00 cm e que 8,02% foram superiores a 4,00 cm.

O percentual de medidas menores que 2,00 cm foi relativamente alto (17,40%). Esse resultado é preocupante por aumentar a possibilidade de problemas futuros conseqüentes das espessuras reduzidas. Como o revestimento final do prédio foi constituído de pastilhas cerâmicas essa possibilidade é amenizada. Porém, não existem recomendações nas normas de revestimento sobre a diminuição das espessuras dos revestimentos de argamassa quando estes receberem como acabamento final revestimentos cerâmicos. Também, a obtenção do valor médio de espessura foi conseguida às custas de uma grande quantidade de espessuras reduzidas e de uma alta variabilidade.

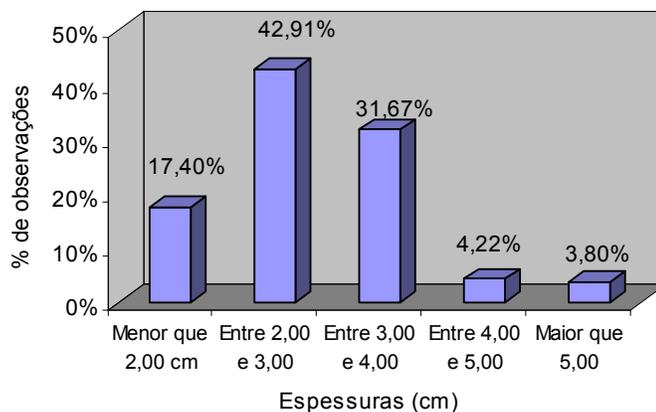


Figura 53: Distribuição das espessuras do revestimento de fachada no empreendimento C

No geral, tomando o limite de 4,00 cm como desejável, tem-se uma boa distribuição de espessuras de revestimento de argamassa de fachada, salvo a grande quantidade de valores abaixo do limite de 2,00 cm.

Para conseguir que a maior parcela de espessuras estejam dentro do intervalo estabelecido em norma, ou seja, para resolver o problema de espessuras muito altas, a empresa tolera espessuras muito baixas e, conseqüentemente, com falta de proteção no revestimento.

5.3.2.3 Variabilidade na produção de argamassa

A tabela 9 apresenta os resultados da verificação da variação do traço de argamassa efetivamente empregado sobre o especificado em projeto na empresa C. A análise do registro dos traços produzidos pela empresa C mostra que em média o valor efetivamente executado não foi muito diferente do especificado. Entretanto, quando se observa o traço executado com a quantidade mínima de aglomerante tem-se uma diminuição de 20% em relação ao valor especificado. Ou seja, tem-se argamassas completamente diferentes quando se observa as quantidades mínimas e máximas de aglomerante utilizadas na prática. Isto resulta em fachadas revestidas de argamassa produzidas com zonas com excesso de aglomerante e outras com carência.

Tabela 9: Variação do traço de argamassa efetivamente empregado sobre o especificado em projeto na empresa C

EMPRESA	TRAÇO ESPECIFICADO		TRAÇO EXECUTADO			
	Materiais	Vol	Materiais	Mínimo	Média	Máximo
C	Cimento	1	Cimento	1	1	1
	Areia	5	Areia	3,5	4,67	6

O engenheiro da obra ao ser comunicado sobre a não utilização do traço chamou atenção dos funcionários, mas mesmo assim eles continuaram confeccionando as argamassas com as proporções diferentes da especificada. Constatando a resistência em obedecer às especificações, o engenheiro nomeou um operário para ser responsável pela central de argamassa. Essa ação teve um resultado positivo e não foi mais verificada alteração nas proporções dos materiais da mistura.

Não foi realizada uma verificação minuciosa da quantidade de aditivo incorporador de ar utilizada. Entretanto, observou-se sempre o uso de um recipiente graduado para a sua proporção.

5.3.2.4 Perdas de argamassa

Na figura 54 são apresentados os resultados obtidos em cada dia de acompanhamento da execução do revestimento de fachada de argamassa e o valor médio da perda na empresa C. Mostra-se a

grande variabilidade presente no consumo das argamassas, observando-se que o maior valor de perda encontrado foi de 97% e o menor de 23%.

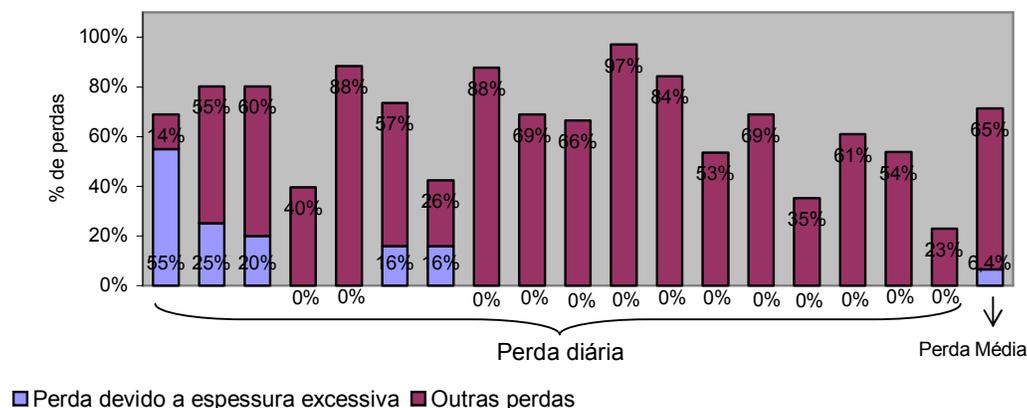


Figura 54: Perdas de argamassa na empresa C

Observa-se na maioria dos registros de perdas na empresa C a existência de perdas por excesso de espessura nula. Isso aconteceu com frequência, uma vez que as espessuras finais do revestimento de argamassa dos locais onde esses registros foram realizados resultaram em valores menores ou iguais ao especificado pela empresa (2 cm). Para as espessuras com valores menores que 2,00 cm não foram considerados perda negativa, pois isso reduziria o valor da perda total.

5.3.3 Discussão

As principais boas práticas adotadas pela empresa C foram a contratação de laboratório especializado para a determinação de traços das argamassas; o uso de padiolas para proporção dos materiais; o peneiramento da areia para retirada de impurezas; e o uso de caixas de madeira para estoque da argamassa pronta no pavimento de aplicação.

Entre as principais causas de perdas destaca-se a variabilidade na dosagem dos materiais ocasionadas pela mudança dos traços por parte dos betoneiristas; a falta de controle na quantidade de água para a confecção das argamassas; a existência de grandes distâncias (mais de 28 m) entre estoque de areia e central de argamassa; a existência de estoques intermediários de cimento; o descarregamento de cimento em caixa para proporcionamento do material (cimento a granel) e a utilização de padiola para a dosagem de cimento; a ausência de baias para armazenagem da areia e sua exposição à intempérie com empoçamento de água no local de estocagem; e a existência de estoques intermediários de areia.

A avaliação do desempenho final do revestimento de argamassa de fachada através de um levantamento visual constatou a inexistência de manifestações patológicas visíveis. Embora a literatura técnica afirme que revestimentos executados com argamassas produzidas com aditivo incorporador de ar, como é o caso da argamassa usada na obra em estudo, têm a aderência da

argamassa ao substrato diminuída, nesta obra não foram realizados ensaios para essa verificação, não sendo possível fazer essa avaliação.

Os problemas detectados em relação às perdas no revestimento de fachada de argamassa não foram solucionados com o reaproveitamento da argamassa que cai quando da sua aplicação e manuseio. Porém, foram registrados valores de perdas menores que nos outros estudos de caso.

Um melhor dimensionamento da mão-de-obra de execução dos revestimentos de fachada foi observado, a partir da formação das equipes com utilização de um servente para servir dois pedreiros. Os resultados das observações obtidas com a amostragem do trabalho apontaram que, mesmo utilizando esta configuração (1: 2), os serventes permaneciam aproximadamente 16% dos tempos na obra parados por não terem atividades a realizar, num total de 55,56% de tempos improdutivos. Isto mostra que ainda é possível melhorar a eficiência dos serventes na obra.

O estudo nesta empresa mostrou que não existe regra geral para o dimensionamento das equipes de produção de revestimento de argamassa de fachada, sendo necessária uma investigação em cada situação em obra. Ficou bastante evidente a necessidade de integração do planejamento e dimensionamento do subsistema de produção de revestimento de fachada com outros processos críticos dentro do canteiro de obras, principalmente quanto à utilização dos equipamentos de transporte. É necessário monitorar o desempenho das equipes fazendo-se modificações nas proporções para se obter a configuração ideal. Assim, sugere-se que para a adoção da configuração das equipes de execução de revestimentos de fachada seguindo a proporção de um servente para servir dois pedreiros (ou até mesmo três) é necessário que as frentes de produção pelas quais o mesmo servente irá servir estejam próximas e de preferência no mesmo pavimento da edificação.

Na verdade, o dimensionamento das equipes de produção envolve uma série de fatores dentro do canteiro de obras, influenciadas fortemente pelo tipo de argamassa a ser utilizado e pelo tipo de transporte escolhido para o processo de execução de revestimento. Esses fatores irão determinar a quantidade de serventes necessária à produção.

Outra constatação importante foi a maior atenção dada pelo gerente da obra à central de argamassa, através de verificações na confecção das argamassas, mesmo a mão-de-obra sendo terceirizada. Essa ação levou a uma redução dos desvios na confecção das argamassas produzidas na obra, tendo impacto também na qualidade, e, assim, a redução das perdas geradas nesta etapa do processo. Por outro lado, durante contatos com o gerente da obra, este afirmou, ao ser questionado sobre os problemas detectados em relação à mão-de-obra: “Não posso interferir na administração do empreiteiro. O que eu exijo é produção!”.

5.4 ESTUDO DE CASO: EMPRESA D

A partir deste estudo são apresentados os resultados de forma resumida, destacando informações que mais contribuíram para os objetivos e as conclusões desta dissertação. Alguns dados são omitidos e apresentados na análise cruzada no capítulo seguinte.

5.4.1 Registro do processo: descrição e caracterização

As principais características da obra e a descrição do processo de execução de revestimento de fachada de argamassa na empresa D estão apresentadas na figura 55. Apesar do processo de revestimento ter sido realizado por empresas terceirizadas, a argamassa era produzida por operários próprios da empresa. Esta é uma prática adotada em obras da empresa D.

OBRA D	CARACTERÍSTICAS DO PROCESSO
Edifício Residencial: 3 torres de 16 pavimentos, 2 subsolos e 1 cobertura	<ul style="list-style-type: none"> - Procedimento documentado de execução; - Chapisco convencional com aplicação manual; - Execução em 1 subida e 1 descida (1ª subida do andaime: encunhamento, corte das pontas de ferro e rebargas de argamassa e chapisco; 1ª descida: massa única); - Massa única, com acabamento desempenado para porcelanato; - Taliscas colocadas no decorrer do serviço; - Uso de argamassa feita em obra com cimento Portland pozolânico, cal hidratada e areia; - Uso de betoneira com carregador para a mistura e de andaime suspenso elétrico; - Equipe de trabalho direta: 1 servente para 2 pedreiros, com pagamento por m²; - Ferramentas de posse do pedreiro: colher de pedreiro, trena, trincha, desempenadeira de plástico ou de madeira; - Ferramentas e equipamentos da empresa ou empreiteiro: betoneira com carregador, caixas para massa, régua de alumínio, enxada e pá, gericas, equipamentos de segurança, arame de prumo; - Argamassa transportada em gericas (horizontal) e elevador de obras ou guincho de coluna externo (vertical).

Figura 55: Características da obra e do processo na empresa D

Durante o período de realização do diagnóstico na obra estudada o ritmo de execução dos serviços estava bastante acelerado. Os serviços de chapisco, revestimento de fachada de argamassa, assentamento de porcelanato e pastilha e contrapiso estavam sendo executados simultaneamente, tendo no canteiro várias centrais de argamassas com betoneiras separadas para confecção das diferentes misturas.

O traço para a argamassa mista de cimento Portland e cal hidratada, feita em obra para os revestimentos, foi determinado por laboratório especializado da cidade de Porto Alegre estando visíveis em um cartaz próximo à central de produção das misturas. O processo de execução das misturas estava especificado formalmente no procedimento da empresa.

O estudo de caso D tratava-se da construção de três prédios, tendo um canteiro de obras relativamente grande. Os serviços de revestimentos foram distribuídos para duas empresas terceirizadas executarem. Percebeu-se, a partir das observações diretas, diferenças nos métodos de execução de uma empresa para a outra, como também entre os operários de uma mesma empresa.

A partir da elaboração do diagrama do fluxo do processo para a produção do revestimento de fachada de argamassa concluiu-se que 57,14% das operações efetuadas são de transporte, 25% de estoques, 10,72% de inspeção e apenas 7,14% das operações são de conversão, de um total de 28 atividades. O diagrama mostrou a grande quantidade de atividades de fluxo, motivadas, por exemplo, pela prática adotada pelo operário da central de argamassa de despejar a argamassa pronta no chão para depois colocá-la com pá dentro do equipamento de transporte horizontal (gerica), gerando operações de transporte que não agregam valor à produção e que poderiam ser eliminadas e também a geração de perdas e sujeira no local. O operário responsável pela central de argamassa comentou, após ter sido questionado pela pesquisadora sobre tal ação, que assim ele agilizava a produção por não precisar esperar a chegada das gericas dando continuidade a confecção das misturas. O hábito de derramar as argamassas produzidas no piso da central de argamassa era repetido mesmo quando havia gericas vazias na proximidade da betoneira. Ainda, misturas novas eram despejadas sobre mais velhas, o que aumenta a possibilidade da argamassa ser consumida após o tempo de utilização recomendado (2 horas).

Para o proporcionamento da areia a empresa utilizava carrinhos dosadores os quais eram despejados no carregador da betoneira, como mostrado na figura 56. Foi percebido que este sistema de carrinhos dosadores e betoneira com carregador estimula o uso dos recipientes padronizados e definidos pela empresa para a proporção dos materiais por ser mais fácil.



Figura 56: Descarregamento de areia no carregador da betoneira

O traço do cimento Portland e da cal hidratada foram determinados em embalagens inteiras desses materiais, o que diminuiu a possibilidade de erros de dosagem e perdas geradas na proporção com padrolas. A partir de várias observações diretas diárias na confecção das argamassas da central de argamassa, foi constatado que o traço estabelecido pela empresa estava sendo seguido, não havendo, assim, variações substanciais entre o traço especificado e o efetivamente executado.

5.4.2 Desempenho do processo

O resultado do acompanhamento da produção da equipe de trabalho durante oito semanas na produção de revestimento de fachada de argamassa através da ferramenta cartão de produção foi 1,30 HH/m². Esse resultado corresponde ao registro da produção realizada por 2 serventes e 4 pedreiros. O uso de andaime elétrico por esta empresa não levou a resultados de produtividade altos, como esperado. Em parte, isto se deve à falta de treinamento dos trabalhadores quanto ao seu funcionamento. Além disso, alguns equipamentos apresentaram problemas, sendo necessário reparos freqüentes, que ocasionaram paradas na produção.

A espessura média encontrada na obra da empresa D foi de 4,32 cm, ultrapassando em 72,8% o valor de projeto. Os valores de espessura mínimo e máximo encontrados foram respectivamente 0,8 e 8,0 cm. O ponto de mínimo foi muito inferior ao estabelecido em norma e o ponto de máximo, da mesma forma, foi muito superior ao limite da norma. A freqüência e distribuição das espessuras de revestimento de fachada são apresentadas na figura 57. Pode-se observar que 39,44% das espessuras levantadas estavam no intervalo de 2,00 e 4,00 cm. Mais de 80% das espessuras do prédio foram maiores que 3,00 cm, o que representa perda por espessura excessiva no empreendimento da empresa D. Neste caso, quando as espessuras finais eram muito superiores e não permitiam a execução em uma única aplicação, algumas vezes o revestimento era executado em mais de uma etapa conforme prescrito por Souza e Mekbekian (1996) e pela NBR 7200 (ABNT, 1998). Esta prática foi facilitada pela utilização dos andaimes com acionamento elétrico.

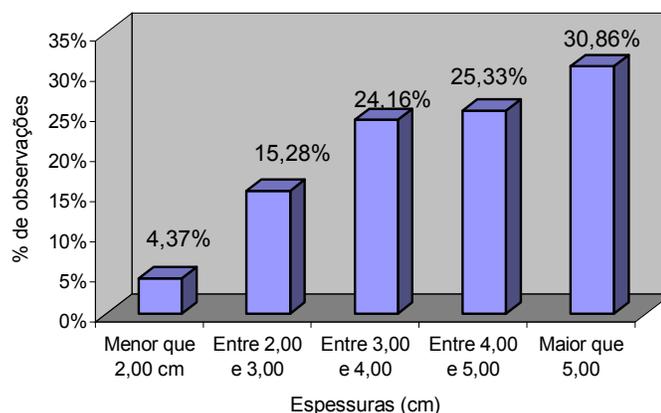


Figura 57: Distribuição das espessuras do revestimento de fachada na empresa D

A falta de alinhamento entre as vigas dos diferentes pavimentos e irregularidades no prumo da estrutura foram os principais causadores das espessuras excessivas. As figuras 58 e 59 evidenciam alguns problemas que ocorreram nas vigas durante a concretagem.



Figura 58: Vigas desalinhadas no empreendimento executado pela empresa D



Figura 59: Viga cortada para diminuição das espessuras de revestimento na fachada

5.4.3 Discussão

As principais causas de geração de perdas foram o descarregamento de argamassa pronta no chão; a falta de controle da quantidade de água na mistura, provocando variabilidade e fluidez excessiva na argamassa e retração por secagem na argamassa; a existência de estoques secundários de cimento e de cal; a falta de controle em relação aos procedimentos de execução por parte dos empreiteiros; e a variabilidade no método de execução do revestimento pelas diferentes equipes de produção.

Entre as boas práticas adotadas pela empresa, destacam-se a determinação de traços em embalagens inteiras para o proporcionamento dos materiais para confecção das argamassas; o uso de *pallets* e grua para transporte dos materiais até local definitivo de estocagem; a definição dos traços das argamassas por laboratório especializado; o uso de guincho de coluna externo para abastecimento dos andaimes suspensos; o uso de andaimes suspensos motorizados; e a definição de caminhos preferenciais com dispositivos físicos para o deslocamento dos operários com as gericas no canteiro de obras.

A principal lição tirada do estudo de caso D foi que não é somente com o uso de andaimes motorizados que o desempenho do processo de execução de revestimentos de fachada será melhorado. Antes de iniciar os estudos pensava-se que este equipamento teria um grande impacto nos resultados. De fato, o uso deste equipamento oferece um meio de obtenção de melhores desempenhos, porém ainda é indispensável que todo o processo seja planejado e controlado, conclusão obtida também a partir do estudo na empresa Y. Assim fica clara a necessidade de realizar primeiramente as melhorias no processo para depois realizar as melhorias em operações específicas, ou seja, melhorias pontuais em operações podem ter um impacto muito pequeno no processo como um todo. Por fim, a empresa poderia ter aproveitado as condições facilitadoras oferecidas pelos andaimes motorizados e executar o revestimento de fachada com movimentações do andaime a partir de um melhor planejamento da preparação dos serviços.

A contratação de diferentes empresas terceirizadas para divisão dos trabalhos contribuiu para aumentar ainda mais a variabilidade nos processos de execução das empresas e da capacitação e instrução dos operários. Além disso, na obra executada pela empresa D, os prazos de finalização da construção estavam apertados por causa de interdições no funcionamento normal dos serviços na obra por problemas de segurança nos equipamentos de transporte vertical, o que gerou uma pressão para elevação do ritmo de execução.

5.5 ESTUDO DE CASO: EMPRESA Z

5.5.1 Registro do processo: descrição e caracterização

A figura 60 apresenta as principais características da obra e a descrição do processo de execução do revestimento de fachada de argamassa na empresa Z. O processo de revestimento na fachada foi executado por empresas terceirizadas.

OBRA Z	CARACTERÍSTICAS DO PROCESSO
Edifício Residencial 10 pavimentos	<ul style="list-style-type: none"> - Sem projeto específico de revestimento e sem procedimento formal de execução; - Chapisco convencional e massa única com aplicação manual; - Execução em 1 subida e 1 descida (1ª subida do andaime: encunhamento e chapisco; 1ª descida: massa única e corte de pontas de ferro); - Acabamento somente sarrafeado para revestimento final com cerâmica; - Taliscas colocadas no decorrer do serviço; - Uso de argamassa feita em obra com cimento Portland pozolânico, cal hidráulica, areia fina e areia média; - Uso de betoneira para a mistura e de andaime suspenso mecânico; - Equipe de trabalho direta: 1 servente para 1 pedreiro, com pagamento por m²; - Ferramentas de posse dos pedreiros: colher de pedreiro, trena, trincha, desempenadeira de madeira, desempenadeira feltrada, esponja e nível de bolha; - Ferramentas e equipamentos da empresa ou empreiteiro: betoneira sem carregador, andaime suspenso mecânico, caixas para massa, régua de alumínio, pá, carrinhos de mão, equipamentos de segurança, arame de prumo; - Argamassa transportada em carrinhos de mão (horizontal) e elevador de obras (vertical).

Figura 60: Características da obra e do processo na empresa Z

Para a definição do traço da argamassa de revestimento a empresa contratou um laboratório especializado da cidade de Porto Alegre. Inicialmente alguns traços foram sugeridos pelo laboratório sendo os mesmos utilizados e testados a partir de acompanhamento do próprio laboratório por meio de alguns ensaios em painéis de teste na obra. A tabela 10 apresenta os três traços sugeridos pelo laboratório que apresentaram melhores desempenhos nos painéis, os quais foram utilizados na obra em diferentes momentos da execução na ordem em que aparecem na tabela.

Tabela 10: Traços de argamassa fornecidos por laboratório especializado

TRAÇO	CIMENTO	CAL	AREIA FINA		AREIA MÉDIA ³⁵		ADITIVO
			Quantidade	Vol (l)	Quantidade	Vol (l)	
I	1 saco (50 kg)	-	-	-	4 caixas (30 x 40 x 38 cm)	182	250 ml
II	1 saco (50 kg)	1 saco (20 kg)	1 caixa (40 x 30 x 10 cm)	12	2 caixas (30 x 40 x 38 cm)	91	-
III	18 l	36 l	18 l		108 l		-

Com o uso do primeiro traço alguns problemas surgiram nos revestimentos produzidos, como o constante desprendimento da argamassa fresca quando de seu manuseio nos locais de aplicação, principalmente nas estruturas de concreto. Assim, a empresa foi orientada para utilizar o traço com o segundo melhor resultado, porém esse traço especificava a confecção de argamassa intermediária, na qual a cal hidráulica deveria ser misturada com areias média e fina antes da produção final da argamassa, tendo que ficar em descanso antes de ser utilizada.

Houve resistência por parte dos operários da central de argamassa sobre esse novo procedimento de produção, pois o consideravam trabalhoso por ter mais etapas. Os betoneiristas queriam fazer o proporcionamento dos materiais utilizando pá, para assim diminuir o trabalho e agilizar a produção. A empresa constatou essa dificuldade e, novamente, com o apoio do laboratório, modificou o traço da argamassa de revestimento, adotando o terceiro traço apresentado na tabela 10. Esse traço foi pensado com o objetivo de eliminar o uso da pá para a proporção dos materiais, uma vez que as queixas sobre o uso das padiolas (de tamanho diferente para cada material, totalizando três recipientes diferentes) estavam constantes. Por fim, o traço que prevaleceu foi o com proporções feitas usando uma lata de 18 l, o qual não necessitava de duas pessoas para carregar o recipiente dosador, como antes era preciso para as padiolas. Também não era mais necessária a fabricação da argamassa intermediária, sendo agora a cal hidráulica misturada diretamente com os demais materiais. Esses problemas foram solucionados, sendo o traço para a confecção da argamassa explicado aos operários e exposto num cartaz próximo à betoneira. As mudanças nos procedimentos aconteceram devido às pressões da mão-de-obra.

Ainda com essas modificações, a proporção do aglomerante continuou sendo realizada utilizando padiolas ao invés de embalagens inteiras. A figura 61 ilustra as condições da caixa usada para estoque de cimento a granel. Pode ser observada a perda de cimento causada por esta prática. Com o uso das padiolas as laterais externas da caixa acumulavam o aglomerante.

O estudo do fluxo do processo de execução de revestimento de fachada na empresa Z indicou que 60% das operações efetuadas são de transporte, 27,5% de estoques e apenas 7,5% das operações são de conversão (40 atividades no total). Esse diagrama representa a utilização do traço II da tabela 10, sendo essa a situação que teve maior duração na obra. Existe uma grande quantidade de

³⁵ Para os traços foi especificado areia média peneirada.

operações de fluxo em função de se produzir argamassa em obra, sendo aumentado ainda mais o número dessas operações com a produção de argamassa intermediária no canteiro, na qual a areia fina, a areia média e a cal hidráulica eram misturadas e deixadas em repouso para uma posterior remistura com adição de cimento.

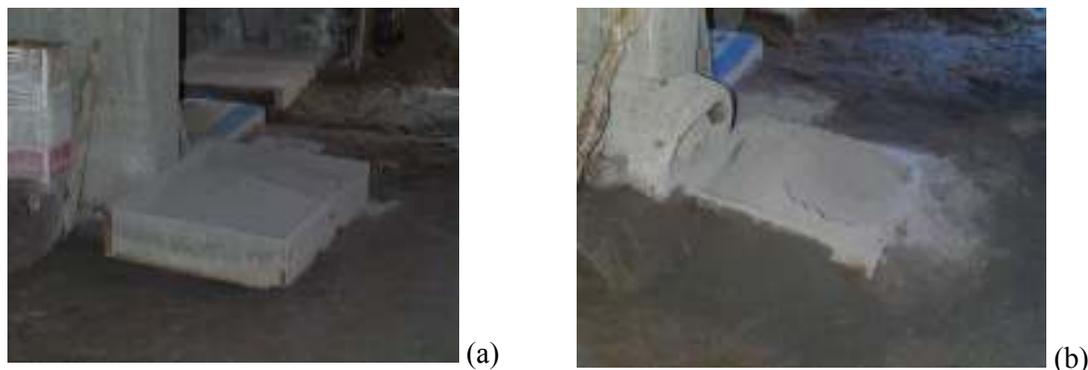


Figura 61 (a) e (b): Caixa usada para estoque de cimento a granel

A ausência de rampa de acesso ao subsolo, local onde a central de argamassa e o almoxarifado se encontravam, influenciou em diversas decisões sobre deslocamentos e armazenamentos dos materiais, como a existência de duas áreas de estoque para os sacos de cimento (no pavimento térreo e no subsolo do prédio em construção). Primeiramente era formado um estoque provisório no térreo e com o consumo do cimento na obra seus sacos eram transportados para o subsolo, utilizando-se o guincho para esse transporte. O mesmo ocorria para os sacos de cal hidráulica. Também, a areia fina era transportada em carrinhos de mão pelo guincho até o subsolo.

A antecipação da construção da rampa de acesso do pavimento térreo ao subsolo do prédio poderia ter facilitado o transporte dos materiais usados na produção da argamassa, eliminando também estoques desnecessários.

As informações necessárias para a execução do processo de revestimento eram passadas para o empreiteiro, mestre de obra e, posteriormente, para as equipes de produção de forma verbal, pois a empresa Z não possuía qualquer tipo de procedimento documentado.

5.5.2 Desempenho do processo

A figura 61 apresenta os valores de espessuras mais frequentes no edifício na qual pode-se observar que 88,97% das espessuras levantadas ficaram no intervalo de 2,00 e 4,00 cm e que apenas 5,35% foram menores que o valor mínimo normalizado (2,00 cm). A adoção de espessura média de projeto de 2,00 cm para o prédio e verticalidade regular resultaram na obtenção de espessuras finais delgadas, sendo que uma elevada parcela das medidas tiveram valores dentro dos limites estabelecidos pela norma NBR 13749 (ABNT, 1996). Essa distribuição de espessuras, considerando os valores de referência da referida norma para as espessuras de revestimento externo, resultou em poucos valores fora do intervalo da norma, com pequeno risco para a geração

de falhas futuras.

O valor da espessura média registrada nos revestimentos da empresa Z foi 2,8 cm, sendo este bastante satisfatório, considerando os limites da norma. As espessuras mínima e máxima encontradas foram 0,9 e 5,4, respectivamente. O valor mínimo foi bastante inferior ao valor mínimo especificado em norma, de 2,00 cm. Algumas vezes nos locais onde as espessuras apresentavam-se superiores aos valores estabelecidos pela NBR 13749 o pedreiro preenchia a área com argamassa no fim da tarde para no dia seguinte concluir a camada e finalizar o revestimento.

A distribuição das espessuras de revestimento de argamassa de fachada nesta empresa foi a melhor, quando comparada ao desempenho das demais empresas estudadas, por ter uma maior quantidade de espessuras dentro do intervalo recomendado pela norma de revestimento.

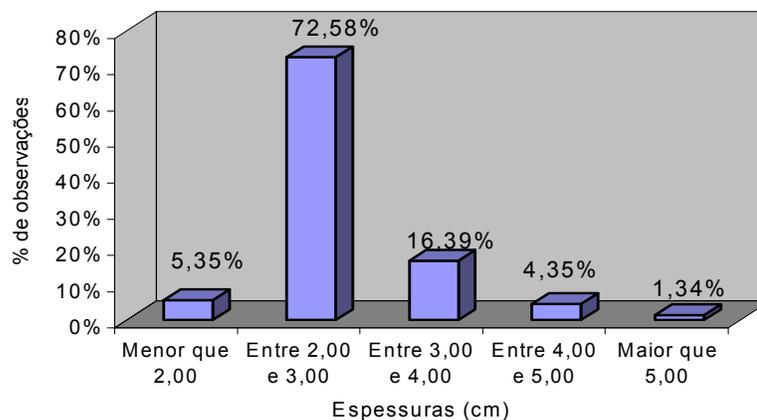


Figura 62: Distribuição das espessuras do revestimento de fachada na empresa Z

As perdas de materiais foram obtidas em 12 dias consecutivos de registro na execução do revestimento de fachada resultando num valor médio de 99,2%, no qual 38,7% corresponderam à perda por espessura excessiva e 60,5% a perdas no transporte, aplicação, manuseio da argamassa e reguamento do revestimento. Os resultados obtidos em cada dia de acompanhamento na execução do revestimento de fachada de argamassa e o valor médio da perda são apresentados na figura 63.

Pode-se observar que em nenhum dos registros de perdas de materiais nesta empresa houve perda por espessura excessiva nula. Isto ocorreu devido ao valor de projeto especificado, que era de 2,00 cm. Assim, todas as espessuras registradas com valores acima desta referência foram consideradas perda.

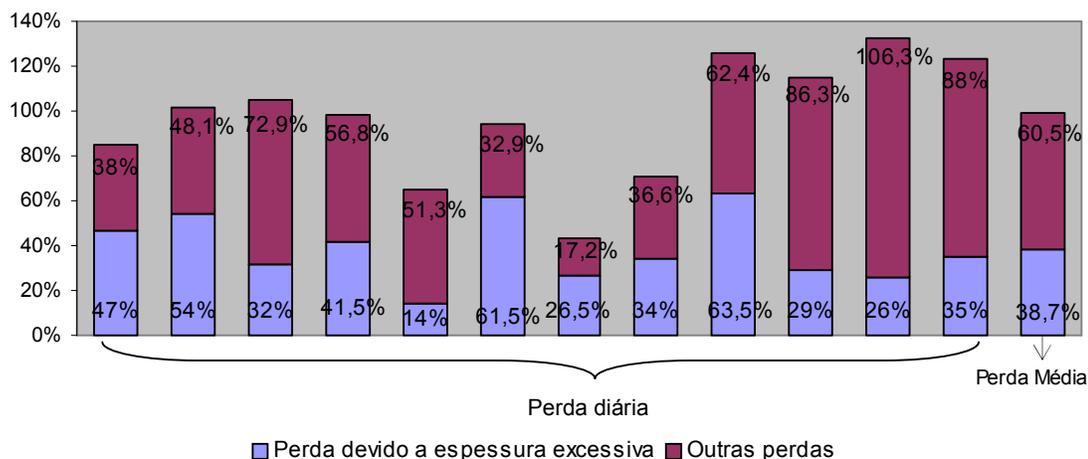


Figura 63: Perdas de argamassa na empresa Z

Durante o acompanhamento da execução foi observado freqüentemente o desprendimento da argamassa fresca aplicada na parede. Muitas dessas observações foram feitas em dias imediatos a períodos chuvosos, sendo que a base a ser revestida ainda estava úmida. Foi percebido que a insistência de aplicação de argamassa nesses locais gerou uma quantidade substancial de perdas do material e também de retrabalho. A figura 64 ilustra alguns locais onde esse desprendimento de argamassa foi observado. Quando o pedreiro encontrava dificuldade em conseguir que a argamassa permanecesse na parede o mesmo encasquilhava a área com pedaços de cerâmica ou mesmo pulverizava a região com cimento em pó.



(a)



(b)

Figura 64 (a) e (b): Desprendimento de argamassa da base e encasquilhamento com pedaços de cerâmica

5.5.3 Discussão

A contratação de laboratório especializado para definição de traços racionalizados de argamassa foi uma das principais ações realizadas pela empresa Z para a minimização de perdas. Esta prática influencia tanto na perda de materiais, ao considerar combinações de quantidades de materiais que

podem levar a uma redução no consumo de insumos, quanto na perda gerada pelas conseqüências do não desempenho esperado com condições desfavoráveis à aplicação do revestimento e com uma maior possibilidade de aparecimento de manifestações patológicas no revestimento.

Entretanto, muitas práticas que contribuem para a geração de perdas foram identificadas, como o uso de estoque de cimento a granel, a armazenagem de areia exposta a intempéries e sem contenção lateral para evitar seu espalhamento, o uso de diferentes locais para estoques de materiais e o uso constante do equipamento de transporte vertical (guincho) para deslocamento de materiais do pavimento térreo para o subsolo da edificação, onde se encontrava a central de argamassa.

Ainda, como práticas que influenciam o desempenho do processo cita-se a ausência de procedimentos documentados de confecção da argamassa, a falta de controle na quantidade de água para a produção das argamassas, o abastecimento dos andaimes suspensos com pás, o uso de carrinhos de mão para transporte horizontal, gerando perda e sujeira do canteiro e o estoque da argamassa pronta no pavimento de aplicação diretamente no chão.

Quanto às perdas de materiais, constatou-se também que os valores possuem uma alta variabilidade em função dos diferentes dias de execução do revestimento na obra. O resultado de perda registrado nesta empresa, de 99,2%, foi o maior valor entre as oito empresas estudadas. Ressalta-se que este resultado de perda como sendo o mais elevado surpreendeu, uma vez que esta obra foi a que apresentou a menor freqüência de espessuras de revestimento fora dos valores estabelecidos como limite. Este fato decorre da espessura de revestimento especificada em projeto (2,00 cm).

A organização do canteiro de obras, com disposição de áreas de estocagem e de espaço para movimentação de materiais, com interferências de fluxos de outros serviços que ocorrem simultaneamente na obra, tem grande influência na organização dos materiais usados na produção do revestimento. As decisões tomadas durante o planejamento da construção do empreendimento podem ter reflexos tanto negativos como positivos na fase de execução dos revestimentos. Nesta empresa, a decisão da não construção de uma rampa de acesso do pavimento térreo para o subsolo do prédio resultou em vários problemas que contribuíram para a geração de perdas durante a fase de execução dos revestimentos, tais como a adoção de estoques secundários de materiais, maior necessidade de atividades de transporte e, conseqüentemente, um maior consumo de homens-hora de servente em atividades que não agregam valor.

A avaliação do desempenho do revestimento pronto de fachada de argamassa através do levantamento de manifestações patológicas apontou a existência de fissuras nas argamassas, sendo provavelmente causadas pela prática de não desempenar a superfície do revestimento, para assim aumentar sua produtividade. A realização do desempenho, com movimentos circulares da desempenadeira na superfície do revestimento de argamassa, auxilia no fechamento de possíveis aberturas formadas pelo reguamento e contribui para a criação de nata superficial no revestimento. Porém, como todo o revestimento final das paredes da fachada no prédio construído pela empresa

Z foi executado com pastilhas cerâmicas, a possibilidade de problemas é diminuída, mas não eliminada, sendo necessários análises futuras para a verificação de problemas.

5.6 ESTUDO DE CASO: EMPRESA W

5.6.1 Registro do processo: descrição e caracterização

A figura 65 apresenta as principais características da obra e a descrição do processo de execução de revestimento de argamassa na empresa W.

OBRA W	CARACTERÍSTICAS DO PROCESSO
Edifício Residencial 7 pavimentos	<ul style="list-style-type: none"> - Sem projeto específico de revestimento e sem procedimento formal de execução; - Chapisco convencional e massa única com aplicação manual; - Execução em 1 subida e 1 descida (1ª subida do andaime: encunhamento, corte das pontas de ferro, colocação de tela nas interfaces estrutura-alvenaria e chapisco; 1ª descida: massa única e execução de frisos); - Acabamento desempenado e feltrado para revestimento final com textura; - Taliscas colocadas no decorrer do serviço; - Uso de argamassa feita em obra com cimento Portlandn pozolânico, areia e aditivo incorporador de ar; - Uso de betoneira para a mistura e de andaime suspenso manual; - Equipe de trabalho: 2 pedreiros (no mesmo andaime) e 1 servente, pagamento por hora; - Ferramentas de posse dos pedreiros: colher de pedreiro, trena, trincha, desempenadeira de madeira, desempenadeira feltrada, esponja e nível de bolha; - Ferramentas e equipamentos da empresa ou empreiteiro: betoneira sem carregador, andaime suspenso mecânico, caixas para massa, régua de alumínio, pá, carrinhos de mão, equipamentos de segurança, arame de prumo, gabarito e frisador de juntas; - Argamassa transportada em carrinhos de mão (horizontal) e elevador de obras ou conjunto balde e roldana (vertical).

Figura 65: Características da obra e do processo na empresa W

O traço da argamassa de revestimento adotado pela empresa foi definido pelo engenheiro civil responsável pela construção, o qual o utiliza há alguns anos em obras de outras empresas em que trabalhou. Ressalta-se que este engenheiro não permanecia no canteiro durante todo o período de funcionamento da obra, sendo solicitado, principalmente, para resolver assuntos pontuais. A empresa não possuía procedimentos de produção das argamassas e de execução do serviço, e os traços para a confecção das argamassas não eram divulgados através de um cartaz próximo à betoneira. As informações dos gestores da obra eram repassadas informalmente para os executores.

O proporcionamento da areia deveria ser feito utilizando as padiolas. Porém, durante o acompanhamento do processo pela pesquisadora percebeu-se que a maioria das argamassas estava sendo confeccionada com o uso de pá como recipiente dosador (figura 66).



Figura 66: Utilização de pá para proporcionamento de areia para produção de argamassa

A justificativa apresentada pelo betoneirista foi que nesta fase final da construção existiam menos funcionários do empreiteiro no canteiro de obras e que não havia outro operário disponível para ajudá-lo a carregar a padiola, já que são necessárias duas pessoas para isso.

O transporte da argamassa pronta era realizado horizontalmente utilizando-se carrinhos de mão e verticalmente pelo guincho. Porém, durante visitas da pesquisadora à obra, a execução do revestimento estava sendo feita em parede cega (sem aberturas na fachada) sendo a argamassa fornecida para o andaime suspenso através de um sistema de roldanas e balde (figuras 67 e 68).



Figura 67: Sistema de roldanas para fornecimento de argamassa



Figura 68: Uso de balde para transportar e fornecer argamassa para o andaime

O fornecimento de argamassa para abastecer andaime com o sistema balde-roldana era lento, pois, além de depender do esforço físico do operário, o volume transportado pelo balde era pequeno. Frequentemente os pedreiros encontravam-se parados por falta de argamassa, como pode ser visto na figura 69.



Figura 69 (a) e (b): Operários parados por falta de argamassa para execução do revestimento

Utilizando-se o diagrama do fluxo de processo para representação da produção do revestimento de fachada de argamassa constatou-se que 54,54% das atividades efetuadas são de transporte, 18,18% de estoques e apenas 13,64% das operações são de conversão (22 atividades no total). A prática adotada pelo operário da central de argamassa de transportar a areia até o carro de mão, despejá-la em placa de compensado situada abaixo da betoneira e depois colocá-la com pá dentro do equipamento de mistura gera operações de transporte que não agregam valor à produção e poderiam ser eliminadas. Também, depois de pronta, a argamassa era despejada na placa de compensado citada acima, ao invés de diretamente nos carrinhos de mão, para posteriormente ser transportada por meio de pá.

5.6.2 Desempenho do processo

A espessura média registrada nos revestimentos de argamassa de fachada da empresa W foi de 3,8 cm. As espessuras mínima e máxima encontradas foram 1,5 e 8,0, respectivamente. A figura 70 apresenta os valores de espessuras mais frequentes no edifício, indicando que 67,20% das espessuras registradas ficaram no intervalo de 2,00 e 4,00 cm e que 30,40% foram maiores que 4,00 cm. Segundo a figura 70, 23,20% das espessuras registradas no prédio superaram 5 cm. Essas espessuras foram de alguns detalhes construtivos, existentes nas quinas das fachadas, compostos por revestimentos em almofadas³⁶. Essas espessuras superiores aos valores normalizados são consequência de problemas de projeto, por não prever outras soluções construtivas.

³⁶ Almofadas são detalhes na fachada constituídos por volumes construídos com argamassa, neste caso, ou por outro material.

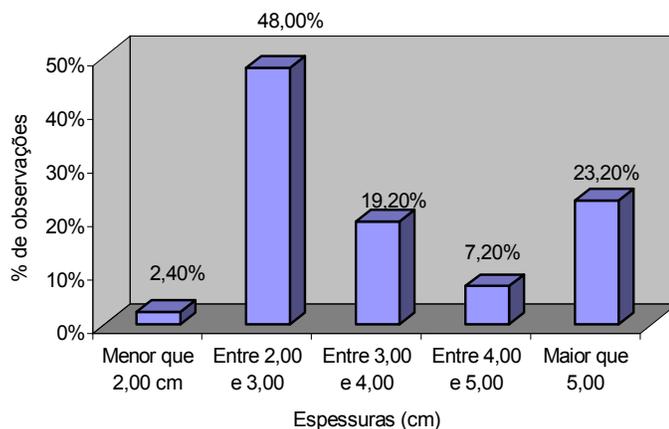


Figura 70: Distribuição das espessuras do revestimento de fachada na empresa W

Na figura 71 são apresentados os resultados de perdas de materiais obtidos nos dias de acompanhamento da execução do revestimento de fachada de argamassa e o valor médio da perda. Tem-se que uma elevada parcela das perdas (24,5%) foi decorrente do excesso de espessura de revestimento. Observa-se que o maior valor de perda global encontrado foi de 135,84% e o menor de 20,84%.

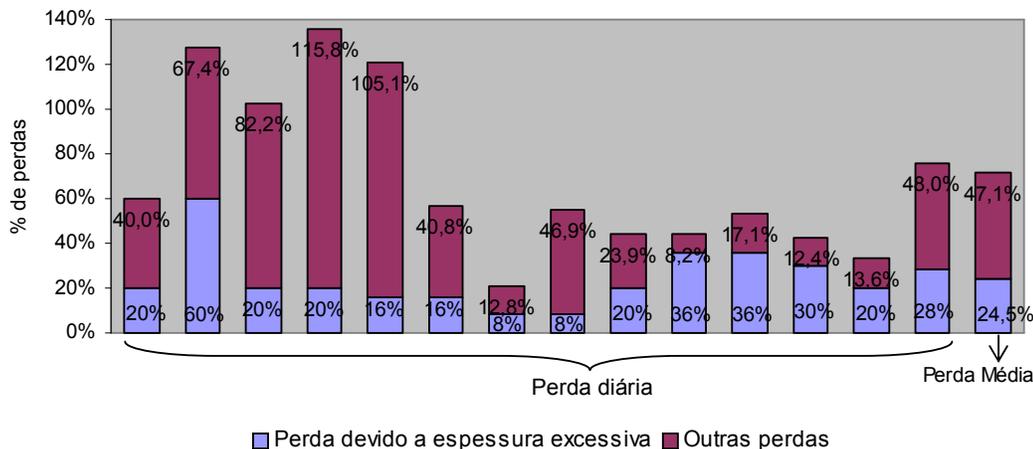


Figura 71: Perdas de argamassa na empresa W

5.6.3 Discussão

Das práticas adotadas que contribuem para reduzir as perdas destacam-se o reaproveitamento da argamassa proveniente do sarrafeamento, sendo esta acondicionada em caixa de madeira situada nos andaimes suspensos, e o uso de embalagens inteiras para proporção do aglomerante.

Além da empresa W não possuir qualquer documentação ou instrução sobre o recebimento de materiais, armazenamento e a execução do revestimento, o proporcionamento da areia para a produção da argamassa era realizado utilizando-se pás e não se tendo também controle sobre a quantidade de água das misturas. Outra prática que contribuiu para a geração de perdas foi a realização do abastecimento do andaime suspenso com pás ou através de balde e roldana.

Embora a empresa não tenha realizado um controle maior na produção das argamassas no canteiro de obras, o revestimento final da fachada não apresentou problemas patológicos visíveis até o encerramento do estudo. Também, não foram realizados nesta obra ensaios de arrancamento para a verificação do desempenho da argamassa junto à base, não sendo possível tirar conclusões sobre a possibilidade de baixa aderência devido ao uso de aditivo incorporador de ar na confecção da argamassa de revestimento de fachada.

5.7 ESTUDO DE CASO: EMPRESA A

5.7.1 Registro do processo: descrição e caracterização

As principais características e a descrição do processo de execução do revestimento de argamassa de fachada na empresa A estão apresentadas na figura 72. O processo de revestimento foi executado por empresas terceirizadas.

OBRA A	CARACTERÍSTICAS DO PROCESSO
5 Casas Residenciais de 3 pavimentos e 1 subsolo	<ul style="list-style-type: none"> - Sem projeto específico de revestimento e sem procedimento formal de execução; - Chapisco convencional e massa única com aplicação manual; - Execução em 3 etapas (1ª: limpeza, corte das pontas de ferro e rebarbas de argamassa; 2ª: chapisco; 3ª: massa única); - Acabamento desempenado e feltrado para revestimento final com placas cerâmicas; - Taliscas colocadas no decorrer do serviço; - Uso de argamassa feita em obra com cimento Portland pozolânico, argamassa semi-pronta (cal hidratada: areia), fibras e aditivo impermeabilizante; - Uso de betoneira para a mistura e de andaime simplesmente apoiado; - Equipe de trabalho direta: 1 pedreiro e 1 servente, com pagamento por hora; - Ferramentas de posse dos pedreiros: colher de pedreiro, trena, trincha, desempenadeira de madeira, desempenadeira de plástico, desempenadeira feltrada, esponja e nível de bolha; - Ferramentas e equipamentos da empresa ou empreiteiro: betoneira sem carregador, andaime simplesmente apoiado, caixas para massa, régua de alumínio, pá, carrinhos de mão, equipamentos de segurança e arame de prumo; - Argamassa transportada em carrinhos de mão (horizontal) e elevador de obras (vertical).

Figura 72: Características da obra e do processo na empresa A

Com base no diagrama de fluxo de processo constatou-se que 60% das operações efetuadas são de

transporte, 24% de estoques e apenas 8% das operações são de conversão, de um total de 25 atividades. A adoção de traços com embalagens inteiras do aglomerante, por exemplo, eliminaria atividades de transporte e de estoque nesta obra, dando mais evidência às atividades que agregam valor.

Nos primeiros contatos da pesquisadora com a obra não havia tabela com indicação dos traços na central de argamassa. Algumas vezes, quando o betoneirista era perguntado sobre a confecção da argamassa, o mesmo se confundia com relação às quantidades dos materiais usados. O proporcionamento da mistura semipronta para argamassa estava sendo feita utilizando a pá como equipamento dosador. O recipiente disponibilizado pela empresa era uma padiola de madeira com grandes dimensões e pesada. Entretanto, após contato com o engenheiro da obra e exposição deste procedimento, foi colocada uma tabela explicativa do traço para a confecção da argamassa e adquirido novo recipiente para dosagem da argamassa (com parede lisa, de capacidade menor e mais leve, conforme apresentado na figura 73).



Figura 73: Padiola metálica com parede lisa

Por não possuir qualquer procedimento formalizado das informações necessárias para a execução do processo de revestimento, estas eram passadas para o empreiteiro, mestre de obra e posteriormente para as equipes de produção de forma verbal.

5.7.2 Desempenho do processo

O resultado do acompanhamento da produção da equipe de trabalho durante três semanas na obra da empresa A foi 2,32 HH/m² de revestimento de fachada de argamassa para a equipe de dois pedreiros. Salienta-se que o revestimento de fachada na edificação construída por esta empresa apresentou bastantes detalhes construtivos, como pingadeiras, sendo a forma de pagamento da mão-de-obra de execução realizada por hora, o que auxiliou no baixo desempenho produtivo.

As espessuras mínima, média e máxima encontradas nos revestimentos da empresa A foram 1,5, 3,2 e 8,8 cm, respectivamente. A figura 74 apresenta os valores de espessuras mais frequentes sendo que 75,13% das espessuras registradas ficaram no intervalo de 2,00 e 4,00 cm. As espessuras que mais oferecem risco para o aparecimento de problemas futuros no revestimento são as com valores menores que 2,00 cm, representando 7,41% das espessuras registradas, e as

espessuras com valores maiores que 4,00 cm, as quais representam 17,46%, que foram executadas com apenas uma camada, embora tenha ultrapassado o limite recomendado.

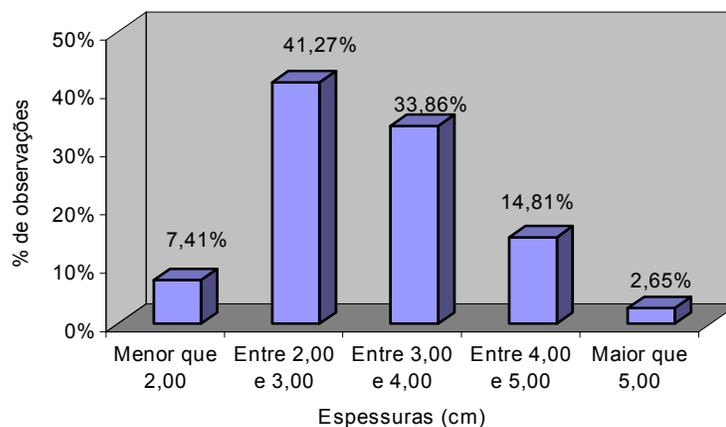


Figura 74: Distribuição das espessuras do revestimento de fachada na empresa A

As perdas de argamassa foram obtidas em 5 dias de registro na execução do revestimento de fachada (figura 75), resultando num valor médio de 65,5%, sendo que 11,6% corresponderam à perda por espessura excessiva e 53,9% a perdas no transporte, aplicação, manuseio da argamassa e reguamento do revestimento.

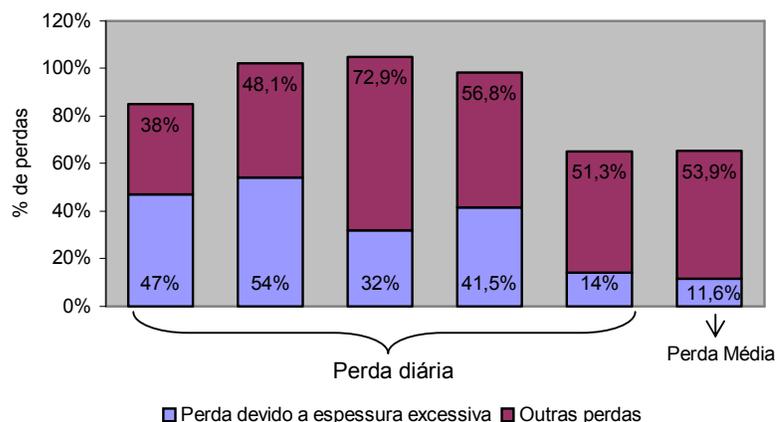


Figura 75: Perdas de argamassa na empresa A

O valor de perda média registrado na empresa A (65,5%), menor que nas outras empresas estudadas no desenvolvimento desta dissertação, pode ser justificado porque nesta empresa o estudo foi feito durante a execução de revestimentos em edificação de apenas três pavimentos, sendo mais fácil a obtenção de uma melhor verticalidade. Lembrando que o maior índice de perda de materiais foi de 99%, registrado na empresa Z.

A análise dos traços mínimo, médio e máximo executados pela empresa A indica a existência de uma variação nas quantidades de materiais utilizados para a confecção da argamassa de revestimento, tendo-se, em média, resultados indicando uma variação pequena entre os traços executados e especificados (tabela 11). Entretanto, percebe-se uma maior variação na proporção dos materiais, quando se analisa os resultados referentes aos valores extremos. O grande problema da análise dos traços executados por esta empresa diz respeito à constituição da mistura semipronta utilizada adquirida por fornecedor, a qual não era de conhecimento do engenheiro civil da obra.

Tabela 11: Variação do traço de argamassa efetivamente empregado sobre o especificado em projeto

EMPRESA	TRAÇO ESPECIFICADO		TRAÇO EXECUTADO			
	Materiais	Vol	Materiais	Mínimo	Média	Máximo
A	Cimento	1	Cimento	1	1	1
	Mistura Semipronta	4,5 ³⁷	Mistura Semipronta	3,82	4,34	4,82

5.7.3 Discussão

As principais boas práticas identificadas foram a disposição dos materiais na central de argamassa com distâncias reduzidas aos equipamentos de mistura e de transporte vertical e o uso de caixas de madeira para armazenamento da argamassa pronta nos pavimentos de aplicação.

Entre as práticas potencialmente geradoras de perdas, destaca-se a exposição de areia às intempéries, inclusive com empoçamento de água; o espalhamento da areia e da mistura semipronta para argamassa, causado pela falta de contenções laterais no local de armazenamento; a existência de estoques intermediários de areia; o proporcionamento da areia e da argamassa realizado por meio de pás; a falta de controle na quantidade de água para a produção da argamassa; e o uso de material endurecido de mistura semipronta para argamassa.

O uso de materiais com composição desconhecida para a confecção da argamassa de revestimento e a falta de um controle no proporcionamento dos materiais, com variabilidade na quantidade especificada para a mistura, resultou num desempenho insatisfatório do sistema de revestimento, com aparecimento de manifestações patológicas (principalmente, fissuras mapeadas) nas paredes da fachada revestidas com essa argamassa.

Alguns resultados obtidos nesta empresa, ao serem comparados com os obtidos nas outras empresas, podem não levar a conclusões que representem o desempenho do sistema de revestimento de argamassa de fachada e as dificuldades enfrentadas pelas empresas de construção, nos quais cita-se o índice de perdas e a variação das espessuras, já que a pequena quantidade de

³⁷ Mistura de areia com cal formando a mistura semipronta para argamassa.

pavimentos da edificação construída pela empresa A (três pavimentos) pode ter influenciado nos resultados.

5.8 ESTUDO DE CASO: EMPRESA B

5.8.1 Registro do processo: descrição e caracterização

As principais características da obra e a descrição do processo de execução de revestimento de argamassa na empresa B estão apresentadas na figura 76. O processo de revestimento foi executado por empresas terceirizadas.

OBRA B	CARACTERÍSTICAS DO PROCESSO
Edifício Residencial 11 pavimentos e 2 subsolos	<ul style="list-style-type: none"> - Sem projeto específico de revestimento e sem procedimento formalizado de execução; - Chapisco convencional e massa única com aplicação manual; - Uso de argamassa industrializada com acabamento desempenado; - Movimentações do andaime: 1ª subida: chapisco; 1ª descida: limpeza e massa única; - Uso de betoneira para a mistura e de andaimes suspensos mecânicos; - Equipe de trabalho: 1 servente para cada pedreiro, com pagamento por hora; - Ferramentas de posse do pedreiro: colher de pedreiro, trena, trincha, desempenadeira de madeira; - Ferramentas e equipamentos da empresa ou empreiteiro: betoneira sem carregador, andaime suspenso manual, caixas de massa, régua de alumínio, pá, gericas, equipamentos de segurança, arame de prumo; - Argamassa transportada em gericas (horizontal) e elevador de obras (vertical).

Figura 76: Características da obra e do processo na empresa B

Com a utilização de argamassa industrializada ensacada na produção do revestimento de fachada foi conseguida uma menor quantidade de operações desde a entrada dos materiais no canteiro até a aplicação da argamassa, nas quais 58,33% de operações foram de transporte, 16,67% de estoques e 16,67% das operações foram de conversão. O gráfico do fluxo de processo na empresa B foi similar ao da empresa Y, inclusive com os mesmos números de atividades (12 no total).

Esta empresa, como as empresa W, Z e A, não possuía procedimentos documentados sobre o método de execução do processo de revestimento de argamassa, sendo as informações necessárias transmitidas de forma verbal aos responsáveis pela produção.

Ainda, foi observada nessa empresa a falta de ferramentas específicas para a execução dos frisos do revestimento, sendo utilizadas diferentes ferramentas improvisadas pelos pedreiros, apresentadas na figura 77.



Figura 77: Ferramentas usadas pelos pedreiros para execução de frisos

A área total de revestimento de argamassa na fachada do empreendimento construído pela empresa B foi pequena, pois a maioria da fachada teve o revestimento produzido com execução do emboço e assentamento de plaquetas cerâmicas de forma simultânea, ou seja, a própria argamassa de emboço era a argamassa de assentamento das peças cerâmicas. Portanto, foi possível realizar as observações apenas para algumas extensões da fachada com o intuito de se obter todas as informações planejadas no método de avaliação do processo de produção de revestimento de argamassa.

5.8.2 Desempenho do processo

Os valores de espessura mínimo, médio e máximo encontrados na obra da empresa B foram respectivamente 1,3, 2,9 e 6,5 cm. A frequência e distribuição das espessuras de revestimento de fachada são apresentadas na figura 78. Nesta empresa foi registrado uma grande quantidade de espessuras com valores abaixo de 2,00 cm, tornando o revestimento muito suscetível às movimentações higrotérmicas e às ondulações de paredes e peças estruturais. Por outro lado, aproximadamente 5% das espessuras registradas foram maiores que 4,00 cm, valores que auxiliam na compreensão e justificava das perdas de materiais levantadas.

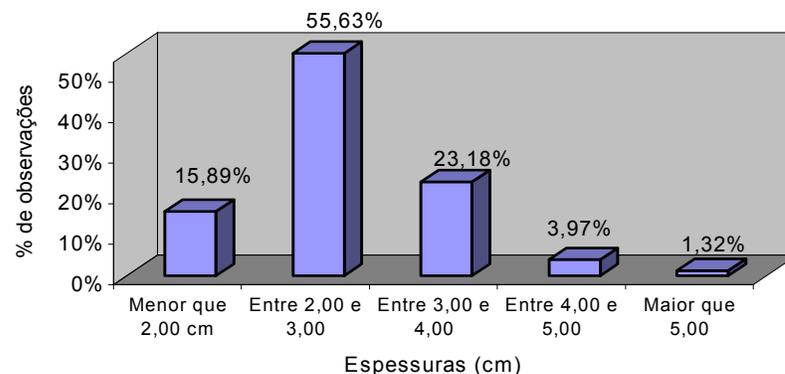


Figura 78: Distribuição das espessuras do revestimento de fachada na empresa B

As perdas de argamassa na obra da empresa B foram obtidas em 5 dias de registro na execução do revestimento de fachada resultando num valor médio de 72,4%, no qual 8,5% corresponderam à perda por espessura excessiva e 63,9% a perdas no transporte, aplicação, manuseio da argamassa e reguamento do revestimento, conforme apresentadas na figura 79.

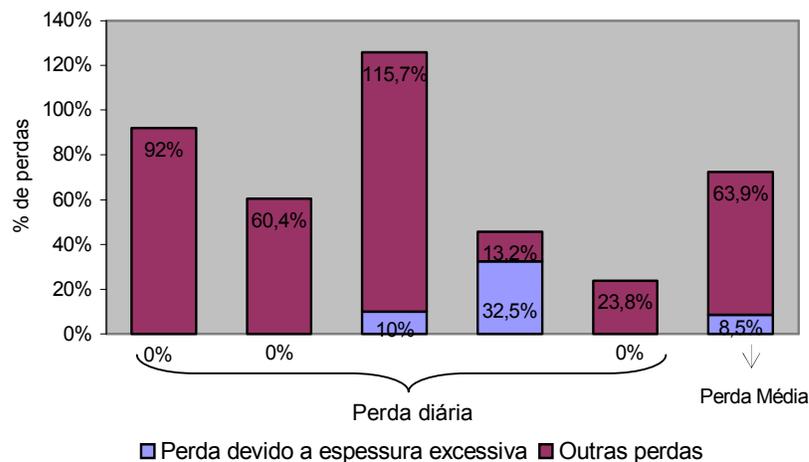


Figura 79: Perdas de argamassa na empresa B

Apesar de 84,10% das espessuras registradas na edificação da empresa B representarem perdas por espessuras excessivas, considerando a espessura de projeto (2,00 cm), durante o estudo das perdas nesta empresa foi levantado uma perda média por sobreespesura de apenas 8,5%. Isto aconteceu porque nos locais da edificação onde foram realizados os estudos de perdas as espessuras de revestimento foram em sua maioria menores ou iguais a 2,0 cm.

5.8.3 Discussão

As práticas realizadas pela empresa B que contribuíram para a minimização das perdas foram a organização do *layout* de produção da argamassa, com os todos os materiais situados próximos dos equipamentos necessários para confecção e transporte das argamassas e com áreas diferenciadas para o armazenamento de materiais novos e velhos, inclusive protegidos de umidade. Entre as principais causas de perdas destacam-se a falta de controle na quantidade de água durante o preparo da argamassa industrializada, gerando variabilidade nas confecções das misturas. Também, foi percebida a falta de ferramentas específicas para a execução do revestimento de fachada, como, por exemplo, ferramentas para a execução de frisos no revestimento ainda fresco, a qual foi solucionada através do uso de ferramentas improvisadas pelos operários.

Com o uso de argamassa industrializada na obra da empresa B, muitos problemas foram eliminados, como a alta variabilidade nos traços provenientes da confecção de argamassa em obra

ocasionados pela falta de padronização. Também, não foram verificadas manifestações patológicas nos revestimentos produzidos pela empresa com argamassa industrializada.

Os valores de espessuras levantados na edificação construída pela empresa B em 15,89% dos registros foram inferiores à espessura mínima recomendada pela norma de revestimento (2,00 cm), o que pode aumentar a possibilidade de problemas futuros por espessura reduzida.

No contato do pesquisador com os operários de execução de revestimento de fachada um dos pedreiros comentou sobre sua falta de experiência em usar argamassa industrializada e sobre a dificuldade em dar continuidade às operações devido à demora da mesma em "puxar". Assim, este problema, aliado à forma de contratação da mão-de-obra, com pagamento por hora, foi possivelmente o principal motivo da baixa eficiência das equipes de produção de revestimento de fachada na obra da empresa B. Portanto, a falta de treinamento da mão-de-obra para a utilização de um material até então desconhecido pelos aplicadores e o uso de andaimes suspensos com acionamento manual, interferem na conclusão das operações subseqüentes à aplicação (sarrafeamento e desempenho), influenciando negativamente a produtividade da mão-de-obra.

6 RESULTADOS: APRESENTAÇÃO E ANÁLISE CRUZADA

Este capítulo apresenta uma análise cruzada dos resultados obtidos nos oito estudos de caso. Também, faz-se uma avaliação geral do método de avaliação do processo de execução de revestimento de fachada de argamassa proposto neste trabalho. Ainda, são apresentadas no final do capítulo as principais práticas encontradas nas empresas que podem ser consideradas como inibidores de perdas e como oportunidades de melhoria no processo.

6.1 APLICAÇÃO DAS FERRAMENTAS DE AVALIAÇÃO DO PROCESSO

6.1.1 Lista de verificação de boas práticas em canteiro de obras

A figura 80 apresenta os resultados da aplicação da lista de verificação de boas práticas em canteiros de obras, sendo estes desdobrados em instalações provisórias, segurança na obra e sistema de movimentação e armazenamento de materiais (SMAM).

Em relação às instalações provisórias, observa-se que apenas duas empresas, C e D, obtiveram desempenhos superiores à 7,0 e uma empresa, X, teve desempenho inferior à 5,0. Ressalta-se que o desempenho da empresa X no item instalações provisórias teve uma grande influência da obra estar em fase final, uma vez que vários elementos do canteiro já havia sido desmobilizados.

O item segurança na obra foi o que apresentou o maior número de empresas com desempenho igual ou superior a 7,0³⁸. Porém, a nota média das oito empresas foi de 6,4. A empresa A apresentou o pior resultado em relação a este item, com nota 3,3. Entre as deficiências observadas nesta empresa, destaca-se a ausência de elementos de segurança, tais como corrimão e guarda-corpos nas escadas, placas de sinalização e extintores de incêndio.

Entre os três itens de avaliação, o desempenho do sistema de movimentação e armazenamento de materiais foi o que obteve o pior resultado. Nenhuma das oito empresas atingiram a nota 7,0, apresentando a menor nota média entre os itens (5,2). Percebe-se claramente uma maior deficiência no sistema de movimentação e armazenamento de materiais em todas as oito empresas.

Um exemplo de como essa ferramenta pode auxiliar na detecção rápida de problemas nos processos pode ser notado nos resultados da empresa W. Na avaliação das instalações provisórias a empresa W obteve nota 6,6 e na segurança da obra nota 7,0. Em se tratando do sistema de movimentação e armazenamento dos materiais, a nota foi de 3,6. Dessa forma, fica clara a existência de problemas ou deficiências no sistema de movimentação e armazenamento dos materiais, indicando a necessidade de ações de melhoria. A maior área de canteiro de obras entre

³⁸ Foi utilizada a nota 7,0 como referência para comparação por considerá-la como de desempenho satisfatório.

as empresas estudadas foi da empresa D, também a que apresentou o maior número de operários e, conseqüentemente, uma maior necessidade de áreas coletivas (instalações sanitárias, refeitório, vestiário, etc.), sendo esta empresa a que obteve o melhor desempenho na avaliação do item instalações provisórias.

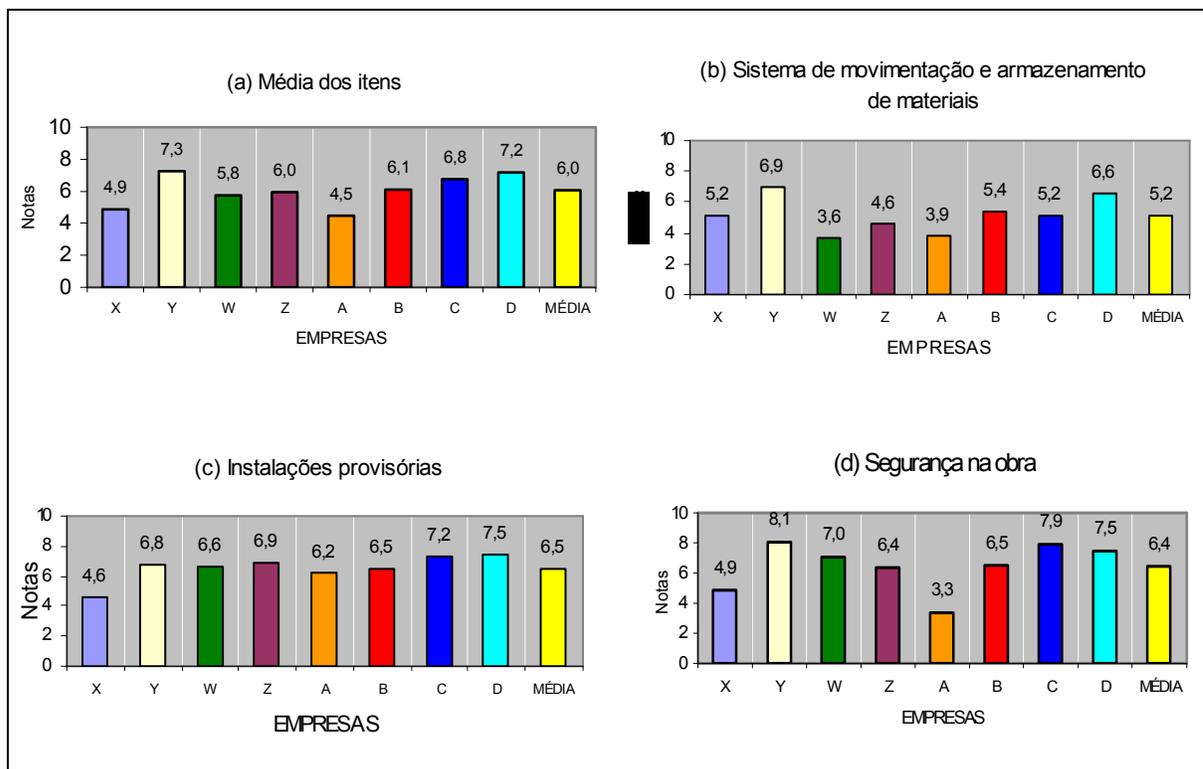


Figura 80: Notas do canteiro de obras obtidas a partir da lista de verificação

Embora todas as oito empresas atuem no mesmo mercado da construção civil de Porto Alegre, elas apresentam graus de preocupação variável em relação à organização do canteiro de obras, tendo as médias dos itens variado de 4,5 a 7,3.

Os estudos realizados por Saurin (1997) em empresas de construção da cidade de Porto Alegre e da cidade de Santa Maria, ambas no Rio Grande do Sul, totalizaram vinte e cinco canteiros onde a lista de verificação de boas práticas em canteiros de obras foi aplicada. Nesses estudos os resultados indicaram que o item segurança foi o que apresentou o pior desempenho, com nota 5,2. Os piores desempenhos em relação à segurança estão relacionados à proteção contra quedas no perímetro dos pavimentos, as escadas de mão e as proteções nas aberturas do piso. A nota do item instalações provisórias (5,3) foi bastante semelhante à nota média do item segurança. O item sistema de movimentação e armazenamento de materiais foi o que apresentou a maior nota média (5,9), sendo este resultado contrário ao encontrado nas obras estudadas nesta dissertação, já que este item foi o de pior desempenho (figura 80b).

Comparando as notas médias tem-se que as empresas estudadas por Saurin (1997) em geral apresentaram desempenhos inferiores ao conjunto das oito obras estudadas. É claro que o fato de

Saurin (1997) ter estudado um maior número de obras pode ter um maior peso nos resultados. Entretanto, ainda as obras estudadas por este autor apresentaram notas mínimas menores que nas oito obras desta dissertação em todos os três itens. Por outro lado, as notas máximas dos estudos de Saurin foram maiores em todos os três itens.

6.1.2 Lista de verificação de boas práticas em produção de argamassa e execução de revestimento de fachada de argamassa

A figura 81 apresenta os resultados da avaliação da incidência de boas práticas no sistema de recebimento, movimentação e armazenamento de materiais, da produção de argamassa, da execução do revestimento e da segurança no processo de revestimento de fachada de argamassa. Pode-se observar o desempenho das oito empresas e a média do grupo.

O sistema de recebimento, movimentação e armazenamento de materiais foi o que apresentou menor nota média entre os vários itens analisados. Constatou-se que existem muitos problemas de movimentação e estocagem de materiais, em parte devido à inexistência de procedimentos formais sistematizados quanto ao controle de recebimento e à estocagem de materiais.

Dos quatro itens avaliados, tem-se que apenas a empresa Y, nos itens recebimento, movimentação e armazenamento de materiais e execução do revestimento, a empresa D, no item produção de argamassa e as empresas Y, Z, A, C e D no item segurança, obtiveram desempenho com notas superiores ou iguais a 7,0. Ainda, analisando a figura 81(e) com os resultados médios da avaliação conclui-se que apenas as empresas Y e D obtiveram desempenhos superiores a 7,0, mostrando a baixa incidência de boas práticas no processo de execução de revestimentos no conjunto de empresas.

A realização de múltiplos estudos de caso em oito canteiros apontou diferenças existentes nas práticas das empresas em relação ao processo estudado. As notas obtidas levam a concluir que as empresas também dão prioridades diferentes ao processo de execução de revestimentos de fachada de argamassa. Por exemplo, a empresa A teve um bom desempenho no item segurança, porém no sistema de recebimento, movimentação e armazenamento de materiais e no item produção de argamassa a mesma teve um desempenho bastante insatisfatório. Este fato é observado em todos os canteiros de obra estudados, o que mostra existirem muitas oportunidades de melhorias no processo estudado.

A avaliação da segurança através dos dois tipos de listas de verificação apontou diferenças no desempenho quando se considera toda a obra ou quando se considera o processo de produção de revestimentos. A empresa A apresentou nota 3,3 na segurança da obra e nota 7,5 na segurança durante a realização do processo de produção de revestimentos. Essa melhoria pode ser atribuída à maior exigência por conta da NR 18 e da Delegacia Regional do Trabalho, uma vez que as fachadas são mais expostas às fiscalizações.

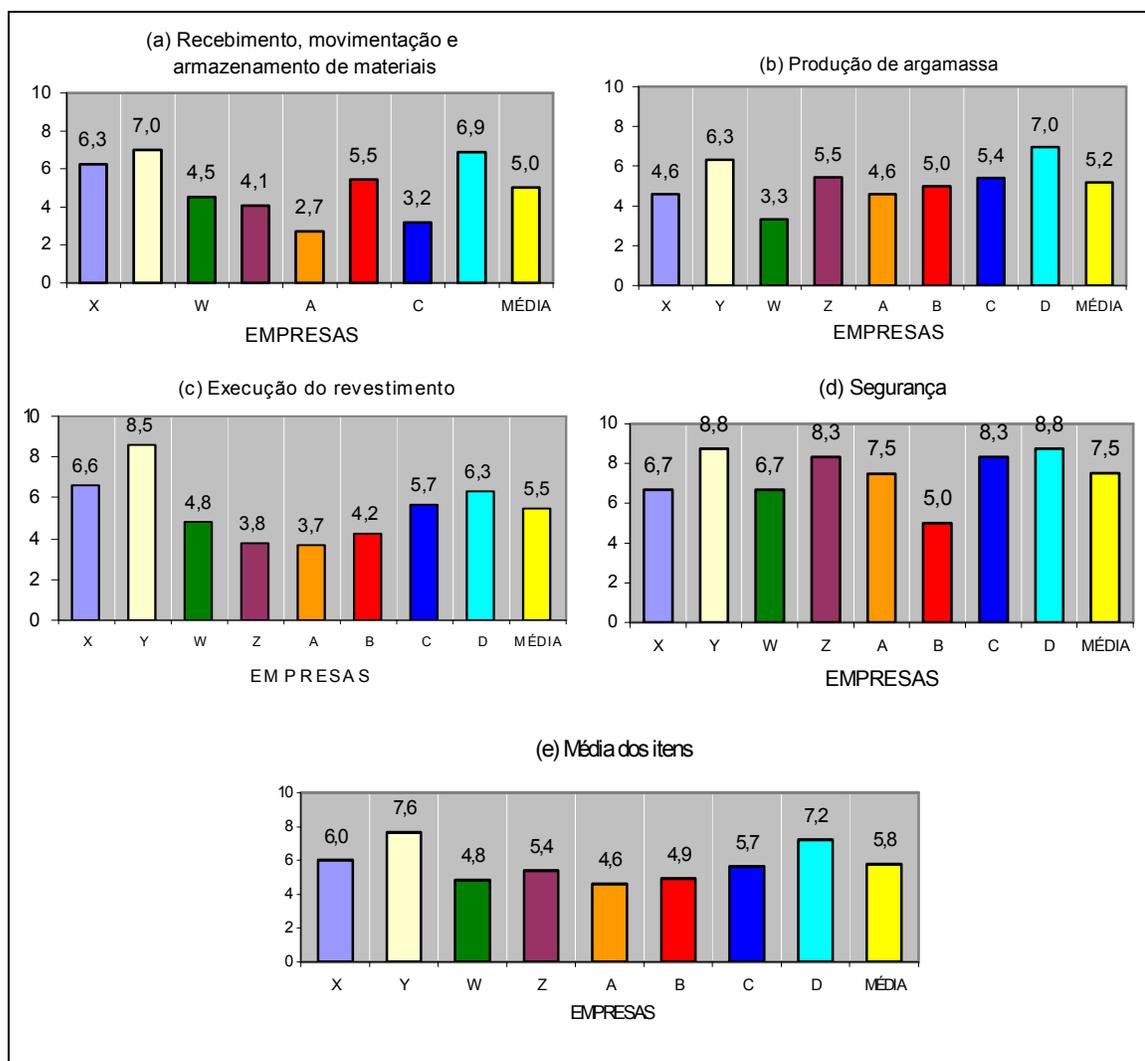


Figura 81: Resultados da lista de verificação de boas práticas em produção de argamassa e execução de revestimento de fachada

Tanto a lista de verificação de boas práticas em canteiro como a de produção de argamassa e execução de revestimento de fachada de argamassa apontam os maiores problemas existentes na organização da obra e no processo de execução de revestimentos, de forma que as empresas atentem para os pontos problemáticos e possam melhorar a gestão da obra e o planejamento do processo de produção.

6.1.3 Indicadores de produtividade

Este item apresenta indicadores coletados através do cartão de produção: produtividade da equipe direta de produção, ou seja, serventes e pedreiros (HH/m²) para cada uma das empresas e também a média do grupo, conforme dimensionamento adotado pelas empresas (proporção servente: pedreiro), mostrado na tabela 12.

Tabela 12: Dimensionamento das equipes de produção

EMPRESA	X	Y	W	Z	A	B	C	D
Servente:Pedreiro	1:1	1:1	1:2	1:1	1:2	1:1	1:2	1:2

O TCPO 12 (2003) indica que são necessários 1,23 HH/m², considerando espessuras de revestimento de 2 cm. Entretanto, as espessuras de revestimento de argamassa de fachada nas empresas estudadas tiveram valores que ultrapassaram este limite. Como pode ser observado na figura 82, os valores encontrados nas empresas apresentaram uma alta variação, com valores de 0,99 a 2,32 HH/m². Na figura 83 tem-se a distribuição dos tempos da equipe de produção de revestimento de fachada de argamassa nas oito empresas.

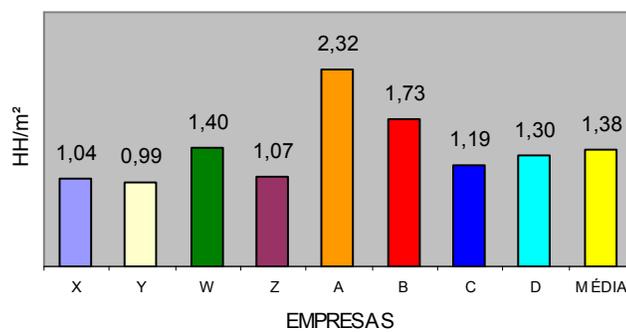
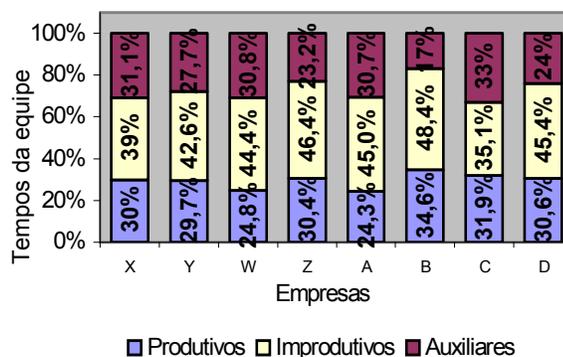
Figura 82: Resultado do cartão de produção da equipe, em HH/m²

Figura 83: Distribuição dos tempos da equipe de produção de revestimento de fachada de argamassa

Entre os índices de produtividade apresentados na figura 82 tem-se que o melhor resultado foi conseguido pela empresa Y, em cuja obra foi necessário aproximadamente 1 homem-hora para execução de um metro quadrado de revestimento de fachada de argamassa. Esse melhor desempenho é atribuído ao uso de andaimes suspensos elétricos e de argamassa industrializada. O

pior desempenho foi registrado na obra da empresa A, que necessitou de 2,32 homens-horas para execução de cada metro quadrado. A execução do revestimento nesta empresa foi dificultada devido à existência de muitas descontinuidades nas fachadas, implicando pequenas áreas livres de revestimento de argamassa, e também pela grande quantidade de detalhes construtivos.

A empresa Z obteve um bom desempenho da produtividade da equipe de execução do revestimento de fachada, com resultado de 1,07 HH/m², valor este próximo do levantado na empresa Y. A eliminação de uma das etapas do procedimento de produção dos revestimentos comumente utilizado na execução deste serviço, o desempenho da superfície do revestimento, proporcionou esse resultado. Entretanto, deve-se evidenciar as consequências da eliminação da atividade de desempenho, tais como as imperfeições deixadas na superfície do revestimento e o consumo maior do material de acabamento da superfície.

Na empresa W, cujo índice de produtividade foi de 1,40 HH/m², a execução de detalhes na fachada (almofadas), com espessuras superiores a 5 cm, impedia que os pedreiros movimentassem o andaime para dar seguimento ao serviço em outras áreas, já que eles tinham que executá-los em etapas, tendo que aguardar um intervalo entre elas.

O pior desempenho de produtividade foi o da empresa A, que gastou 2,32 HH para produzir cada metro quadrado de revestimento. Este resultado foi muito insatisfatório e leva a conclusão que a forma de contratação da mão-de-obra e a existência de quantidades maiores de detalhes nas fachadas têm forte influência no desempenho final da produção. As empresas W, A e B foram as que apresentaram os piores resultados de produtividade, tendo as três a forma de contrato com pagamento por hora. As empresas X, Y, Z, C e D tiveram a forma de pagamento dos pedreiros através da área de revestimento de argamassa produzida, o que motivou os operários a aumentarem seus ritmos de execução e, em alguns casos, aumentar também a carga horária diária, evitando paradas durante os turnos de trabalho.

O uso dos indicadores de produtividade para comparar o desempenho das equipes entre as diferentes empresas deve ser feito considerando não apenas o valor em número da produtividade para defini-la como um resultado bom ou ruim, mas também as variáveis existentes no processo as quais levaram aos resultados registrados, tais como a configuração da equipe, o tipo de argamassa usado, tipo de andaime suspenso, as dificuldades construtivas, e, principalmente, o método de coleta adotado pelas diferentes empresas para o registro do indicador. Portanto, a comparação dos índices entre as empresas deve seguir uma análise cuidadosa para que se possa obter conclusões consistentes.

6.1.4 Avaliação das perdas de materiais

Para a avaliação das perdas de materiais apresentam-se neste item os índices de perdas global e parcial, a variação do traço de argamassa efetivamente empregado sobre o especificado em projeto e as espessuras de revestimento executadas.

6.1.4.1 Espessuras de revestimento

As variações das espessuras médias encontradas nas edificações em relação às especificações são apresentadas na tabela 13. Para o cálculo dessas variações foram considerados os valores de projeto especificados pelas empresas: 2,5 cm para as empresas X, Y, W, A e D e 2 cm para as empresas Z, B e C.

Tabela 13: Variação da espessura média real sobre a especificada pelas empresas

OBRA	X	Y	W	Z	A	B	C	D
Nº de medidas realizadas	261	398	90	299	141	113	978	687
Variação da espessura (%)	34	67	52	41	26	39	38	73

Na figura 84 são apresentadas as espessuras máximas, médias e mínimas nas oito obras analisadas. A análise da dispersão das espessuras reais de revestimento executadas permite uma melhor compreensão do problema. Não importam apenas os valores máximos observados, pois eles podem ser medidas pontuais nas fachadas, comumente decorrentes de uma falha construtiva localizada (por exemplo, o desalinhamento de uma sacada), e que demandam uma ação corretiva também localizada para evitar futuras manifestações patológicas (por exemplo, reforço do revestimento com tela).

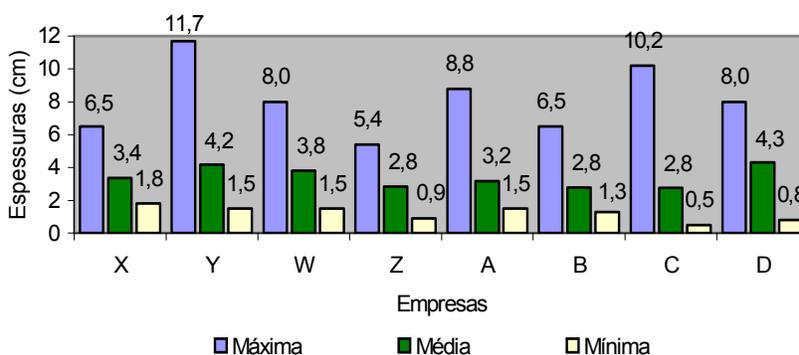


Figura 84: Espessuras de revestimento de fachada de argamassa nas oito empresas em análise

A mesma consideração não pode ser feita para os valores mínimos, pois estas pequenas espessuras foram observadas em extensões maiores das fachadas, comprometendo a função protetora do revestimento. É importante evidenciar a dispersão dos valores das espessuras numa mesma edificação, uma vez que a variação é muito grande, sendo a maior dispersão verificada na empresa Y.

Portanto, a correta interpretação implica na consideração da dispersão dos valores, que pode ser analisado através do conjunto de valores máximo, médio e mínimo, sendo desejável a obtenção de um valor médio dentro do intervalo indicado pela NBR 13749 (ABNT, 1996) (2 a 3 cm) e valores máximos e mínimos próximos a este intervalo, principalmente os valores mínimos. Observa-se que as maiores variações dos valores de espessuras executadas (tabela 13) foram registradas nas empresas Y e D, as quais apresentaram também as maiores espessuras médias. Os revestimentos que mais preocupam são os das empresas Z, C e D por apresentarem valores mínimos de espessura muito reduzidos (figura 84). Esses locais na fachada com espessuras muito inferiores podem transformar-se em pontos frágeis, que possivelmente poderão provocar manifestações patológicas, principalmente problemas relacionados à umidade.

As referidas variações são decorrentes principalmente da falta de controle geométrico das estruturas, tendo como consequência o desalinhamento entre os pavimentos, resultando em irregularidades no alinhamento vertical da estrutura, e a falta de compatibilidade entre a largura das vigas e dos pilares e a largura das alvenarias que, normalmente, são corrigidos no revestimento de argamassa. Esses mesmos problemas foram verificados nas obras estudadas por Soibelman (1993), Agopyan et al. (1998) e Paliari et al. (1999, 2001).

Nota-se que, conforme mostrado na figura 84, em todas as empresas estudadas houve espessuras de revestimento que ultrapassaram o valor máximo de 3 cm indicado pela NBR 13749 (ABNT, 1996). Porém, as recomendações da referida norma para situações nas quais as espessuras ultrapassam o valor de 3,00 cm (item 2.3.3) não foram observados, à exceção da empresa D.

6.1.4.2 Perda global e parcial de argamassa

Os valores de perdas globais e parciais registrados em sete empresas³⁹ são apresentados na figura 85. As perdas medidas nas empresas variaram de 66% até 99%, incluindo as perdas por espessura excessiva, transporte, aplicação, manuseio da argamassa e reguamento. As perdas referentes à espessura excessiva foram inferiores ao conjunto das demais perdas em todas as obras. Comparando os resultados de perdas por espessura excessiva obtidas a partir do acompanhamento da produção com os resultados de perdas por espessura excessiva obtidos a partir da medição de espessuras ao longo das fachadas, conforme apresentado na tabela 13, têm-se alguns valores que não coincidem. Isto é devido a menor representatividade oferecida através do registro das perdas considerando uma amostra da fachada em cada obra.

³⁹ As perdas foram registradas em apenas sete empresas devido às dificuldades de coleta na empresa D pela falta de organização e variações no ritmo da execução da obra, que dificultaram a obtenção de dados confiáveis.

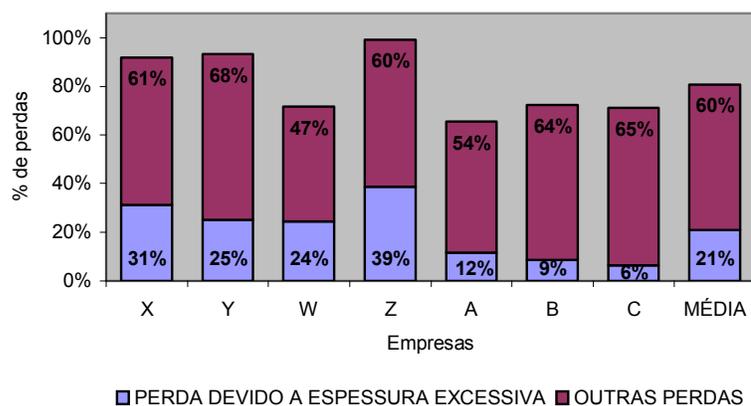


Figura 85: Perdas de argamassa nas empresas

O cálculo da variação da espessura executada sobre a especificada pelas empresas abrange o maior número de pontos possíveis nas fachadas (tabela 13), representando apenas as perdas por espessura excessiva, enquanto que, os índices de perdas obtidos através de observações e registros durante a aplicação do revestimento de argamassa possibilitam uma investigação mais aprofundada das causas das perdas. Por esse motivo parece contraditório a empresa A ser apontada como a de melhor desempenho em termos de espessuras (distribuição de espessuras dentro dos valores recomendados pela NBR 13749) e ser a que apresentou o maior índice de perda. Além disso, o valor usado para cálculo das perdas na empresa A foi 2,00 cm, por ser este o valor definido pela empresa.

Poderia se fazer o registro das perdas através de acompanhamento da produção em momentos distintos da fachada (diferentes locais) para se conseguir uma convergência nos resultados. Os dois métodos de registro são importantes para se obter conclusões sobre as perdas, pois apontam a dispersão das espessuras e também a dispersão dos outros tipos de perdas (que incluem transporte, manuseio da argamassa, abastecimento dos andaimes, etc.).

Os altos valores de perdas surpreenderam os engenheiros e diretores de empresas envolvidas, uma vez que nenhuma delas realizava qualquer tipo de monitoramento desta natureza.

Em trabalhos anteriores, ao calcularem as perdas de materiais na produção de revestimento de argamassa, foram considerados indicadores parciais de perdas, tais como a variação da espessura executada em relação à especificada (SOIBELMAN, 1993; AGOPYAN et al., 1998; PALIARI et al., 1999) e a variação no consumo de cimento por m³ de argamassa produzida (AGOPYAN et al., 1998; PALIARI et al., 1999). Essas pesquisas concluíram que as perdas geradas pela variação das espessuras tendem a ser maiores que as perdas ocasionadas pela variação no consumo de cimento. No estudo de Paliari et al. (1999) as sobre-espessuras dos revestimentos representaram em média 82% da perda global.

Dando continuidade aos estudos de consumo de materiais e da incidência de perdas de materiais na produção de revestimentos de argamassa, Paliari et al. (2001) concluíram, ao estudar quatro

canteiros de obra, que a parcela de perdas relativa ao entulho se mostrou tão significativa quanto à parcela de argamassa que fica incorporada em excesso ao substrato, representando 56% da perda.

Ressalta-se que os índices de perdas obtidos nas pesquisas anteriores (AGOPYAN et al., 1998; PALIARI et al., 1999) foram calculados a partir do consumo de cimento na produção das argamassas de revestimento externo, enquanto que nesta dissertação os índices de perdas foram obtidos através do acompanhamento da quantidade de argamassa recebida e utilizada, conforme explicado no item 4.4.1.3.

O objetivo principal em se ter dados de perdas é que estas informações auxiliem na gestão da obra e na melhoria dos processos, não sendo necessário ter uma quantidade grande de dados nem que esses sejam estritamente precisos. É importante que as empresas tenham noção dos índices de perdas nos seus canteiros de obras, para assim buscarem melhorias. Os resultados de perdas encontrados mostraram que os índices ainda são altos, com valores e causas parecidas com as de estudos anteriores. Os estudos de Soibelman (1993) em cinco canteiros indicaram perda de argamassa pré-misturada no valor de 91% e os resultados de Agopyan et al. (1998) em oito obras apontaram o valor de 60% de perda de argamassa industrializada. Além dos valores ainda serem altos, poucas medidas vêm sendo tomadas para mudança deste quadro.

6.1.4.3 Manifestações patológicas nos revestimentos recentemente concluídos

Após o levantamento em todas as edificações estudadas constatou-se a existência de manifestações patológicas em quatro delas. As fissuras desta natureza podem ser prejudiciais conforme a quantidade e intensidade das aberturas, comprometendo o desempenho do revestimento quanto à estanqueidade à água e durabilidade, além de gerar desconforto para seus usuários.

Os resultados do levantamento de manifestações patológicas nos revestimento de argamassa são ilustrados na figura 86, encontradas em quatro das oito edificações. Essas quatro empresas utilizaram argamassas mistas de cimento e cal. A maioria das fissuras encontradas foram provenientes de retração nas argamassas, conseqüência da falta de controle no sistema produtivo. Outra relação a ser evidenciada é que nas obras das empresas A e X houve variação do traço especificado em relação ao efetivamente executado, ou seja, nestas obras as argamassas foram confeccionadas com quantidades de materiais diferentes das especificadas pelas empresas. Ressalta-se que os levantamentos foram realizados nos mesmos empreendimentos estudados, os quais ainda se encontravam em construção.

As preocupações das variações nas quantidades de materiais usados nas misturas para confecção das argamassas que ocorreram nas empresas X, W, A e C se dão principalmente devido às conseqüências dessas variações e do comportamento combinado dos materiais da mistura. Por exemplo, variações nas quantidades de cal hidratada afetam o desempenho do revestimento, podendo provocar o aparecimento de manifestações patológicas, pelo fato das argamassas feitas com esse material serem mais sensíveis às falhas do processo, como erros de proporcionamento

dos materiais e qualidade das cales, além de influenciar na trabalhabilidade das argamassas e assim na produtividade das equipes.

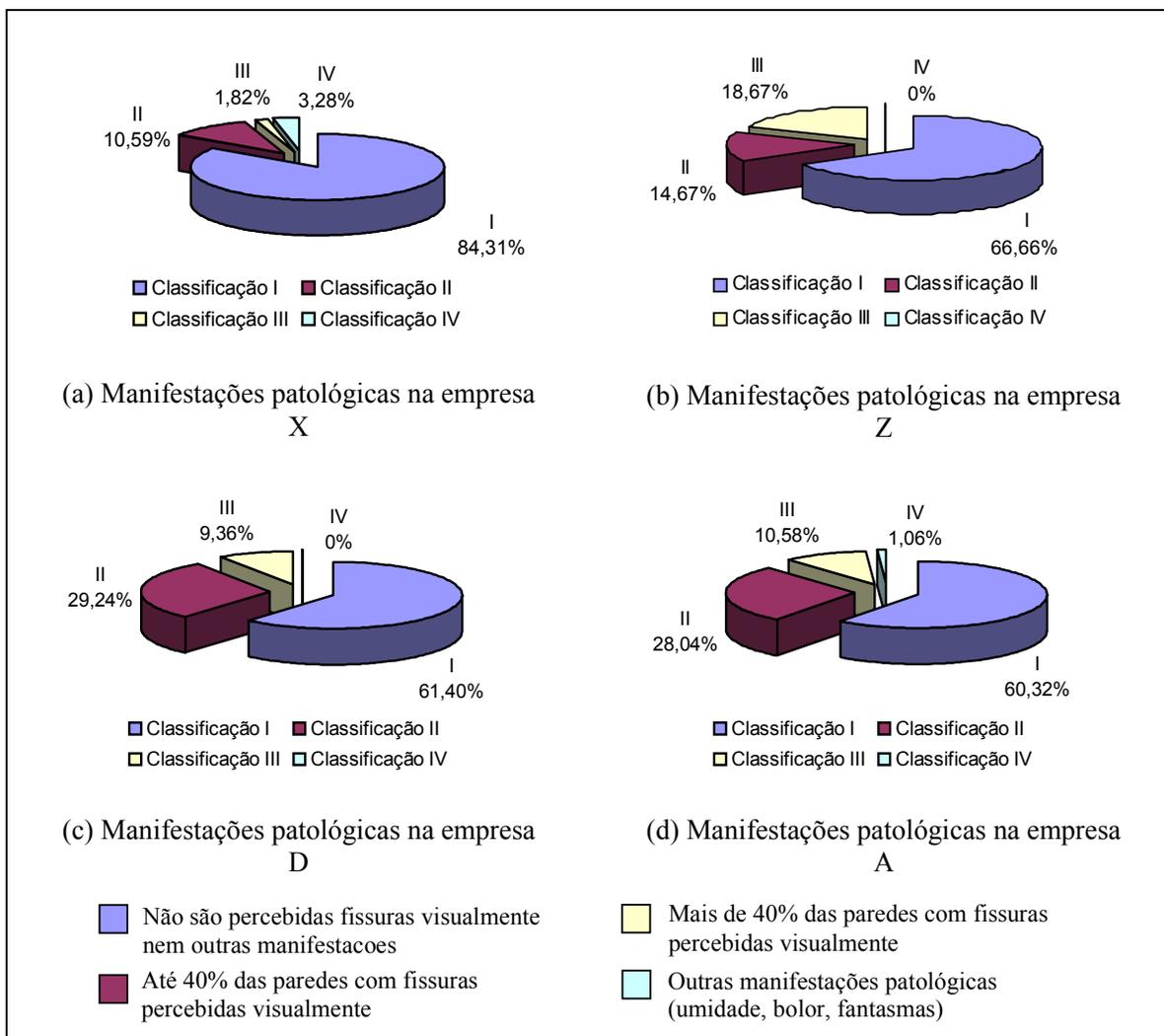


Figura 86: Incidência de manifestações patológicas nas obras

A figura 86 mostra que em 39,68% das paredes analisadas do empreendimento da empresa A havia manifestações patológicas, sendo 28,04% fissuras percebidas em menos de 40% da área das paredes. Dentre as quatro obras que apresentaram manifestações patológicas nas fachadas revestidas com argamassa, o empreendimento da empresa A foi o que apresentou uma maior intensidade de paredes com esses problemas. A figura 87 ilustra uma parede externa com manifestações patológicas ocorridas nos empreendimentos da empresa A.



Figura 87: Fissuras em paredes externas na edificação construída pela empresa A



Figura 88: Fissuras na fachada do empreendimento Z

Na empresa Z, como já dito, buscando aumentar a produtividade, os pedreiros executavam o revestimento de fachada de argamassa sem realizar a atividade de desempeno. A realização do desempeno, com movimentos circulares da desempenadeira na superfície do revestimento de argamassa, auxilia no fechamento de possíveis aberturas formadas pelo reguamento e contribui para a criação de nata superficial no revestimento. Porém, como todo o revestimento final das paredes externas nesta edificação foi executado com pastilhas cerâmicas, a possibilidade de problemas é diminuída, mas não eliminada. A figura 88 apresenta fissuras na fachada do empreendimento Z.

Um estudo sobre as manifestações patológicas em revestimentos externos de argamassa em edificações de um conjunto habitacional popular na cidade de Caxias do Sul – RS, realizado por Segat (2005), apontou em 1788 planos de fachadas originais (sem intervenções) do conjunto habitacional um total de 2303 incidências de manifestações patológicas nos revestimentos. Os resultados indicaram que a maior incidência foi de fissuras disseminadas, representando 50,72%, seguida das vesículas (17,72%), manchas de umidade por respingos (9,12%) e das fissuras mapeadas (7,43%).

Embora essas edificações avaliadas possuam um maior tempo de exposição e de utilização, percebe-se que, da mesma forma que nos estudos nas quatro edificações desta dissertação (empresas X, Z, A e D), as fissuras foram as manifestações patológicas de maior incidência.

6.1.5 Custos das perdas

A tabela 14 apresenta os custos das perdas geradas no processo de execução de revestimento de fachada de argamassa registradas em sete empresas. Percebe-se que, em média, as perdas de mão-

de-obra são maiores que as perdas de materiais e de transporte do entulho gerado.

Pela tabela 14 tem-se que o custo estimado médio das perdas no revestimento de fachada de argamassa nas sete empresas foi de R\$13.891. Salienta-se que não foram consideradas nos cálculos as perdas de mão-de-obra referentes aos operários da central de argamassa, pois não foi possível medir a parcela de tempo dos mesmos despendida apenas para a produção de argamassa de revestimento de fachada.

Tabela 14: Resumo dos custos e das perdas no processo de execução de revestimentos

Empresa	Tipo de argamassa	Área total (m ²) ¹	Custo das perdas (R\$)	Perda material (%)	Perda de MO ² (%)	Perda transporte do entulho (%)	Custo das perdas (R\$/m ²)
X	Feita em obra	2.366	15.862	44,7	52,6	2,7	6,70
Y	Industr.	2.567	25.574	57,2	40,7	2,1	9,96
W	Feita em obra	918	6.416	34,0	64	2,0	6,99
Z	Feita em obra	1.761	15.375	35,2	63,1	1,7	8,73
A	Feita em obra	2.124	13.361	32,4	65,0	2,6	6,29
B	Industr.	515	3.814	47,9	50,0	2,1	7,41
C	Feita em obra	3.605	16.828	39,7	57,0	3,3	4,67
Média		1.979	13.891	43,4	54,2	2,4	7,02

¹ Área total de revestimento de fachada de argamassa em cada edificação em estudo.

² Foram considerados encargos sociais no valor de 130%.

Dentre as perdas citadas na tabela 14, os maiores percentuais referem-se às perdas de mão-de-obra (em média 54,2%). Entretanto, a perda média referente ao consumo de materiais registrada nas sete empresas foi de 43,4%, valor este muito superior ao índice de 10 a 15% comumente utilizado nas composições de custo na elaboração de orçamentos, como previsão para a ocorrência de perdas (PINTO, 1989). Essa perda reflete diretamente nos custos da empresa, já que este material é normalmente fornecido pela mesma e não pelos empreiteiros de mão-de-obra.

No estudo realizado por Bulhões (2001) no processo de produção de alvenaria de blocos, o custo das perdas de material e mão-de-obra foi, respectivamente, 48,1 e 51,9%, na obra A, e 34,3 e 65,7%, na obra B. Ou seja, neste estudo, as perdas de mão-de-obra foram superiores às de materiais, indicando que a proporção entre os tipos de perdas pode ser diferente em função da natureza dos diferentes processos.

6.2 AVALIAÇÃO GERAL DO MÉTODO PROPOSTO

O método utilizado no desenvolvimento deste trabalho reúne um conjunto de ferramentas encontradas na bibliografia sobre a análise de processos. Também, algumas ferramentas foram adaptadas para utilização no processo em estudo e ainda outras foram criadas com o objetivo de facilitar a obtenção das informações de acordo com as diferentes situações nas obras estudadas. As ferramentas criadas foram as planilhas para registro do traço das argamassas e controle do consumo de materiais. As demais ferramentas foram adaptadas.

O presente trabalho buscou desenvolver um método que reunisse um amplo conjunto de dados, tanto qualitativos quanto quantitativos: mapeamento do processo, verificação de boas práticas, medição de produtividade, medição de perdas de materiais e de mão-de-obra e diagnóstico de manifestações patológicas.

O método de avaliação proposto nesta dissertação foi aplicado em oito canteiros de obras com diferentes características no processo estudado. A aplicação das ferramentas foi realizada pela própria pesquisadora com auxílio de um bolsista de iniciação científica cuja disponibilidade de tempo para a pesquisa era de um turno por dia durante os cinco dias úteis da semana. Também, ocasionalmente, a obtenção de alguns dados através do preenchimento de planilhas foi realizada com apoio de pessoas das obras, tais como, operários, engenheiros, mestre de obras, técnicos e estagiários.

Para a constatação de sua aplicabilidade é necessário que as próprias empresas o utilizem, já que se propõe que este método seja utilizado por elas. Para tal, reconhecendo o grande tempo necessário para sua completa aplicação, sugere-se que cada empresa pondere quais itens ela julgue como de menor importância e elimine do método. Ainda, é sugerido que para sua completa aplicação na obra haja o comprometimento das pessoas que participam do processo de modo a facilitar o registro dos dados. As várias planilhas a serem preenchidas podem ser divididas entre os diferentes intervenientes do processo, reduzindo assim o trabalho. O gerente da obra com auxílio de um estagiário, do mestre de obras ou do encarregado do serviço, devem coordenar a aplicação das ferramentas.

A figura 89 ilustra a versão final do método de avaliação do processo de execução de revestimentos de argamassa proposto nesta dissertação.

A aplicação das ferramentas resulta em dados qualitativos e quantitativos com os quais se pode julgar o desempenho do item analisado. Com os resultados, satisfatórios ou insatisfatórios, baseando-se em resultados de outras obras da empresa ou de outras empresas ou em valores de referência dispostos, por exemplo, em manuais, a empresa obtém informações para decidir se deseja realizar alterações nos subprocessos para obtenção de melhorias. Também, é possível a realização de *benchmarking* através da investigação das melhores práticas realizadas por diferentes empresas para captação e entendimento dos melhores desempenhos conseguidos nos processos da construção, o que pode acontecer, inclusive, através da interação entre empresas da mesma área.

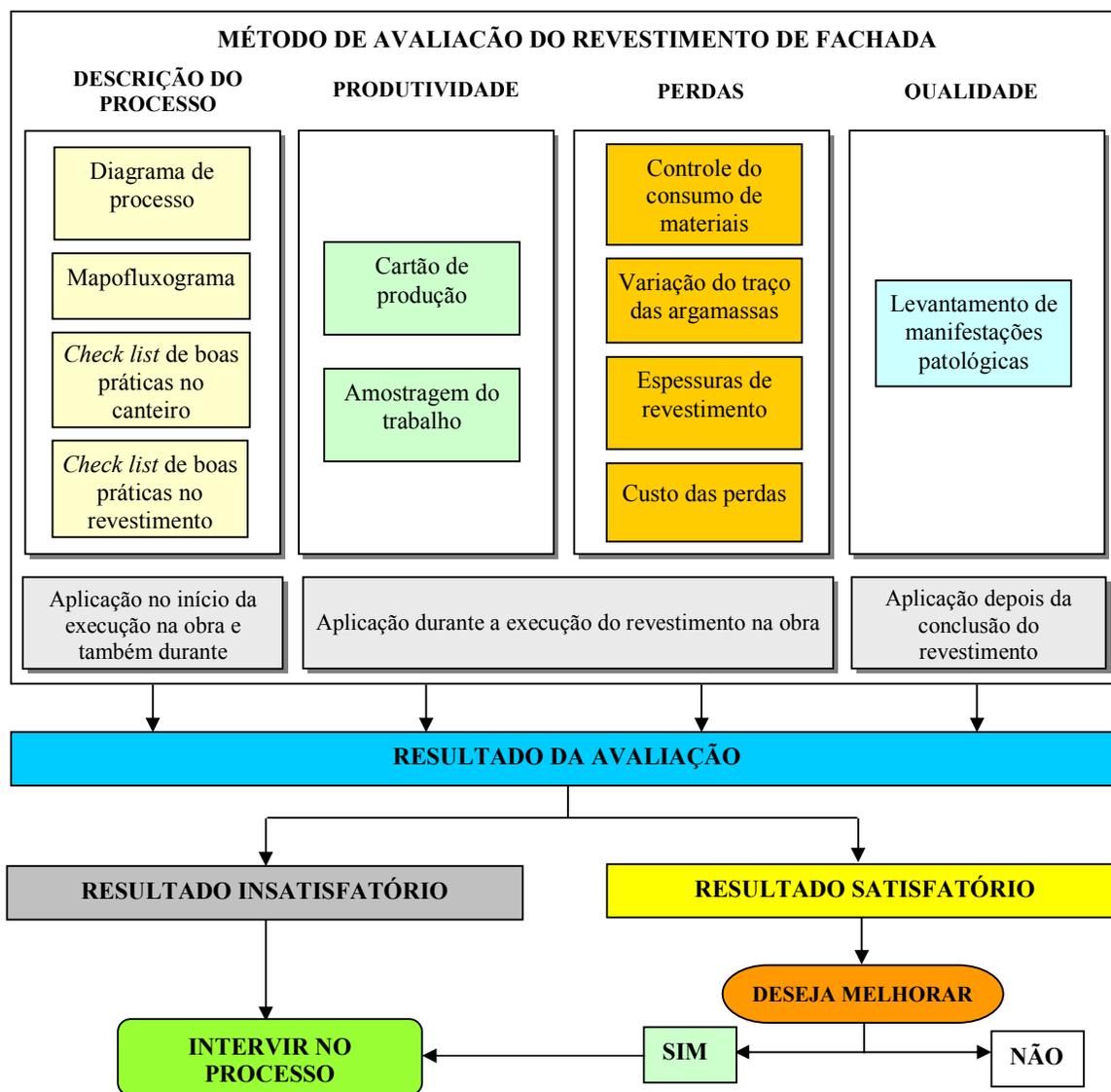


Figura 89: Método de avaliação do processo de execução de revestimentos de argamassa de fachada

Com a aplicação das ferramentas nas oito empresas participantes, foi possível constatar que alguns resultados podem só fornecer retorno à empresa depois de completada algumas semanas de aplicação das ferramentas, proporcionando assim um *feedback* com longo ciclo de duração. Assim, deve ser entendido pelas pessoas que coordenam a avaliação dos resultados que não necessariamente é preciso que todo o método seja concluído para só depois disso a empresa utilizar os resultados que já estiverem e, portanto, fornecer *feedback* para as pessoas responsáveis pelas atividades individuais na busca de melhorias nos pontos problemáticos ou mudanças em atividades com desempenho insatisfatório.

Também, alguns resultados só trazem efeito ou só poderão gerar informações para melhoria do processo nos próximos empreendimentos construídos pelas empresas, isto é, com os indicadores

gerados a empresa terá conhecimento do desempenho indesejado do item analisado, mas não poderá agir de forma efetiva na melhoria. Como exemplo desta dificuldade de mudança ainda durante a execução do revestimento cita-se a definição das espessuras finais, as quais dependem fortemente da regularidade do esquadro e do prumo das estruturas e alvenarias. Entretanto, o levantamento e conhecimento dos locais na fachada com espessuras críticas alerta os gestores da obra a terem mais atenção e controle nesta fase da execução e possivelmente podendo, dessa forma, buscarem a obtenção de valores dentro dos limites da norma de revestimento, sempre que possível.

Embora a figura 89 represente a intervenção no processo ao final da completa avaliação da produção do revestimento de fachada de argamassa, é possível que as mudanças no processo possam ser feitas ainda com o estudo sendo realizado.

6.2.1 Diretrizes e sugestões para implementação do método proposto

Algumas diretrizes e sugestões são apresentadas neste item para facilitar a implementação do método de avaliação proposto. Uma parte dos pontos evidenciada foi identificada somente durante a aplicação das ferramentas.

6.2.1.1 Definir as pessoas da obra e da empresa que participarão da coleta dos dados

Antes de iniciar a aplicação do método na obra, a empresa deve definir as pessoas envolvidas na coleta dos dados. A coleta de alguns dados consome tempo, sendo necessário que, na escolha das pessoas responsáveis por esta tarefa, seja considerada a facilidade e o contato entre essa pessoa e a atividade a ser observada. Esta tarefa deve ser dividida entre várias pessoas da obra.

É fundamental que os gestores da obra proporcionem meios que facilitem a aplicação do método, com o adequado preenchimento das planilhas que auxiliam no registro das informações, para que os dados tenham confiabilidade. Por exemplo, para a coleta dos dados para obtenção dos índices de perdas de materiais a empresa pode disponibilizar para os operários que confeccionam a argamassa, colocado ao lado dos equipamentos de mistura na central de argamassa, na parede, um quadro branco e canetas para que eles registrem diariamente a quantidade de material produzida e fornecida para o serviço de revestimento de fachada na obra. Também, para a coleta dos dados de produtividade, o mestre, encarregado ou pedreiros podem registrar a produção diária executada e a espessura de cada plano executado da fachada.

6.2.1.2 Treinar as pessoas que irão coletar os dados

Já que os dados certamente serão coletados por diferentes pessoas dentro da obra, quer sejam funcionários da empresa, quer sejam trabalhadores terceirizados, é muito importante que seja oferecido um treinamento para essas pessoas. Para que os dados tenham confiabilidade, o

treinamento das pessoas que irão coletá-los deve contemplar instruções-chaves para que, caso tenha mais de uma pessoa envolvida na obtenção das informações sobre o mesmo subprocesso, haja padronização na forma de coleta. Além disso, deve ser evidenciada a importância do efetivo envolvimento dessas pessoas para que o sistema de avaliação do processo tenha sucesso.

Dessa forma, a empresa construtora deve desenvolver e realizar o treinamento das pessoas responsáveis pelo registro dos dados e, principalmente, destacando aspectos ligados ao correto preenchimento das planilhas. O método de avaliação do processo de revestimento de fachada deve ser apresentado e explicitado cada item que o compõe, com a importância de cada informação, seus benefícios, cuidados a serem tomados durante as observações e os objetivos da obtenção dos dados. Durante a realização da avaliação é necessário que o estagiário ou outra pessoa disponível ligada à gestão da obra realize um acompanhamento para verificação do registro dos dados, quando isso seja feito por operários. Assim, é extremamente importante conferir e cobrar o preenchimento das planilhas por parte dos operários.

6.2.1.3 Definir um plano de aplicação do método

O método de avaliação do processo de revestimento de fachada proposto neste trabalho sendo aplicado em oito canteiros de obras foi aplicado pela pesquisadora com auxílio de um estagiário, como já relatado, seguindo um plano de coleta elaborado segundo as particularidades das diferentes empresas. As empresas que forem utilizar o método proposto devem definir o plano de aplicação levando em consideração suas facilidades e dificuldades, buscando sempre otimizar a realização da aplicação.

Esse plano de coleta deve envolver a ordem de aplicação das ferramentas, a definição do intervalo de retorno das informações, dos responsáveis pelas coletas, dos responsáveis pelo gerenciamento da aplicação do método e pela análise dos resultados.

6.2.1.4 Definir a forma de análise e de utilização dos dados

De nada adianta a empresa coletar dados se não irão utilizar para a melhoria das atividades do processo. Entre as diversas formas de utilização das informações obtidas durante o processo de avaliação, Santos (1995) destaca a divulgação das fontes de ineficiências encontradas através da realização de seminários e cursos de treinamento. Também, segundo esse autor, durante os cursos e seminários deve-se realizar um plano de ação para solução dos principais problemas localizados, no qual devem ser estabelecidos as responsabilidades e prazos que podem garantir o sucesso da implantação das melhorias.

Santos (1995) afirma também que, para efetivar a implementação de soluções aos problemas encontrados, é necessário criar uma atmosfera de implantação conseguida através de cursos de treinamento e seminários.

Depois de obtidos os resultados a empresa pode utilizar os dados e compará-los com os obtidos em estudos realizados em outra obra da própria empresa ou de outras empresas. Pode-se também usar referências oferecidas em manuais técnicos ou normas de execução. Para facilitar o entendimento e visualização dos resultados pelos funcionários a empresa pode utilizar durante a exposição imagens do processo, registradas por meio de fotografias exemplificando boas e más práticas, e gráficos com os indicadores coletados.

6.2.1.5 Utilizar os indicadores gerados para melhoria contínua

O método de avaliação proposto gera alguns indicadores de desempenho referentes ao processo de execução de revestimento de fachada de argamassa. Esses indicadores podem ser organizados num banco de dados da empresa de forma que as informações permanecerão documentadas e poderão ser consultadas a qualquer momento pelos funcionários da empresa.

A existência de indicadores permite que a empresa compare seu desempenho com outras empresas do setor e avalie seu nível de competitividade, estabelecendo metas para melhoria contínua. Com o uso dos indicadores a empresa obtém visibilidade do seu desempenho, identifica problemas de desvio em relação a algum padrão estabelecido, nos quais podem ser priorizadas as ações de melhoria nos pontos problemáticos ou de melhoria através de metas estabelecidas pelos indicadores. A mudança no desempenho do processo pode ser realizada através do desenvolvimento de um processo de melhoria contínua, com melhorias incrementais, as quais são geralmente conseguidas com pequenos investimentos.

6.3 RESUMO DAS BOAS PRÁTICAS ENCONTRADAS

Depois da identificação de alguns problemas relacionados ao processo de execução de revestimentos de fachada de argamassa, apresenta-se algumas diretrizes para obtenção de melhoria no processo em estudo a partir da identificação de boas práticas realizadas nos canteiros de obras das oito empresas estudadas.

As boas práticas apresentadas não são necessariamente inéditas, mas se referem a ações efetivamente aplicadas nos canteiros pelas empresas evidenciando ações que podem ser facilmente disseminadas por outras empresas sem exigir grandes esforços ou grandes investimentos financeiros. Considera-se que as empresas encontram maior facilidade para incorporar melhorias que já tenham sido testadas e aprovadas em outras empresas. A incorporação destas melhorias, adaptadas às condições econômico-financeiras, à cultura técnica e à estratégia de produção de cada empresa, poderá levar a ganhos de produtividade, reduzindo o esforço necessário para o desenvolvimento de novas soluções e melhorando o desempenho nos processos.

A figura 90 apresenta de forma resumida a quantidade de boas práticas encontradas nas empresas. Percebe-se que as empresas Y, C e D são as que apresentaram o maior número de boas práticas, podendo ser atribuído pelo envolvimento destas em programas de qualidade há vários anos.

As empresas X, Y e D são as únicas que possuem certificação de qualidade e que, dessa forma, possuem uma melhor sistemática de procedimentos e de controle, quando comparadas às demais.

BOAS PRÁTICAS	EMPRESAS							
	X	Y	W	Z	A	B	C	D
Contratação de mão-de-obra própria na central de argamassa							x	x
Melhor dimensionamento das equipes de produção			x		x		x	x
Confecção de painéis para treinamento da mão-de-obra		x						
Uso de embalagens inteiras para dosagem dos aglomerantes			x					x
Uso de betoneira com carregador e carrinhos dosadores para proporcionamento dos materiais constituintes da argamassa								x
Dosagem racional da argamassa de revestimento em laboratório especializado	x			x			x	x
Confecção de painéis protótipos para escolha dos traços das argamassas de revestimento				x				
Uso do equipamento de transporte guincho de coluna externo							x	x
Testes para avaliação da aderência do revestimento pronto	x	x						x
Planejamento e acompanhamento do processo de execução do revestimento		x						
Uso de telas galvanizadas para reforço da camada de revestimento		x	x					x
Sistema de reaproveitamento e contenção de argamassa em andaimes suspensos							x	
Uso de andaimes suspensos motorizados		x						x
TOTAL	2	5	3	2	1	0	5	9

Figura 90: Quantidade de boas práticas nas empresas

Na empresa B não foi registrada nenhuma boa prática. Isto pode estar relacionado ao pequeno tempo de atuação desta empresa no mercado da construção, tendo a mesma um maior destaque na área de projetos. Já a empresa D apresentou o maior número de boas práticas e também obteve um dos melhores desempenhos avaliados pelas listas de verificação de boas práticas de canteiro e de revestimento.

As boas práticas são apresentadas nas figuras a seguir, com a justificativa da ação, os investimentos para sua aplicação e os benefícios conseguidos com a prática. Trata-se de diretrizes para melhoria do processo de execução de revestimentos envolvendo ações que foram identificadas nas empresas em estudo.

As figuras 91, 92 e 93 apresentam boas práticas relacionadas à mão-de-obra. A figura 91 apresenta uma boa prática na contratação da mão-de-obra da central de argamassa, com ênfase na responsabilidade da equipe de produção de argamassa no cumprimento das especificações da mistura como uma prática recomendável para prevenir a variabilidade excessiva na produção. O investimento para essa prática de contratação de um betoneiro diretamente pela empresa (220

horas no mês) é de R\$1.008,80⁴⁰ ou, alternativamente, pagamento de adicional como contrapartida da responsabilidade delegada a um operário contratado pelo empreiteiro, com valor a combinar.

IDENTIFICAÇÃO DA PRÁTICA	Contratação de mão-de-obra própria para o cargo de betoneiro ou delegação e motivação de um funcionário como responsável pela central de argamassa (empresas C e D)
JUSTIFICATIVA	<p>O uso dessa prática é para evitar que operários da central de argamassa modifiquem por conta própria os traços das misturas procurando facilitar a produção, como, por exemplo, na substituição de recipientes de dosagem grandes e pesados por recipientes menores e mais leves, no ajuste da produção para atender a reclamações dos operários aplicadores da argamassa, na necessidade de produção de pequenas quantidades de argamassa, na necessidade de grandes volumes de produção de argamassa em pouco tempo, entre outras motivações</p> <p>O indicador de sucesso dessa prática foi a constância do traço de argamassa especificado pela empresa. Antes da adoção desta prática foi verificada uma variação no traço na empresa C (especificado: 1: 5, de cimento e areia / executado: variação de 1: 3,5 até 1: 6, com média de 1: 4,67), entretanto após a adoção da prática, através de várias verificações na central de argamassa, não foi mais observada a mudança, por parte dos operários, nas especificações estabelecidas e conseqüentemente se obteve uma constância na produção das misturas</p>
BENEFÍCIOS	Garantia de maior confiabilidade na produção das argamassas

Figura 91: Boa prática na contratação de mão-de-obra para central de argamassa

IDENTIFICAÇÃO DA PRÁTICA	Melhor dimensionamento das equipes de produção (proporção servente:pedreiro) (empresas W, A, C e D)
JUSTIFICATIVA	<p>Estudos de amostragem do trabalho demonstraram que os serventes ficam uma parte representativa do tempo na obra ociosos. Este fato não é decorrente da negligência dos serventes, mas do mau dimensionamento das equipes de execução do revestimento, normalmente formada por um servente para cada pedreiro</p> <p>O indicador utilizado para este julgamento foi o percentual de tempos improdutivos dos serventes nas obras estudadas. Os resultados obtidos indicaram que, para as empresas que adotaram a proporção 1: 1, o melhor índice de improdutividade foi de 73,76% enquanto que nas empresas com a proporção 1: 2 o melhor índice obtido foi de 55,56%, o que comprova uma redução da ociosidade dos serventes no processo de produção de revestimentos com esta configuração</p>
BENEFÍCIOS	<p>Economia de 1 servente para cada 2 pedreiros</p> <p>Custo de um servente (220 horas): R\$825,00/mês⁴¹</p>

Figura 92: Boa prática no dimensionamento das equipes de produção do revestimento

Entre os vários fatores que influenciam na qualidade dos revestimentos em argamassa está a mão-

⁴⁰ Valor pago por empresa de construção de Porto Alegre em 2004, incluindo os encargos sociais.

⁴¹ Valor pago por empresa de construção de Porto Alegre em 2004, incluindo os encargos sociais.

de-obra de execução. Daí a necessidade de treinamento das equipes de produção, o qual pode ser feito com a prática da confecção de painéis para a realização das instruções, conforme descrito na figura 93. O investimento para a adoção desta prática é mínimo, uma vez que pode ser feito pelo próprio engenheiro da obra utilizando os mesmos materiais que serão aplicados no revestimento. A determinação desta ação como boa prática se deu a partir de recomendações de técnicos, projetistas e pesquisadores na área de revestimento de fachada, as quais vem sendo fortemente discutida nos principais eventos⁴² relacionados às argamassas de revestimento.

IDENTIFICAÇÃO DA PRÁTICA	Confecção de painéis para treinamento da mão-de-obra (empresa Y)
JUSTIFICATIVA	A rotatividade da mão-de-obra na construção civil é elevada, principalmente quando as empresas construtoras terceirizam as atividades de execução dos serviços, desestimulando investimentos em treinamento por parte das empresas, causando ainda interrupções no processo de aprendizado informal que ocorre no canteiro A falta de treinamento afeta a qualidade e a produtividade de execução dos serviços
BENEFÍCIOS	Redução de desperdício de materiais e mão-de-obra, redução de retrabalhos decorrentes de erros na execução e maior uniformidade e qualidade na execução dos serviços Melhores condições para a implementação de procedimentos de serviço prescritos pela empresa Menor variabilidade do tempo de execução de serviços a partir da maior uniformidade na realização de procedimentos executivos

Figura 93: Boa prática na confecção de painéis para treinar mão-de-obra

As boas práticas relacionadas à produção das argamassas estão apresentadas nas figuras 94 e 95. Para a redução de perdas de materiais e para a minimização da variabilidade na produção das argamassas, a partir da maior uniformidade nas quantidades dos aglomerantes, apresenta-se a prática de utilização de embalagens inteiras dos aglomerantes na figura 94. A partir de observações nos oito canteiros de obra, foi constatada a perda de material gerada pela adoção de traços com medidas fracionadas dos aglomerantes.

⁴² Simpósios Brasileiros de Tecnologia de Argamassa, realizados desde 1995.

IDENTIFICAÇÃO DA PRÁTICA	Uso de embalagens inteiras para dosagem dos aglomerantes (empresas W e D)
JUSTIFICATIVA	A prática do proporcionamento dos materiais constituintes da argamassa em volume não exige necessariamente a medição do aglomerante em volume, a qual acarreta o manuseio dos aglomerantes a granel, com perdas de material e, eventualmente, alteração de suas propriedades Através de julgamento qualitativo com observações nas obras, verificou-se a existência de perdas de aglomerante devido ao uso a granel de cimento (empresas X, Z, A e C) Também, a NRB 7200 recomenda que as dosagens sejam feitas considerando como referência o consumo de sacos inteiros do aglomerante
BENEFÍCIOS	Redução de perdas de aglomerantes resultantes do seu manuseio fracionado Garantia de maior constância no proporcionamento das argamassas

Figura 94: Boa prática na dosagem dos aglomerantes

Para a utilização da prática apresentada na figura 95 não é necessário manter na central de argamassa dois operários para carregarem uma padiola, sendo necessário um operador para cada equipamento de mistura. Ressalta-se que o equipamento adequado para a mistura de argamassa é a argamassadeira, entretanto como o emprego deste equipamento não é usual nos canteiros de obra, a utilização da betoneira com carregador surge como inibidor da resistência ao seguimento dos procedimentos de produção estabelecidos pelas empresas. O carrinho dosador pode ser facilmente adaptado a partir de carrinhos de mão tradicionais.

IDENTIFICAÇÃO DA PRÁTICA	Uso de betoneira com carregador e carrinhos dosadores para proporcionamento dos materiais constituintes da argamassa (empresa D)
JUSTIFICATIVA	Esse sistema evita a resistência ao uso dos recipientes padronizados e definidos pela empresa para a proporção dos materiais, além de reduzir o esforço e o número de operários envolvidos na atividade A determinação desta ação como boa prática foi feita a partir de constatações, nas empresas que confeccionavam argamassa em obra (6 empresas), da variação dos traços executados. Esta verificação indicou que apenas a empresa que utilizou betoneira com carregador e carrinhos dosadores não apresentou variações nos traços especificados
BENEFÍCIOS	Garantia de maior confiabilidade na confecção das argamassas, podendo-se obter menor variabilidade em relação aos traços especificados Ao reduzir o esforço exigido dos operários pode-se esperar uma frequência menor de lesões e afastamentos

Figura 95: Boa prática no uso de betoneira com carregador e carrinhos dosadores

As figuras 96 e 97 apresentam boas práticas relacionadas à concepção do revestimento de argamassa. A prática da realização de dosagens racionais de argamassa de revestimento, em laboratório especializado, na escolha dos traços a serem utilizados nas obras deve seguir critérios

e requisitos relacionados às reais condições de utilização, ou seja, é necessário que para cada obra sejam estudados os traços mais adequados. O custo de uma dosagem racional em laboratório especializado é de aproximadamente R\$900,00⁴³.

IDENTIFICAÇÃO DA PRÁTICA	Dosagem racional da argamassa de revestimento em laboratório especializado (empresas X, Z, C e D)
JUSTIFICATIVA	A dosagem racional da argamassa em laboratório especializado é necessária para o conhecimento e controle das suas propriedades tecnológicas e, portanto, das condições adequadas à sua utilização
BENEFÍCIOS	Pode levar a uma redução no consumo de insumos na produção da argamassa Definição de parâmetros para o controle da produção da argamassa, no sentido da obtenção de propriedades especificadas

Figura 96: Boa prática na dosagem racional da argamassa

A boa prática na escolha dos traços das argamassas de revestimento é feita através da avaliação de painéis protótipos no canteiro de obra, sendo apresentada na figura 97. O investimento necessário é variável, pois depende do número de sistemas de revestimento testados e do procedimento de avaliação definido. A determinação desta ação como boa prática se deu a partir de recomendações de técnicos, projetistas e pesquisadores na área de revestimento de fachada, as quais vem sendo fortemente discutida nos principais eventos⁴⁴ relacionados às argamassas de revestimento.

IDENTIFICAÇÃO DA PRÁTICA	Confecção de painéis protótipos para escolha dos traços das argamassas de revestimento (empresa Z)
JUSTIFICATIVA	O número elevado de variáveis envolvidas na escolha de um sistema de revestimento de argamassa que compatibilize todas as condições exigidas e sua variabilidade de obra para obra torna inviável a realização de estudos de aplicação geral, tornando mais eficiente e econômico o estudo de protótipos do sistema de revestimento nas condições reais de produção em obra
BENEFÍCIOS	Escolha do sistema de revestimento mais econômico dentre aqueles que apresentem desempenho satisfatório Segurança na escolha de um sistema de revestimento adequado às condições de produção específicas de uma obra, com uma expectativa de menor probabilidade de falhas por incompatibilidade entre base e revestimento

Figura 97: Boa prática na escolha dos traços das argamassas de revestimento

A figura 98 apresenta uma boa prática no transporte da argamassa a ser utilizada na execução de revestimento de fachada, com uso do guincho de coluna externo. O investimento para aplicação

⁴³ Custo do mercado local de Porto Alegre, em maio/2005.

⁴⁴ Simpósios Brasileiros de Tecnologia de Argamassa, realizados desde 1995.

desta prática é de R\$210,00/mês para aluguel ou R\$1.758,30 para compra⁴⁵. Não foi possível coletar nenhum indicador que demonstrasse quantitativamente os benefícios desta prática, entretanto a percepção dos observadores e dos usuários foi que com este equipamento muitos benefícios podem ser obtidos, conforme apresentado na figura 98. O equipamento de transporte de coluna externo pode ser instalado acompanhando o posicionamento dos andaimes suspensos na fachada, movimentando a argamassa verticalmente pelo exterior da edificação.

IDENTIFICAÇÃO DA PRÁTICA	Uso do equipamento de transporte guincho de coluna externo (<i>velox</i>) (empresas C e D)
JUSTIFICATIVA	O revestimento de fachada ocorre simultaneamente a outros serviços que demandam grande movimentação vertical de materiais, exigindo muitas vezes mais que a capacidade do equipamento de transporte vertical pode oferecer. Isso resulta na falha no abastecimento nos andaimes, interrompendo o processo de aplicação da argamassa de revestimento e reduzindo a produtividade da equipe
BENEFÍCIOS	Possibilidade de aumento da produtividade da aplicação da argamassa de revestimento decorrente da redução da ocorrência de falhas no abastecimento do andaime Redução do desperdício de argamassa na movimentação horizontal do interior da edificação para o andaime

Figura 98: Boa prática no uso de equipamento de fornecimento de argamassa

As boas práticas relacionadas ao controle da execução do revestimento estão resumidas nas figuras 99 e 100. As verificações e controles realizados durante a execução do revestimento de argamassa são focalizados na avaliação da qualidade do processo de produção do revestimento, permitindo a apreciação de sua eficiência. A determinação da resistência de aderência à tração nos revestimentos deve ser realizada por laboratórios especializados, seguindo os procedimentos de ensaio prescritos pela NBR 13528 (1995a). Os valores obtidos devem ser comparados com os valores prescritos pela NBR 13749 (1996) para julgar a aceitação ou rejeição do revestimento. A figura 99 apresenta alguns benefícios da utilização dessa prática. A determinação desta ação como boa prática levou em consideração recomendações da norma como forma de avaliar o revestimento. Das oito empresas estudadas apenas três realizam este tipo de avaliação no revestimento concluído.

⁴⁵ Custo do mercado local de Porto Alegre, em junho/2004: guincho *velox* trifásico 220/380V, 200 kg, para 30 m com monofreio e caçamba

IDENTIFICAÇÃO DA PRÁTICA	Testes para avaliação da aderência do revestimento pronto (empresas X, Y e D)
JUSTIFICATIVA	A determinação da resistência de aderência à tração é o único ensaio normalizado no Brasil para avaliar objetivamente o desempenho de revestimentos de argamassa, ou seja, para avaliar a qualidade final do produto
BENEFÍCIOS	O ensaio de aderência à tração é um meio objetivo de avaliar a qualidade do revestimento produzido, permitindo identificar situações com maior probabilidade de falhas futuras do revestimento e adotar medidas preventivas adequadas

Figura 99: Boa prática na avaliação do revestimento pronto

O efetivo acompanhamento do processo de preparação da fachada para realização do revestimento não exige obrigatoriamente nenhum investimento financeiro, porém a implementação desta prática, apresentada na figura 100, é facilitada pela utilização de andaimes suspensos motorizados em substituição aos andaimes suspensos mecânicos. Para a definição dessa prática também foi feito o julgamento qualitativo, seguindo as recomendações das normas técnicas e da literatura. Os benefícios conseguidos com a execução desta prática são inquestionáveis, entretanto verificou-se que apenas uma empresa do conjunto estudado efetivamente realizou todas esta ação.

IDENTIFICAÇÃO DA PRÁTICA	Planejamento e acompanhamento do processo de preparação da fachada para revestimento: limpeza e lavagem da base, encunhamento, chapisco, mapeamento e taliscamento de toda a extensão da fachada a ser revestida (empresa Y)
JUSTIFICATIVA	A separação do processo de preparação em etapas bem definidas facilita o controle da qualidade de cada etapa, permite a identificação de falhas no processo antes da realização das etapas subsequentes e impede que elas tenham continuidade dentro do serviço resultando em retrabalhos e perdas de recursos
BENEFÍCIOS	Maior controle sobre a preparação da superfície do revestimento de argamassa, permitindo a prevenção da propagação de falhas na execução do revestimento Controle das espessuras do revestimento, contribuindo para a obtenção de espessuras dentro do limite normalizado (20 a 30 mm) e para a implementação de procedimentos de execução adequados à produção de espessuras superiores, prevenindo o descolamento do revestimento provocado pelo peso de camadas com espessuras grandes

Figura 100: Boa prática no planejamento e acompanhamento do processo de preparação da fachada para revestimento

Nas figuras 101, 102 e 103 apresentam-se boas práticas relacionadas à execução do revestimento de fachada de argamassa. A escolha desta prática se deu através de recomendações da NBR 7200 e de projetistas em revestimentos, como solução para prevenção de problemas futuros.

IDENTIFICAÇÃO DA PRÁTICA	Uso de telas galvanizadas para reforço da camada de revestimento (empresa Y, W e D)
JUSTIFICATIVA	Algumas regiões numa edificação estão mais propensas a sofrerem tensões mais elevadas que outras. Nas fachadas podem ocorrer esforços de tração e de cisalhamento agindo na interface revestimento-base. Assim, é necessário reforçar a camada de revestimento nessas regiões para evitar que o trabalho da estrutura acarrete em fissuras no revestimento
BENEFÍCIOS	Prevenção da ocorrência de fissuras no encontro de materiais com propriedades mecânicas e deformabilidade diferentes na fachada

Figura 101: Boa prática no reforço do revestimento

Outra prática relacionada com a minimização da geração de perdas de materiais durante o processo de execução do revestimento de argamassa, e com o auxílio na sua visualização, é a utilização de um sistema de reaproveitamento e contenção de argamassa nos andaimes suspensos (figura 102).

IDENTIFICAÇÃO DA PRÁTICA	Sistema de reaproveitamento e contenção de argamassa em andaimes suspensos (empresa C)
JUSTIFICATIVA	Durante a aplicação das argamassas de revestimento nas fachadas bastante material é perdido nas atividades de chapar, sarrafear e desempenar ou mesmo no abastecimento dos andaimes com argamassa. Também ocorre o desprendimento e queda de argamassas recém aplicadas quando a adesão inicial é insuficiente A empresa que adotou esta prática obteve o menor índice de perda de materiais, comparado ao valor registrado nas empresas estudadas que possuíam mais de três pavimentos
BENEFÍCIOS	Esta prática proporciona uma redução nos índices de perdas dos materiais que compõem a argamassa e de mão-de-obra para produzir esta argamassa e diminuição na sujeira do ambiente de trabalho

Figura 102: Boa prática no reaproveitamento da argamassa de revestimento

Os benefícios na produção do revestimento de argamassa de fachada da utilização de andaimes com acionamento motorizado são apresentados na figura 103. A empresa deve atentar para o ritmo de produção e transporte da argamassa, pois a velocidade de aplicação do revestimento com o uso de andaimes suspensos motorizados é maior. Deve-se, portanto, analisar cuidadosamente a capacidade de produção dos equipamentos de mistura e de transporte vertical em função do ritmo de execução do revestimento, de modo a evitar tempos ociosos da mão-de-obra esperando o abastecimento dos andaimes. O custo para aluguel de um andaime de acionamento elétrico de 6 m, com montagem e instalação incluídas é de R\$1900,00/ mês⁴⁶.

Para a definição desta prática como boa foram utilizados julgamentos qualitativos e quantitativos. O

⁴⁶ Preço de mercado em Porto Alegre em maio/2005, fornecido por uma empresa usuária do equipamento. Este valor pode variar bastante em função da negociação envolvendo número de equipamentos, tempo de locação, histórico de relacionamento comercial, etc.

melhor resultado de produtividade foi conseguido pela empresa que utilizou este equipamento, com valor de 0,99 HH/m². O melhor resultado obtido por empresa que utilizou andaimes suspensos com acionamento manual foi de 1,04 HH/m², conseguido a partir de um grande ritmo de execução do revestimento, com mão-de-obra contratada com pagamento por quantidade produzida.

Novamente, é importante ressaltar que não se está associando boa prática com existência de inovação tecnológica e sim com ações efetivamente praticadas nos canteiros de obra da construção civil brasileira, que podem imediatamente ser adotadas por qualquer outra empresa de construção, e que, principalmente, estão relacionadas ao cumprimento de recomendações técnicas que não são comumente praticadas.

IDENTIFICAÇÃO DA PRÁTICA	Uso de andaimes suspensos motorizados (elétricos) (empresas Y e D)
JUSTIFICATIVA	<p>A execução de revestimento em fachadas é dificultada pelas suas condições limitadas de trabalho oferecidas pelos andaimes suspensos convencionais, de acionamento manual</p> <p>A movimentação dos andaimes suspensos com acionamento manual é muito lenta, limitando o acesso de gestores do serviço para o controle da qualidade das diversas etapas realizadas na produção do revestimento</p> <p>A dificuldade e baixa velocidade na movimentação dos andaimes interfere inclusive no planejamento das etapas de execução do revestimento, induzindo a um agrupamento de operações sem respeitar prazos técnicos de espera entre etapas do serviço</p> <p>O uso de andaimes suspensos com acionamento manual é limitado para execução de fachadas "cegas", onde a falta de aberturas ou a existência de aberturas pequenas impede o acesso seguro dos trabalhadores ao andaime e o fornecimento de materiais exige soluções especiais de abastecimento</p>
BENEFÍCIOS	<p>Maior produtividade dos operários com menor desperdício de energia na movimentação dos andaimes</p> <p>Maior produção diária de revestimento de fachada de argamassa</p> <p>Facilidade de movimentação do andaime permitindo o planejamento e o controle bem definidos na preparação da superfície a ser revestida</p> <p>Possibilidade do efetivo acompanhamento do serviço pelo engenheiro, mestre de obras, estagiário ou encarregado de revestimento, através de subidas no andaime e verificação das etapas de execução</p> <p>Facilidade de deslocamento na fachada para realizar os procedimentos de aplicação do revestimento obedecendo aos tempos técnicos de execução</p>

Figura 103: Boa prática no uso de andaimes suspensos motorizados

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste último capítulo da dissertação são apresentadas as conclusões do trabalho e as recomendações para estudos futuros, sintetizando as contribuições desta pesquisa para o processo de execução de revestimentos de fachada de argamassa, com base nos estudos realizados nas oito empresas.

7.1 CONCLUSÕES

Esta dissertação se propôs a apresentar uma contribuição à produção de revestimentos de fachada de argamassa em empresas de construção, principalmente no que se refere às causas do baixo desempenho e às oportunidades para melhorias. A seguir apresentam-se as principais conclusões obtidas, buscando responder às questões de pesquisa colocadas. A questão principal de pesquisa "Porque as empresas de construção possuem um baixo desempenho no processo de execução de revestimento de fachada de argamassas e como elas podem melhorar o desempenho neste processo?" foi desdobrada em questões específicas.

Através dos estudos, constatou-se que nenhuma das empresas investigadas teve desempenhos satisfatórios em todos os requisitos que envolvem o processo de produção de revestimento de fachada de argamassa. Algumas empresas apresentaram bom desempenho em alguns determinados itens avaliados, mas desempenho insatisfatório em outros. Por exemplo, a empresa Y apresentou um bom desempenho na produtividade da equipe, na avaliação através das listas de verificação de boas práticas no canteiro e no processo de revestimento e a ausência de manifestações patológicas nos revestimentos. Entretanto, esta empresa apresentou altas perdas de materiais e de mão-de-obra. Percebeu-se que nenhuma das empresas detém domínio em todo o processo. As boas práticas têm, de forma geral, um caráter pontual, tendo um impacto muito limitado no desempenho global. Conclui-se que isto se deve à concentração de prioridades e de esforços em alguns poucos subprocessos que juntos formam o processo de execução de revestimentos de fachada de argamassa, não sendo considerado o sistema completo.

Esta dissertação teve como um dos produtos a elaboração de um método de avaliação do desempenho do processo de produção de revestimento de argamassa, combinando um conjunto de ferramentas de descrição e avaliação de processos que fornecem subsídios para a proposição de melhorias nos pontos julgados problemáticos ou com baixo desempenho. As ferramentas mapofluxograma, diagrama de processo, lista de verificação de boas práticas em canteiro de obras e de boas práticas na execução de revestimentos de argamassa foram utilizadas para descrever o processo. O cartão de produção e a amostragem do trabalho foram utilizados para avaliar a produtividade, enquanto que para a avaliação das perdas foi realizado o controle do consumo de materiais e registrada a variação do traço das argamassas, além do levantamento de espessuras e a análise do custo das perdas. Para avaliar o revestimento pronto foi feito um levantamento de manifestações patológicas.

Mesmo com a difusão dos programas de qualidade, inúmeros problemas ainda são encontrados nas obras, inclusive nas empresas que possuem certificação de sistema de gestão da qualidade ou que têm participado de programas de melhoria. Os principais resultados indicaram uma série de

problemas no processo: alta variabilidade nas espessuras de revestimento, alta variabilidade nos traços utilizados durante a confecção das argamassas, variabilidade nos métodos de produção, mesmo dentro de uma mesma obra, elevadas perdas de materiais e de mão-de-obra, baixa produtividade, decorrente do inadequado dimensionamento das equipes de produção e de problemas no sistema de movimentação e armazenamento de materiais, e manifestações patológicas em revestimentos recentemente concluídos.

Foi constatado que as principais causas das perdas são semelhantes às de estudos anteriores: grandes espessuras de revestimento de argamassa ocasionadas pela falta de coordenação entre o projeto arquitetônico e o estrutural, resultando em dimensões diferentes entre as peças (por exemplo, o preenchimento com argamassa para revestir vigas e paredes com dimensões diferentes), falhas de execução da estrutura da edificação, resultando em desvios dimensionais, transporte horizontal e vertical da argamassa ineficiente e falta de treinamento da mão-de-obra, resultante da falta de controle da utilização dos materiais e dos métodos de produção.

Várias ações pontuais visando melhorias foram verificadas nas obras estudadas. Entretanto, foi observado que com as soluções pontuais as empresas não conseguiram absorver todo o seu benefício potencial, em função da falta de integração entre as diferentes ações de melhoria. No item 6.4 deste trabalho foram apresentadas as principais boas práticas efetivamente realizadas nos canteiros de obras pelas empresas construtoras, sendo constatado seus benefícios.

Os resultados encontrados nas empresas estudadas apontam a existência de um importante potencial de melhoria no processo de revestimento de argamassa de fachada, uma vez que a obtenção de melhores resultados em algumas empresas em determinados requisitos prova que é possível a obtenção por parte das demais empresas também, já que o desempenho satisfatório não foi conseguido às custas de grandes investimentos financeiros nem tecnológicos. Ficou clara a necessidade de treinamento dos profissionais envolvidos, de comprometimento para melhores resultados e de maior controle por parte dos gestores da obra no sentido de verificar as dificuldades e os problemas que surgem ao longo da execução e assim tomar medidas que levem às melhores soluções, considerando tempo e recursos.

De forma geral, pode-se afirmar que as empresas vêm implementando uma série de melhorias, tais como o envolvimento das empresas em diversos programas de qualidade, a utilização de melhores equipamentos (por exemplo, andaimes motorizados) e de materiais industrializados que eliminam etapas da produção em canteiro. Além disso, várias ações realizadas pelas empresas foram consideradas boas práticas, constituindo-se oportunidades de melhoria: contratação de mão-de-obra própria na central de argamassa; melhor dimensionamento das equipes de produção; confecção de painéis para treinamento da mão-de-obra; uso de embalagens inteiras para dosagem dos aglomerantes; uso de betoneira com carregador e carrinhos dosadores para proporcionamento dos materiais constituintes da argamassa; dosagem racional da argamassa de revestimento em laboratório especializado; confecção de painéis protótipos para escolha dos traços das argamassas de revestimento; uso do equipamento de transporte guincho de coluna externo; testes para avaliação da aderência do revestimento pronto; planejamento e acompanhamento do processo de execução do revestimento; uso de telas galvanizadas para reforço da camada de revestimento;

sistema de reaproveitamento e contenção de argamassa em andaimes suspensos; e uso de andaimes suspensos motorizados.

Entretanto, observa-se que no processo de revestimento de argamassa de fachada, o desempenho é pouco satisfatório e as melhorias ainda são tímidas. Parece existir a necessidade de abrir novas frentes de melhorias, principalmente em relação ao envolvimento da mão-de-obra. Com a difusão da terceirização em quase todos os processos que ocorrem durante a construção de uma edificação, está havendo um distanciamento entre os operários e os gerentes de obra e, devido à grande complexidade das atuais construções, um controle deficiente dos serviços. Em relação aos serviços realizados pela mão-de-obra terceirizada, percebeu-se que muitos gerentes deixam esta tarefa para os empreiteiros.

É necessário que haja um maior engajamento das equipes de produção no controle, de forma que este faça parte das atividades diárias e seja intrínseco aos diferentes subprocessos realizados pela mão-de-obra. O próprio operário que executa o revestimento deve ser o principal responsável pelo controle do serviço e pela prevenção de não conformidades. Também, sugere-se a introdução de uma sistemática de trabalho padronizado, através de um maior planejamento e descrição das atividades diárias dos operários e um treinamento efetivo da mão-de-obra nas atividades a serem realizadas.

Ainda, percebeu-se a necessidade de uma mudança organizacional através de uma maior integração entre os diferentes processos, principalmente no planejamento da utilização dos espaços e dos equipamentos da obra, e de uma descentralização da função de gestão da produção, buscando um maior envolvimento dos outros intervenientes do processo.

7.2 RECOMENDAÇÕES PARA ESTUDOS FUTUROS

Embora este trabalho tenha fornecido contribuições que colaboraram para a melhoria do processo de execução de revestimentos de fachada de argamassa, sugere-se a realização de outros estudos que venham gerar conhecimentos para melhorias nesse processo:

- (a) Acompanhamento da aplicação do método de avaliação proposto neste trabalho pelas próprias empresas, inclusive com investigações sobre as dificuldades de implementação e sobre a necessidade de modificações ou inserção de outros itens no método.
- (b) Realização deste estudo em outras regiões do país com o intuito de conhecer a existência de diferentes problemas e de outras boas práticas realizadas pelas empresas de construção.
- (c) Analisar o desempenho do revestimento de argamassa de fachada em empresas através da introdução da lógica de trabalho padronizado, de treinamento efetivo da mão-de-obra e de um maior envolvimento dos trabalhadores.
- (d) Acompanhamento do processo de produção do revestimento de argamassa e avaliação do desempenho mecânico e durabilidade do revestimento pronto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGOPYAN, V.; SOUZA, U.; PALIARI, J.C.; ANDRADE, A.C. **Alternativas para a redução dos desperdícios de materiais nos canteiros de obras**. São Paulo: PCC, Universidade de São Paulo, 1998.

AGOPYAN, Vahan. **Estudos dos materiais de construção civil – materiais alternativos**. In: Tecnologia de edificação. São Paulo: PINI, p. 75-78, 1988.

ANDRADE, F.; COSTA, F.; POSSAN, E; SILVA, E.; MASUERO, A. **Uso de revestimentos argamassados: características de Porto Alegre**. Disciplina: Patologias das Edificações I. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Revestimentos de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – determinação da resistência de aderência à tração**. NBR 13528: Rio de Janeiro, 1995.

_____. **Revestimentos de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – terminologia**. NBR 13529: Rio de Janeiro, 1995.

_____. **Revestimentos de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – classificação**. NBR 13530: Rio de Janeiro, 1995.

_____. **Revestimentos de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – especificação**. NBR 13749: Rio de Janeiro, 1996.

_____. **Execução de revestimentos de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – procedimento**. NBR 7200: Rio de Janeiro, 1998.

_____. **Argamassas para assentamento de paredes e revestimentos de paredes e tetos – requisitos**. NBR 13281: Rio de Janeiro, 2001.

_____. **Cal hidratada para argamassas - requisitos**. NBR 7175: Rio de Janeiro, 2003.

BAÍA, Luciana Leonel Maciel; SABBATINI, Fernando Henrique. **Projeto e execução de revestimento de argamassa**. CTE, São Paulo, Ed. O Nome da Rosa, 2000, 82 p.

BANDUK, Ragueb C. **Curso de diretrizes de projeto de revestimento de argamassa**. Norie/UFRGS, Porto Alegre, 2004.

BARNES, R. M. **Estudo de movimentos e tempos: projeto e medida do trabalho**. São Paulo: Edgard Blucher, 1977.

BAUER, Roberto José Falcão. **Patologia em Revestimentos de Argamassa Inorgânica**. In: **II Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassas**, Salvador, 1997. Anais... Salvador, 1997, p.321-33.

BDA PRACTICAL, Note 2, Londres, september, 1973.

BONIN et al. **Manuais de referência técnica**. In: II Seminário Qualidade na Construção Civil – gestão e tecnologia. Porto Alegre: Curso de pós-graduação em Engenharia Civil, NORIE, UFRGS, 1993.

BONIN, Luis Carlos; CINCOTTO, Maria Alba; CARNEIRO, Arnaldo Manoel Pereira. Propostas conceituais que fundamentaram o texto do projeto de norma – revestimentos de paredes e tetos de argamassas inorgânicas - execução. In: **II Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassas**, Salvador, 1997. Anais... Salvador, p. 399-411, 1997.

BULHÕES, Iamara Rossi. **Método para medir o custo de perdas em canteiros de obras: Proposta baseada em dois estudos de caso**. Salvador, 2001. Dissertação (Mestrado). Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia.

CAMPITELI, V. C.; MASSARETTO, R.; RODRIGUES, P.T.R.. Argamassas mistas para a construção civil : o proporcionamento com base no desempenho. Rio de Janeiro, RJ. 1995. p. 769-775. In: **ENTAC 95**, Rio de Janeiro, 1995.

CARNEIRO, A. M. P. **Revestimento Externo em Argamassa de Cimento, Cal e Areia – Sistemática das Empresas de Construção Civil de Porto Alegre**. Porto Alegre, 1993. 85p. Dissertação (Mestrado). Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

CEOTTO, L. H.; BANKUK, R. C.; NAKAKURA, E. H. **Revestimentos de argamassas: boas práticas em projeto, execução e avaliação**. Porto Alegre: ANTAC, 2005.

CHURCHMAN, C. N. Introdução à Teoria dos Sistemas. 2ª ed. Rio de Janeiro: Ed. Vozes, 1971.

CINCOTTO, Maria Alba. **Patologia das argamassas de revestimento: análise e recomendações**. In: Tecnologia de edificação. São Paulo: PINI, p. 549-554, 1988.

CINCOTTO, M. A.; SILVA, M. A. C.; CARASEK, H. **Argamassas de revestimento: características, propriedades e métodos de ensaio**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1995.

COSTA, A. L. **Perdas na construção civil: uma proposta conceitual e ferramentas para prevenção**. 1999. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós - Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre, 1999.

COSTA, D. B. **Diretrizes para Concepção, Implementação e Uso de Sistemas de Indicadores de Desempenho para Empresas de Construção Civil**. 2003. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre, 2003.

DAVIS. M. M.; AQUILANO, N. J.; CHASE, R. B. **Fundamentals of operations management**. 4. ed. Boston: Mcgraw-Hill, 2003.

DUAILIBE, R. P.; CAVANI, G. R.; OLIVEIRA, M. C. B. Influência do tipo de projeção da argamassa na resistência de aderência à tração e permeabilidade à água. In: **VI Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassas, I International Symposium on Mortars**

Technology, Florianópolis, 2005. Anais... Florianópolis, 2005, p.508-517.

FACHADA e paredes estão doentes. **Revista Técnica**, São Paulo: PINI, ano 11, nº 76, p. 48-52, jul. 2003.

FIORITO, J.S.I. **Manual de argamassas e revestimentos: estudos e procedimentos de execução**. São Paulo, PINI, 1994.

FORMOSO, C. T.; FRANCHI, C.C.; SOIBELMAN, L. **Um Estudo Sobre as Perdas de Materiais na Construção Civil e suas Principais Causas**. In: ENTAC, 6., 1993, São Paulo. Avanços em tecnologia e gestão da produção de edificações. São Paulo: POLI-USP, 1993. v.2, p.571-580.

FORMOSO, C. T.; LANTELME, E. M. V. **As perdas de materiais na construção civil: conceitos, classificações e seu papel na melhoria do setor**. In: Revista EGATEA: Revista da Escola de Engenharia – UFRGS. 1997, Porto Alegre: UFRGS, 1997. v.25, p. 45-53.

FORMOSO, C. T.; SOIBELMAN, L.; De CESARE, C. M.; ISATTO, E.L. Material waste building industry: main causes and prevention. In: **Journal of construction engineering and management**. ASCE, v. 128, n. 3, p. 316-325, Jul/Aug. 2002.

GAITHER, Norman; FRAZIER, Greg. **Administração da produção e operações**. 8. ed. São Paulo: Pioneira Thompson Learning, 2002.

GUIMARÃES, J.E.P. **A Cal: Fundamentos e Aplicações na Engenharia Civil**. São Paulo: PINI, 1997.

ISATTO, E. L.; FORMOSO, C. T. Design and production interface in lean production: a performance improvement criteria proposition. In: **IGLC**, 1998, Guarujá, Brasil.

ISATTO, E.L.; FORMOSO, C. T.; De CESARE, C. M.; HIROTA, E. H.; ALVES, T. da C. L. **Lean Construction: Diretrizes e Ferramentas para o Controle de Perdas na Construção Civil**. Porto Alegre: SEBRAE-RS, 2000.

KAMARA, J.M. et al. **Establishing and processing client requirements: a key aspect of concurrent engineering in construction**. Engineering, Construction and Architectural Management, v. 7, p. 15-28, 2000.

KOSKELA, Lauri. **Application of the New Production Philosophy to Construction**. Stanford: Centre for Integrated Facility Engineering, 1992. Technical Report, 72.

KOSKELA, Lauri. An exploration towards a production theory and its application to construction. Espoo, 2000. Technical research center of Finland, VTT Publicações 408. 296p.

KOSKELA, Lauri. Making do: the eighth category of waste. 12 th Annual Conference of the **International Group for Lean Construction**. Helsingor, August 3 – 5, 2004, Lean Construction – DK, p. 3–12, 2004.

LANTELME, E.M.V. **Proposta de um sistema de indicadores de qualidade e produtividade**

para a construção civil. 1994. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação, Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1994.

MACIEL, Luciana Leone; MELHADO, Silvio Burrattino. Diretrizes para o detalhamento do projeto de revestimento de argamassa de fachada. . In: **III Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassas**, Vitória, 1999. Anais... Vitória, 1999, p.769-780.

MANUAL de Revestimentos de argamassa. [São Paulo]: Associação Brasileira de Cimento Portland, [2003].

MASSETTO, L.T.; SILVA, F.B. da; BARROS, M.M.S.B.; SABBATINI, F.H. **Novas Tecnologias de Produção de Revestimentos Verticais de Argamassa: Organização da Produção e Produtividade.** In: ENTAC: Qualidade no Processo Construtivo, 7, Vol I, Florianópolis, 1998. Anais... Florianópolis, 1998, p.265-73.

MASUERO, A.B. **Patologias das Edificações I.** Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre, 2003. Notas de aulas.

MATTOS, Ludmila Ribeiro da Silva de. **Identificação e Caracterização das Argamassas para Revestimento Externo Utilizadas na Cidade de Belém-Pa.** Porto Alegre, 2001. Dissertação (Mestrado). Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

MAYER, Raymond R. **Administração da produção.** 1. ed. São Paulo: Editora Atlas, 1990.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: estrutura, propriedades e materiais.** São Paulo: PINI, 1994.

MEREDITH, J. R., SHAFER, S. M. **Administração da produção para MBAs.** São Paulo: Bookman, 2002.

OLIVEIRA, Mirian; LANTELME, Elvira; FORMOSO, Carlos Torres. **Sistema de indicadores de qualidade e produtividade para a construção civil: manual de utilização.** 2ª edição revisada. Porto Alegre: Serviço e Apoio às Micro e Pequenas Empresas do Rio Grande do Sul – SEBRAE/RS, 1995.

OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala.** Porto Alegre: Bookman, 1997. 149p.

PALIARI, J.C.; SOUZA, U.E.L. de; ANDRADE, A.C. de. Levantamento de perdas/consumo de argamassas de revestimento em obras de construção de edifícios brasileiras. In: **III Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassas**, Vitória, 1999. Anais... Vitória, 1999, p.715-724.

PALIARI, J.C.; SOUZA, U.E.L. de; ANDRADE, A.C. de. **Estudo sobre consumo de argamassa de revestimentos interno e externo nos canteiros de obras.** In: Simpósio Brasileiro de Gestão da Qualidade e Organização do Trabalho no Ambiente Construído, 2º, Fortaleza, CE, 2001.

PERES, Rosilena Martins. **Manifestações patológicas em edificações**. Pelotas: Ed. da UFPel, 2004, 87p.

PETRUCCI, H. M.; DAL MOLIN, D. C. C.; SILVA, M. F. S.; SILVA, R. R. da. Procedimento para levantamento de manifestações patológicas em revestimentos externos em argamassa. In: **II Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassas**, Salvador, 1997. Anais... Salvador, 1997, p.334-343.

PETRUCCI, Helena Maria Cabeda. **Manchamento das fachadas dos edifícios por partículas de contaminação atmosférica: interação entre as condições ambientais e a forma construída**. Paraná. 2002. p. 1443-1451. In: ENTAC 2002, Paraná, 2002.

PINTO, T. P. **Perda de materiais em processos construtivos tradicionais**. São Carlos: Universidade Federal de São Carlos, 1989, 33p.

REIS, Palmyra F.; MELHADO, Silvio B. A gestão da qualidade e a produção de revestimentos em argamassa. In: **III Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassas**, Vitória, 1999. Anais... Vitória, 1999, p.699-713.

SANTOS, Aguinaldo dos. **Método de Intervenção em Obras de Edificações Enfocando o Sistema de Movimentação e Armazenamento de Materiais: Um Estudo de Caso**. Porto Alegre, 1995. Dissertação (Mestrado). Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

SAURIN, Tarcísio Abreu. **Método para diagnóstico e diretrizes para planejamento de canteiros de obras de edificações**. Porto Alegre, 1997. Dissertação (Mestrado). Curso de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

SCARTEZINI, L. M.; JUCÁ, T. R.; LINHARES, H.; TEIXEIRA, F.; ANTONELLI, G.; CASCUDO, O.; CARASEK, H. **Influência do preparo da base na aderência e na permeabilidade à água dos revestimentos de argamassa**. In: Ambiente construído, Porto Alegre, v. 2, n. 2, p. 85 – 92, abr/jun. 2002.

SEGAT, G. T. **Manifestações patológicas observadas em revestimentos de argamassa: estudo de caso em conjunto habitacional popular na cidade de Caxias do Sul – RS**. Porto Alegre, 2005. Dissertação (Mestrado). Curso de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

SELMO, S. M. S. **Dosagem de argamassas de cimento portland e cal para revestimento externo de edifícios**. São Paulo, 1989. 202p. Dissertação (Mestrado). CPGECC/Escola Politécnica da USP.

SELMO, S. M. S. **Prevenção de patologia em revestimentos externos de argamassa dos edifícios: a importância dos serviços de manutenção**. In: Simpósio sobre patologia das edificações – prevenção e recuperação, Porto Alegre, 1989. Anais... Porto Alegre, 1989, p. 195-212.

SHIMIZU, J.Y. **Análise da gestão da produção de revestimentos de argamassa: um estudo de**

caso. Trabalho da disciplina Tecnologia de Produção de Revestimentos. Curso de Pós-graduação em Engenharia de Construção Civil e Urbana da Escola Politécnica de São Paulo, 2001.

SHINGO, S. **O Sistema Toyota de produção do ponto de vista da engenharia de produção.** 2. ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996a.

SHINGO, S. **Sistemas de produção com estoque zero: o sistema Shingo para melhorias contínuas.** 2. ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996b.

SILVA, Luciano L. R. da. **Método de intervenção para a melhoria da eficiência na execução de revestimentos de argamassa de fachada.** São Paulo, 2002. 199p. Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil e Urbana.

SILVA, V. S.; LIBORIO, J. B. L. Análise microestrutural da interface chapisco/argamassa. In: **VI Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassas, I International Symposium on Mortars Technology**, Florianópolis, 2005. Anais... Florianópolis, 2005, p.487-496.

SINK D. S.; TUTTLE, T.C. **Planejamento e medição para a performance.** Rio de Janeiro: Qualitymark, 1993.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; HARLAND, C.; HARRISON, A.; STON, J. **Administração da produção.** São Paulo: Editora Atlas, 1997.

SOIBELMAN, L. **As perdas de materiais na construção de edificações sua incidência e seu controle.** Porto Alegre, 1993. 127p. Dissertação (Mestrado). Curso de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

SOUZA, Roberto de; MEKBEKIAN, Geraldo. **Qualidade na aquisição de materiais e execução de obras.** CTE. São Paulo, PINI, 1996.

SOUZA, Uiraci Espinelli Lemes de. **Projeto e implantação do canteiro.** CTE, São Paulo, Ed. O Nome da Rosa, 2000.

SOUZA, Uiraci Espinelli Lemes de. **Método para a previsão da produtividade da mão-de-obra e do consumo unitário de materiais para os serviços de fôrmas, armação, concretagem, alvenaria, revestimento com argamassa, contrapiso, revestimento com gesso e revestimentos cerâmicos.** Tese (Livre docência), São Paulo, 2001. Universidade de São Paulo.

TERRA, R. C. **Levantamento de manifestações patológicas em revestimentos de fachadas das edificações da cidade de Pelotas.** Porto Alegre, 2001. Dissertação (Mestrado). Curso de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

WHITELEY, Richard C. **A Empresa Totalmente Voltada para o Cliente.** Rio de Janeiro: Campus; São Paulo: Publifolha, 1999.

YAZIGI, Walid. **A técnica de edificar.** São Paulo: PINI, 1998.

YIN, R.K. **Estudo de Caso: planejamento e métodos.** São Paulo: Bookman, 2.ed, 2001.