

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

**ESTUDO DO DESEMPENHO DOS SISTEMAS DE
REVESTIMENTOS EM ALVENARIA - COMPARAÇÃO
ENTRE SISTEMAS TRADICIONAIS E MECANIZADOS.**

HIAGO RIBEIRO ALBUQUERQUE

ORIENTADOR: MARCOS HONORATO DE OLIVEIRA

BRASÍLIA / DF
NOVEMBRO/ 2016

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

**ESTUDO DO DESEMPENHO DOS SISTEMAS DE
REVESTIMENTO EM ALVENARIA - COMPARAÇÃO ENTRE
SISTEMAS TRADICIONAIS E MECANIZADOS.**

HIAGO RIBEIRO ALBUQUERQUE

MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL SUBMETIDA AO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL EM ENGENHARIA CIVIL.

APROVADA POR:

MARCOS HONORATO, DSc (ENC/FT/UnB)

(ORIENTADOR)

SEBASTIÃO LONGUINHO DE JESUS(BRASAL INCORPORAÇÕES)

(EXAMINADOR EXTERNO)

CLAÚDIO HENRIQUE DE ALMEIDA FEITOSA , DSc (ENC/FT/UnB)

(EXAMINADOR INTERNO)

BRASÍLIA/DF, 10 de Novembro de 2016.

FICHA CATALOGRÁFICA

ALBUQUERQUE, HIAGO RIBEIRO.

Estudo do desempenho dos sistemas de revestimento em alvenaria – comparação entre sistemas tradicionais e mecanizados [Distrito Federal] 2016.

xiii, 104p., 297 mm (ENC/FT/UnB, Bacharel, Engenharia Civil, 2016)

Monografia de Projeto Final - Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental.

1. Revestimentos em Argamassa

2. Sistema Mecanizado

3. Sistema Convencional

4. Avaliação de Desempenho

I. ENC/FT/UnB

II. Bacharel em Engenharia Civil (série)

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ALBUQUERQUE, H.R (2016). Estudo do desempenho dos sistemas de revestimento em alvenaria – comparação entre sistemas tradicionais e mecanizados. Monografia de Projeto Final, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 104p.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Hiago Ribeiro Albuquerque

TÍTULO DA MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL: Estudo do desempenho dos sistemas de revestimento em alvenaria – comparação entre sistemas tradicionais e mecanizados

GRAU / ANO: Bacharel em Engenharia Civil / 2016

É concedida à Universidade de Brasília a permissão para reproduzir cópias desta monografia de Projeto Final e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. Os autores reservam outros direitos de publicação e nenhuma parte desta monografia de Projeto Final pode ser reproduzida sem a autorização por escrito dos autores.

Hiago Ribeiro Albuquerque

Cond. Império dos Nobres Q.4 Conj A Casa 33 - Sobradinho.

73252- 144– Brasília – DF - Brasil

RESUMO

A análise de sistemas construtivos de revestimento em argamassa vem se destacando no cenário atual por ainda oferecer significativas oportunidades de melhoria, fator que motivou o desenvolvimento desta pesquisa em parceria com uma construtora local no Distrito Federal interessada em implementar de maneira definitiva o sistema mecanizado de argamassa projetada para a execução de revestimento em alvenaria nos seus empreendimentos.

Assim, este artigo apresenta um estudo comparativo entre dois sistemas de revestimento em argamassa bastante utilizados na construção brasileira: o sistema convencional, realizado manualmente com colher de pedreiro, e o mecanizado por bombas de projeção. Para isso, foi determinado cinco parâmetros de comparação que foram aplicados em um canteiro de obras residencial na cidade de Brasília: a descrição do sistema, a produtividade, o consumo, as perdas dos sistemas e o custo de execução.

Seguindo uma metodologia adaptada daquelas propostas por Costa (2005) e Paravisi (2008), a coleta dos dados foi realizada por observação direta in loco durante oito semanas. Dessa forma, os índices de desempenho mensurados em cada sistema construtivo são apresentados e confrontados entre si a fim de expor qual método de execução de revestimento obteve maior vantagem no estudo de caso e quais ainda são propícios a melhorias.

Por fim, a análise comparativa concluiu que a execução do sistema mecanizado de argamassa projetada obteve desempenho superior em todos os cinco parâmetros determinados, sendo o índice de perdas do sistema o que apresentou a vantagem mais notória em relação ao sistema convencional, enquanto que a produtividade ainda foi o parâmetro de desempenho que possuiu oportunidades de aprimoramento mais evidentes entre os demais.

Palavras-Chave: Revestimento em argamassa, sistema convencional, sistema mecanizado, indicadores de desempenho, avaliação da produção.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE TABELAS.....	xi
LISTA DE GRÁFICOS	xiii
1. INTRODUÇÃO	1
1.1 MOTIVAÇÃO	5
1.2 OBJETIVOS	5
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	6
2.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS	6
2.2 COSTA (2005).....	6
2.3 PARAVISI (2008).....	12
3. MÉTODO DE PESQUISA	20
3.1 ESTRATÉGIA DA PESQUISA	20
3.2 DEFINIÇÃO DO MÉTODO DE AVALIAÇÃO DA PRODUÇÃO	21
3.2.1 MÉTODO DE COSTA (2005).....	21
3.3 MÉTODO PROPOSTO	22
3.3.1 DESCRIÇÃO DO SISTEMA	23
3.3.1.1 OBSERVAÇÕES DE CAMPO DE MANEIRA DIRETA	24
3.3.1.2 MAPOFLUXOGRAMA.....	24
3.3.2 PRODUTIVIDADE.....	24
3.3.2.1 CARTÃO DE PRODUÇÃO.....	24
3.3.2.2 AMOSTRAGEM DE TRABALHO	26
3.3.3 CONSUMO	27
3.3.4 PERDAS	28
3.3.4.1 PERDAS GLOBAIS DO SISTEMA CONSTRUTIVO	28
3.3.4.2 PERDAS PELA ESPESSURA EXCESSIVA	29
3.3.4.3 OUTRAS PERDAS.....	29
3.3.5 CUSTOS	30

4. DESCRIÇÃO DO SISTEMA	31
4.1 ARGAMASSA	31
4.1.1 ARGAMASSA 2203 MATRIX	31
4.1.2 ARGAMASSA ESTABILIZADA CONCRECON.....	33
4.2 PROCESSO CONSTRUTIVO.....	34
4.2.1 PROCESSO CONVENCIONAL DE REBOCO.....	34
4.2.1.1 DIVISÃO DA EQUIPE.....	35
4.2.1.2 TRANSPORTE.....	36
4.2.1.3 EXECUÇÃO DO REBOCO.....	37
4.2.1.4 FINALIZAÇÃO E LIMPEZA	40
4.2.2 PROCESSO MECANIZADO DE REBOCO	41
4.2.2.1 DIVISÃO DAS EQUIPES.....	41
4.2.2.2 TRANSPORTE.....	42
4.2.2.3 EXECUÇÃO DO REBOCO.....	44
4.2.2.4 FINALIZAÇÃO E LIMPEZA	47
4.3 MAPOFLUXOGRAMA DOS SISTEMAS CONSTRUTIVOS.....	48
4.3.1 MAPOFLUXOGRAMA DO SISTEMA CONVENCIONAL	49
4.3.1.1 PILOTIS	49
4.3.1.2 PAVIMENTO TIPO.....	50
4.3.2 MAPOFLUXOGRAMA DO SISTEMA MECANIZADO	51
4.3.2.1 PILOTIS	51
4.3.2.2 PAVIMENTO TIPO.....	53
5. PRODUTIVIDADE.....	55
5.1 DO SISTEMA CONVENCIONAL	55
5.1.1 METODOLOGIA.....	55
5.1.2 DADOS OBTIDOS	57
5.2 DO SISTEMA MECANIZADO.....	59
5.2.1 METODOLOGIA.....	59
5.2.2 DADOS OBTIDOS	61
5.3 ANÁLISE COMPARATIVA DOS SISTEMAS.....	67

5.3.1 PRODUTIVIDADE Hh/m ² .dia	67
5.3.2 PRODUTIVIDADE EM m ² /dia.pedreiro	72
5.3.3 PRODUTIVIDADE EM m ² /hora	74
6.CONSUMO.....	76
6.1 DO SISTEMA CONVENCIONAL	77
6.2 DO SISTEMA MECANIZADO.....	79
6.3 ANÁLISE COMPARATIVA	80
7. PERDAS	81
7.1 DO SISTEMA CONVENCIONAL	82
7.2 DO SISTEMA MECANIZADO.....	84
7.3 ANALISE COMPARATIVA.....	86
8. CUSTOS	89
8.1 DO SISTEMA CONVECIONAL.....	89
8.2 DO SISTEMA MECANIZADO.....	90
8.3 ANÁLISE COMPARATIVA	92
8.4 CUSTO DAS PERDAS.....	95
9. CONCLUSÕES	98
10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	102

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Exemplo de Sistema de Projeção Mecanizado de argamassa com Bombas de Projeção, conhecido com sistema Matriz (COMUNIDADE CONSTRUÇÃO 2012).....	2
Figura 2- a) Bomba de Projeção de Argamassa, b) Aplicação da argamassa projetada usando bombas (TECHNE, 2010)	3
Figura 3- a) Projetor com recipiente acoplado, conhecido como "canequinha". b) Projeção realizada com a canequinha (TECHNE, 2010).....	4
Figura 4- Resultados da Lista de Verificação de boas práticas em produção de argamassa e execução de revestimento em fachadas (COSTA , 2005).....	8
Figura 5- Resultado do cartão de Produção de equipe, em HH/m ² (COSTA, 2005)	9
Figura 6- Espessura de revestimento de fachada de argamassa nas oito empresas em análise (COSTA, 2005).....	10
Figura 7-Perdas de argamassa nas empresas (COSTA, 2005).....	10
Figura 8 - Incidência de manifestações patológicas na obra (COSTA, 2005).....	11
Figura 9 - Realização da Talisca e Metra (a) e projeção da argamassa (b) na fachada o da empresa E (PARAVISI, 2008);	14
Figura 10- Projeção da argamassa (a) e execução do sarrafeamento e desempenho(b) na fachada da empresa V (PARAVISI, 2008);	15
Figura 11- Produtividade das 8 empresas analisadas em Costa (2005) e nas empresas V e E em estudo (PARAVISI, 2007);	16
Figura 12- Distribuição de perdas de argamassa nas 8 empresas analisadas em Costa (2005) e nas empresas V e E em estudo (PARAVISI, 2007);	17
Figura 13- Porcentagem dos custos de argamassa por metro quadrado e nas empresas V e E em estudo (PARAVISI, 2007);	18
Figura 14- Método de avaliação de execução de revestimentos de fachada de argamassa (COSTA, 2005).....	22
Figura 15- Modelo de Cartão de Produção utilizado no canteiro de obras (COSTA, 2005)	25
Figura 16-Modelo de Cartão de Amostragem (PARAVISI, 2007).....	27
Figura 17- Embalagem da Argamassa de Projeção Matrix 2203 utilizada na projeção dos 83 apartamentos (VOTORATIM,2014).....	32

Figura 18 – Local de Armazenamento da Argamassa usinada fornecida pela Concrecon que foi utilizada no sistema de revestimento em argamassa convencional	35
Figura 19 – Equipe 1z, constituída de 1 pedreiro e 1 ajudante, responsável em realizar o reboco do apartamento 108 pelo método convencional.	36
Figura 20- Transporte vertical da argamassa usinada em jericas por meio da prancha mecânica.....	36
Figura 21 – Processo de umedecimento da alvenaria realizado previamente a etapa do lançamento da argamassa no substrato	37
Figura 22 - Lançamento da argamassa usinada na alvenaria com colher de pedreiro e sendo feito de baixo para a cima.	38
Figura 23 - a) Etapa de sarrafeamento após o tempo de pega da argamassa feito pelo pedreiro e régua . b) Etapa do desempeno executado com desempenadeira após o devido sarrafeamento.	39
Figura 24 – Reaproveitamento da argamassa usinada residual das etapas de lançamento e sarrafeamento, processo realizado pelo ajudante na argamassadeira.....	40
Figura 25 – Ajudante de pedreiro realizando a limpeza do local de trabalho, processo que era feito diariamente no final do expediente.	41
Figura 26- Recebimento da argamassa de projeção no canteiro de obras através do caminhão transportador que era rapidamente descarregado por operários.....	42
Figura 27- Movimentação vertical da argamassa de projeção através das pranchas mecânicas e armazenamento de sacos bem próximo à bomba de projeção.....	43
Figura 28 - Armazenamento da argamassa ensacada em regiões próximas as bombas de projeção.	43
Figura 29 – Operador de máquina realizando a montagem e os ajustes iniciais na bomba de projeção antes de iniciar o procedimento de projeção da argamassa.	44
Figura 30 – Pedreiro executando a projeção da argamassa na alvenaria com movimentos horizontais no sentido de baixo para cima.	45
Figura 31 – Primeira regularização do revestimento feito com régua H e colher de pedreiro, procedimento feito logo após a projeção da argamassa na alvenaria.	45
Figura 32- Equipe de pedreiros realizando o sarrafeamento e o desempeno da alvenaria revestida em argamassa de projeção.....	46

Figura 33 – Após a regularização do reboco na alvenaria, a argamassa que caia no chão era reaproveitada em outras projeções, respeitando o tempo de vida de 2 horas.	47
Figura 34- Limpeza dos mangotes e desmonte da bomba de projeção feita ao final do expediente.....	47
Figura 35 – Símbolo das atividades do mapofluxograma (ISHITAWA ,1991).	48
Figura 36 – Mapofluxograma no Pilotis para o sistema convencional de revestimento em argamassa	49
Figura 37 - Mapofluxograma na junta B do pavimento tipo para o sistema convencional de revestimento em argamassa;	50
Figura 38 - Mapofluxograma no Pilotis para o sistema mecanizado de revestimento em argamassa;	52
Figura 39 - Mapofluxograma na junta B do pavimento tipo para o sistema mecanizado de revestimento em argamassa;.....	53
Figura 40 – Equipe 1z, constituída por 1 pedreiro e 1 ajudante, realizando o processo de requadrção no sistema convencional de revestimento.	56
Figura 41 – Equipe 1x, constituída de 4 pedreiros e 2 ajudantes, executando o reboco pelo método projetado no subsolo.	63
Figura 42 – Argamassa usinada não reaproveitada proveniente de quedas durante o transporte e vencimento do seu tempo de vida útil.	84
Figura 43 – Reutilização da argamassa coletada do chão e despojada na bomba de projeção	88

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Avaliação de Processos com suas Ferramentas Aplicadas na Metodologia de Costa (2005);	7
Tabela 2- Índices de Desempenho e Ferramentas Aplicadas na Metodologia de Paravisi (2008);	13
Tabela 3- Aspectos investigados pelas ferramentas de Análise.....	23
Tabela 4 - Especificações de desempenho da argamassa 2203 obtidas em ensaios normatizados (VOTORATIM ,2014)	32
Tabela 5 - Especificações de desempenho da argamassa usinada da Concrecon obtidas em ensaios normatizados (CONCRECON, 2016).....	33
Tabela 6 - Relação da quantidade de operários em cada método.....	56
Tabela 7- Produtividade em Hh/m ² da equipe 1z que realizou o sistema mecanizado de revestimento em argamassa.....	57
Tabela 8 - Produtividade em m ² /dia.pedreiro da equipe 1z que realizou o sistema mecanizado de revestimento em argamassa.....	58
Tabela 9 - Produtividade em m ² /hora da equipe 1z que realizou o sistema mecanizado de revestimento em argamassa.....	59
Tabela 10 – Relação das equipes e seus respectivos contingentes de pedreiros e ajudantes	60
Tabela 11 - Relação dos 3 índices de produtividades obtidos na observação em campo da equipe 1x	61
Tabela 12 - Relação dos 3 índices de produtividades obtidos na observação em campo da equipe 1y.....	63
Tabela 13- Relação dos 3 índices de produtividade obtidos na observação em campo da equipe 2y	64
Tabela 14- Relação dos 3 índices de produtividade obtidos na observação em campo da equipe 3y	66
Tabela 15 – Parâmetros técnicos da Argamassa Usinada (CONCRECON, 2016).....	78
Tabela 16 – Índice de consumo de argamassa obtido do sistema convencional de revestimento	78

Tabela 17 - Índices de consumo de argamassa obtido do sistema mecanizado de revestimento	79
Tabela 18 – Índices de perdas obtidas na observação do sistema convencional de revestimento.....	82
Tabela 19 - Índices de perdas obtidas na observação do sistema mecanizado de revestimento.....	85
Tabela 20 - Valores de Custo e consumo da argamassa usinada utilizada na conversão para R\$/m ²	90
Tabela 21 - Custos de Execução do Sistema Convencional de Revestimento em Argamassa	90
Tabela 22 - Valores de Custo e consumo da argamassa ensacada utilizada na conversão para R\$/m ²	91
Tabela 23 - Custos de execução do Sistema Convencional de Revestimento em Argamassa	91
Tabela 24 – Equações de Custo de Execução para cada um dos sistemas de revestimento em argamassa.....	92
Tabela 25 – Equações de cada sistema de revestimento em argamassa, considerando ou não a influência das perdas do sistema.	96

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Comparação da produtividade em Hh/m ² para os dados encontrados em Costa (2005), Paravisi (2008) e da equipe 1z em estudo.....	67
Gráfico 2 - Comparação da produtividade em Hh/m ² para os dados encontrados em Costa (2005), Paravisi (2008) e das equipes 1x, 1y, 2y e 3y em estudo;	69
Gráfico 3 – Comparação da produtividade em Hh/m ² para os dois sistemas de revestimento, considerando a execução de um apartamento com 245 m ² de área revestida.	71
Gráfico 4 – Comparação dos índices de produtividade em m ² /dia.pedreiro entre os sistemas de revestimento convencional e mecanizado das equipes em estudo.	72
Gráfico 5 - Comparação da produtividade em m ² /dia.pedreiro para os dois sistemas de revestimento, considerando a execução de um apartamento com 245 m ² de área revestida.	73
Gráfico 6 - Comparação dos índices de produtividade em m ² /hora entre os sistemas de revestimento convencional e mecanizado das equipes em estudo.	74
Gráfico 7- Comparação da produtividade em m ² /hora para os dois sistemas de revestimento, considerando a execução de um apartamento com 245 m ² de área de alvenaria.	75
Gráfico 8 – Comparação entre índices de consumo real e prático de cada sistema de revestimento.....	80
Gráfico 9 – Comparação do índice de perdas dos sistemas de revestimento em argamassa projetado e convencional obtidos no estudo atual.....	86
Gráfico 10 - Comparação dos custos de execução, em reais, para cada sistema de revestimento em argamassa.....	93
Gráfico 11 - Comparação dos custos de execução, em preço de sacos de cimento, para cada sistema de revestimento em argamassa.....	95
Gráfico 12 – Análise dos custos de execução no sistema convencional, considerando ou não influência do índice de perdas de 50,3%.	96
Gráfico 13 - Análise dos custos de execução no sistema mecanizado, considerando ou não influência do índice de perdas de 23,4%.	97

1. INTRODUÇÃO

Sistemas de revestimento em argamassa são amplamente utilizados na construção civil brasileira desde a metade do último século, passando por diversos ajustes que vão desde a utilização do produto industrializado, passando por mudanças no processo construtivo e chegando hoje na mecanização do método de aplicação.

Segundo Paravisi (2008), a crescente preocupação para melhorar a utilização da argamassa para produção de revestimentos se deve a esse sistema ser um dos maiores responsáveis por perdas e por possuir baixos índices de produtividade, uma vez que ainda é inerente aos canteiros de obra brasileiros uma gestão ineficaz na produção e na execução de revestimentos utilizando argamassa.

Além do mais, devido a grande influência pessoal do operador na produção de revestimentos em argamassa, são geradas grandes variabilidades no produto final realizado (CINCOTTO et al, 1995). Dessa maneira, fica inviável muitas vezes a empresa tentar determinar parâmetros de comparação e criar estimativas para determinar metas a serem cumpridas pelos setores responsáveis.

Souza (2001) encontrou valores com alto grau de discrepância ao realizar pesquisas em empresas do setor, quantificando variações na perda de argamassa entre 11% e até 163% em relação a valores previstos anteriormente em orçamentos, além de variações de 317% na produtividade atingida por diferentes empresas que realizaram a produção de revestimentos em argamassa.

Outro ponto importante foi destacado por Bauer (1997), que informa diversas anomalias dentre elas descolamentos, fissuras e eflorescências, presentes em revestimentos realizados devido a fatores influentes no sistema, como o grau de experiência do operador, a força com que a argamassa era lançada na alvenaria e erros de projeto. Dessa forma, significantes perdas na qualidade da produção comprometem a estética e o desempenho da edificação, sendo potenciais vetores para a desvalorização de mercado perante a insegurança do consumidor (COSTA, 2005).

É nesse contexto atual que a intensificação pela procura de aprimoramentos vem surgindo nas construções brasileiras. Zanelatto (2012) indica que a busca dessa racionalização construtiva introduziu a argamassa industrializada para a execução de revestimentos e utilização na técnica da execução em massa única a partir de 1980. Porém foi com a junção do bombeamento de argamassa com sua aplicação direta que surgiu um novo patamar na produção de revestimentos,

vendo nessa inovação uma oportunidade de diminuir a dependência da mão-de-obra, que gera variabilidades na produção, além de ser uma forma de aumentar a produtividade e diminuir a quantidade de desperdício nos processos construtivos.

No Brasil, são dois os principais tipos de projeção mecanizada de argamassa para realização de revestimentos: a projeção por bombeamento direto e a projeção por um recipiente acoplador de ar comprimido. Segundo a Comunidade Construção (2012), o primeiro método consiste na utilização de bombas de projeção que levam a argamassa, que está armazenada em uma posição estratégica no canteiro de obras, até ao local em que será aplicado. Esse método gera uma aplicação contínua de argamassa, garantindo uma boa adesão em toda região que trabalho.

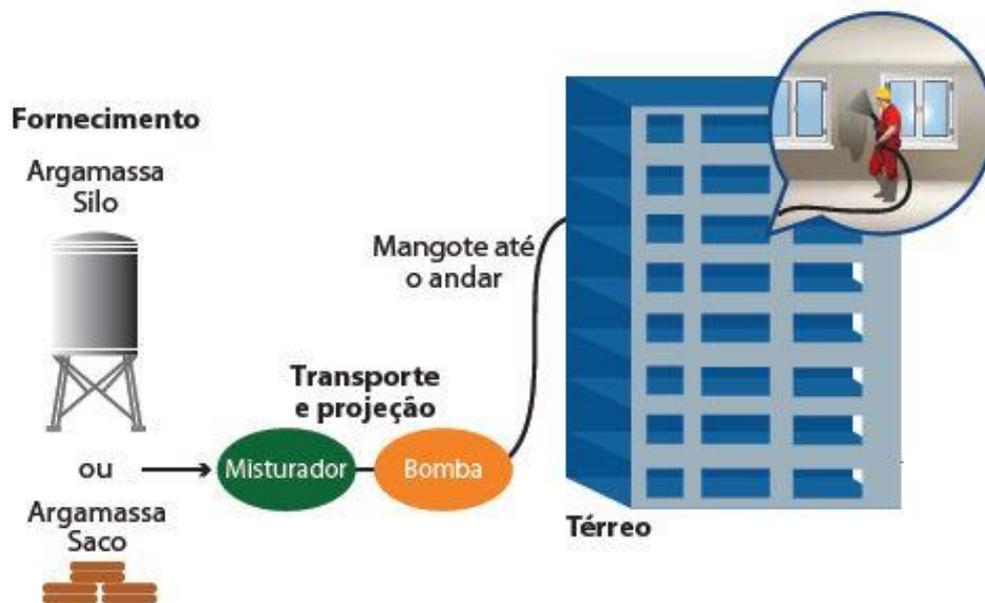


Figura 1- Exemplo de Sistema de Projeção Mecanizado de argamassa com Bombas de Projeção, conhecido com sistema Matrix (COMUNIDADE CONSTRUÇÃO 2012)

O método de projeção utilizando bombas de projeção possui uma série de vantagens. Primeiramente, tem capacidade de vencer grandes distancias, reduzindo as perdas de tempo no transporte e no espaço ocupado no canteiro. Outra vantagem está relacionada ao aumento da produtividade devido ao método não necessitar outros insumos da obra, como guinchos, guias e operários.

Enquanto isso, as limitações desse método são relacionadas aos elevados níveis de pressões necessárias para transportar a argamassa até pavimentos superiores. Além disso, é preciso gastos periódicos com a manutenção desses equipamentos, que precisam estar sempre

limpos e calibrados para a efetiva utilização em longo prazo. Por último, a aplicação de bombas precisa ser acompanhada de toda uma logística de materiais e execução.



Figura 2- a) Bomba de Projeção de Argamassa, b) Aplicação da argamassa projetada usando bombas (TECHNE, 2010)

Porém, como Crescêncio et al. (2000) informa, foram várias as tentativas para a estruturação dessa metodologia de aplicação nas construções brasileiras que não foram bem sucedidas, principalmente devido a falta de uma estratégia global de capacitação da empresa que engloba treinamento de mão de obra e criação de projetos de revestimentos a serem seguidos, além da falta de interesse do mercado que ainda é enraizado na argamassa convencional que é feita in loco.

Visando diminuir as barreiras presentes na aplicação da projeção mecanizada através de bombas, indústrias brasileiras de construção civil perceberam como uma alternativa mais viável a implementação de projeção de argamassa por spray a ar comprimido, conhecido como método “canequinha” de projeção (CRESCÊNCIO et al., 2000). Essa maneira de aplicação se caracteriza pela necessidade de menores custos de investimentos, bem como por permitir utilizar a argamassa produzida no canteiro (ZANELATTO, 2012).

Segundo Techne (2010), o método da “canequinha” é o mais empregado nas construções brasileiras atualmente, se caracterizando pela produção da argamassa no próprio canteiro e a transportando até o recipiente acoplado com o spray de ar comprimido, para sim a realização da projeção da argamassa. E esse é spray que garante resultados mais uniformes, com menores chances de entupimento da caneca, além do ganho de aderência no revestimento. Em relação ao método da canequinha, Paravisi (2008) explica que apenas a etapa de aplicação se torna mecanizada, isto é, todas as etapas de produção, transporte e estoque continuam predominantemente manuais. Logo, apesar do método da canequinha ser mais barato as empresas por necessitar de menor capacitação, maquinário e logística, a melhoria fornecida pela canequinha é pontual, não se esperando obter grandes alterações na racionalização de materiais.



Figura 3- a) Projetor com recipiente acoplado, conhecido como "canequinha". b) Projeção realizada com a canequinha (TECHNE, 2010)

Paravisi (2008) afirma que a projeção mecanizada de argamassa cria resultados finais mais padronizados, uma vez que o bombeamento possui as mesmas características ao longo do dia. Logo, uma fachada realizada convencionalmente pode ter aspectos diferentes devido a influências pessoais, enquanto o método mecanizado gera uma melhor uniformidade.

Pesquisas tem procurado comprovar os benefícios originados da utilização do sistema mecanizado na produção de revestimentos em argamassa. Dessa forma, estudos mostram que as vantagens não se limitam a menor interferência humana no produto final, que resultam em uma padronização do produto, como já foram citados anteriormente. Costa (2005), por exemplo, infere que a redução de etapas do sistema de produção, principalmente no estoque e transporte da argamassa, é um potencial fator de aumento na produtividade da produção e no controle de perdas.

Entretanto, para que todas as vantagens provenientes da mecanização desse sistema construtivo se tornem coesas e realmente expressivas, é essencial toda uma logística coletiva na empresa a partir de um estratégico projeto de revestimento: englobando desde as etapas de recebimento da argamassa no canteiro de obra, continuando nas etapas de estoque e de transporte do material e que por fim se concretize nas etapas de execução do serviço através de profissionais bem capacitados que auxiliem no bombeamento e nos serviços posteriores como sarrafeamento e desempenho da área projetada, e também de equipamentos de auxílio como balancins e andaimes, por exemplo, (PARAVISI, 2008).

1.1 MOTIVAÇÃO

A principal motivação para a realização desse estudo se deu pela parceria entre o departamento de Engenharia Civil da Universidade de Brasília e uma empresa atuante na construção Civil da região. Essa união identificou a possibilidade de realizar um trabalho em conjunto a fim de conseguir conclusões oportunas que serão utilizadas como justificativa para a completa implementação da produção de revestimento em argamassa pelo método mecanizado nas construções da empresa. Dessa forma, é esperado que o material final do estudo seja utilizado como um documento técnico para futuras consultas que possam ser requeridas.

Além do mais, existe um interesse expressivo no tema, uma que vez o mesmo integra áreas de métodos construtivos, racionamento de materiais, análise de produtividade em construção e gestão na construção civil.

Dessa maneira, entende-se que a realização do estudo é de grande importância para fornecer um entendimento mais amplo que poderá ser usado ao longo da carreira profissional.

1.2 OBJETIVOS

O trabalho tem como objetivo determinar e comparar os aspectos positivos e negativos nos processos produtivos convencionais e mecanizados de revestimento em argamassa em um determinado canteiro de obra através da metodologia proposta pelo pesquisador:

Além disso, a pesquisa a ser realizada tem como objetivo responder as seguintes especificidades abaixo:

- Por que o desempenho de um sistema mecanizado de produção de revestimentos ainda não é nitidamente superior ao desempenho manual?
- Quais são os fatores limitantes que influenciam na produtividade do sistema projetado de revestimento? (Andaimes, etapas manuais, capacitação);
- Através de que recomendações é possível um aprimoramento da eficiência relacionada ao sistema mecanizado de revestimento? (Reduzindo custos e aumentando a produtividade)

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Neste capítulo serão apresentados os resumos de estudos realizados previamente no Brasil a respeito da comparação dos sistemas de produção de revestimento em argamassa. A partir desses dois trabalhos foi desenvolvida a pesquisa atual.

2.2 COSTA (2005)

Costa (2005) realizou sua tese de mestrado fundamentada na pesquisa de revestimentos em argamassa a partir da realização de fachadas. O objetivo principal do estudo foi identificar os possíveis motivos influentes no baixo desempenho de revestimentos de fachadas em argamassa, bem como sugerir diagnósticos para potencializar o processo.

Todas as observações e coleta de informações necessárias para o estudo foram realizados em 8 canteiros de obra localizados em Porto Alegre- RS durante 2003 e 2004. A fim de obter esses dados de maneira sucinta, foram aplicadas ferramentas de descrição do sistema e de avaliação do seu desempenho. Toda metodologia realizada por Costa foi auxiliada por essas ferramentas que serão detalhadas posteriormente. Além do mais, toda a realização de análise de dados foram realizadas inicialmente de maneira isolada (*within case studyanalysis*) em cada um dos canteiros e depois com uma análise cruzada de informações(*cross case studyanalysis*) (YIN, 2001).

Primeiramente, Costa viu a necessidade de dividir a pesquisa empírica em três partes, cada uma englobando um grupo de empresas, uma vez que seria inviável dedicar-se em um grupo de 8 obras ao mesmo tempo, o que poderia gerar falhas na obtenção de dados e conclusões incompletas. Após os 3 ciclos de aprendizagem realizados, ocorreu a sistematização e análise de todos os dados coletados e, por conseguinte, a criação de avaliações individuais do processo de produção de cada empresa.

Durante as 3 etapas do trabalho, ferramentas e diretrizes baseadas no método de intervenção de Santos (1995) foram aplicadas a fim de adquirir dados necessário para a futura análise individual e cruzada dos canteiros.

Costa separou os aspectos que seriam avaliados em 4 grupos principais, pois a pesquisadora notou que era de vital importância focar os objetos de estudos em parâmetros

limitados. Dessa maneira, segue na Tabela 1, os 4 parâmetros de avaliação utilizados na pesquisa, bem como as ferramentas usadas em cada um dos grupos para auxiliar na obtenção de informações.

Tabela 1- Avaliação de Processos com suas Ferramentas Aplicadas na Metodologia de Costa (2005);

Aspecto Investigado	Ferramentas Usadas
Descrição do Processo	Entrevista
	Observação Direta
	Mapofluxograma
	CheckList de Boas Práticas
	Diagrama de Fluxo de Processo
	Documentação de Imagens
Avaliação de Produtividade	Cartão de Produção
	Amostragem de Trabalho
Avaliação de Perdas de Material	Espessuras de Revestimento
	Varição do Traço das Argamassas
	Controle do Consumo do Material
	Custo de Perdas
Avaliação de Qualidade	Levantamento de Manifestações Patológicas

Após a aplicação da metodologia durante o período estipulado pela pesquisadora, uma série de dados foram adquiridos a respeito das 4 avaliações que foram divididas. Todas as ferramentas foram fundamentais durante esse período, permitindo a criação de parâmetros de comparação entre os canteiros, bem como oportunidades para a realização de diagnósticos e de melhorias na produção do revestimento em argamassa.

Após a sistematização de todos os valores obtidos durante o período de pesquisa empírica, Costa realizou análises cruzadas desses dados, permitindo a comparação entre todos os canteiros estudados. Primeiramente, foi comparado as notas que cada canteiro ganhou após uma avaliação da pesquisadora a partir da ferramenta de checklist de boas práticas em produção de

argamassa e execução de revestimentos. Esse checklist consistia em uma série de características que o canteiro deveria seguir, para cada item não presente ou existente com falhas na empresa, era computada uma diminuição na nota. Assim, na figura 4 se encontram as notas comparativas encontradas.

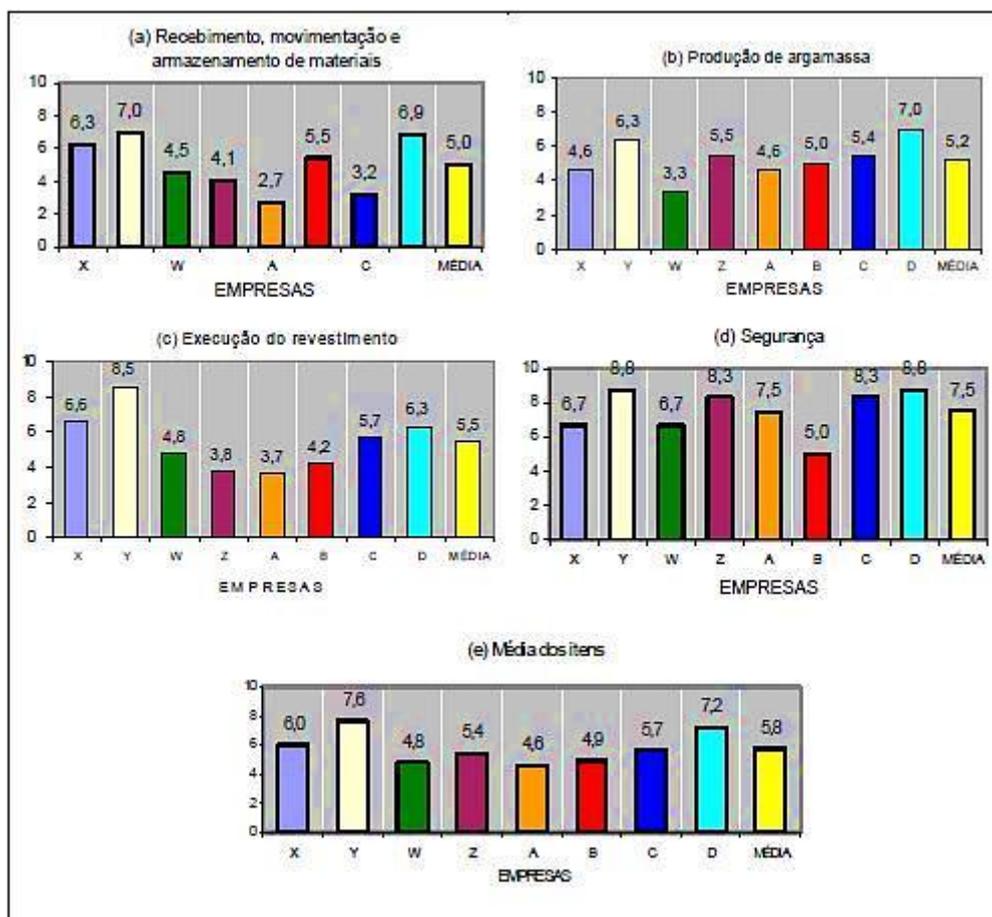


Figura 4- Resultados da Lista de Verificação de boas práticas em produção de argamassa e execução de revestimento em fachadas (COSTA , 2005)

A partir dos resultados a pesquisadora percebeu a dificuldade em que as empresas ainda possuem em criar uma logística para recebimento, armazenamento e movimentação da argamassa nas empresas em geral, principalmente no canteiro A, que teve uma nota baixa devido a atrasos, transporte ineficaz e armazenamento prejudicial à qualidade do material. Além do mais, as notas de produção e execução de revestimento foram abaixo do esperado, o que aponta a necessidade de melhorias em todas as empresas no geral. Na média geral, apenas as empresas Y e D tiveram notas consideradas satisfatórias, as demais empresas tiveram resultados do checklist entre razoáveis e baixos.

Outro aspecto investigado foi o índice de produtividade, que foi calculado apenas pela unidade direta de produção, isto é, serventes e pedreiros (HH/m²). Na figura abaixo, percebe que

a maioria das empresas ultrapassou a recomendação da TCPO 12 (2003), que indica que a produtividade média para um revestimento de 2 cm deve ser por 1,23 HH/m². Em adição, a empresa A, que teve a menor nota checklist realizado, também foi que teve o pior índice de produtividade (2,32 HH/m²), mostrando que aplicação de práticas indesejáveis no sistema de revestimentos em argamassa acaba gerando produtividades baixas. Por outro lado, a empresa Y teve uma produtividade quase de 1 HH/m² devido a utilização de argamassa industrializada e de balancins elétricos, além de dessa empresa ter a maior nota após a inspeção com o checklist feito por Costa. Segue pela figura 5 os valores de produtividade encontrados nos canteiros.

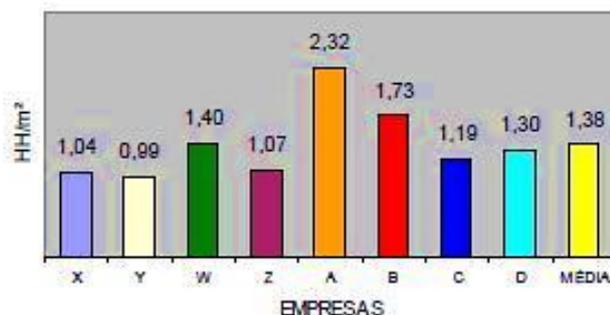


Figura 5- Resultado do cartão de Produção de equipe, em HH/m² (COSTA, 2005)

Seguindo a análise dos aspectos escolhidos por Costa, tem-se o índice de perdas de materiais. Esse índice foi dividido entre perdas por espessura excessiva e outras perdas, sendo medidas de maneira empírica em todas as oito obras. Primeiramente, Costa mediu as variações de espessura de argamassa em fachadas realizadas durante o período estipulado. A pesquisadora considerou como 2,5 cm o valor de espessura de projeto para as empresas X,Y,W,A,D e 2 cm para as empresas Z,B,C. A análise das medições mostrou grandes variações de espessura, tendo empresas com pontos de espessura muito pequenos e pontos com valores excessivos. Segundo Costa (2005), as variações são decorrentes da falta de controle geométrico da execução, assim como da influência pessoal causada pelo operário que executa o serviço. Por conseguinte, é preocupante essas variações no produto final, pois acabam gerando pontos frágeis, bem como desperdício de materiais e falta de homogeneização.

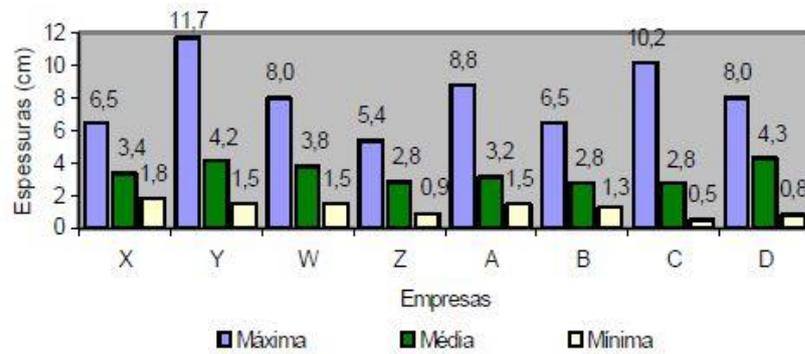


Figura 6- Espessura de revestimento de fachada de argamassa nas oito empresas em análise (COSTA, 2005)

Já as perdas globais foram quantificadas em apenas 7 empresas, uma vez que a empresa D apresentou problemas nas medições, gerando assim resultados não confiáveis. Dessa maneira, as variações de perdas que englobam transporte, aplicação, manuseio da argamassa, regulamento e espessura excessiva ficaram nos valores entre 66% e 99%. Percebe-se então, altos valores de perdas em todas as empresas no geral, ficando inerente a necessidade de melhorias na racionalização de materiais. A pesquisadora informa a grande necessidade de empresas investirem na gestão do controle de perdas a fim de tentar diminuir esse constante problema existente em canteiro de obra atualmente no Brasil. A figura 7 indica as porcentagens de perdas e suas origens em cada empresa estudada.

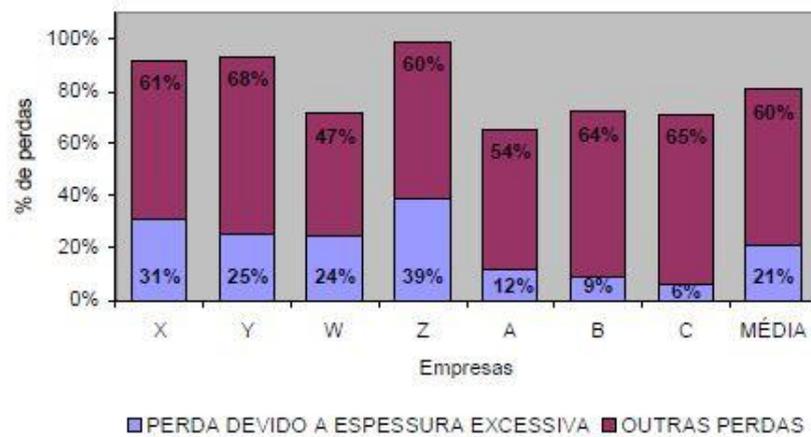


Figura 7-Perdas de argamassa nas empresas (COSTA, 2005)

O último aspecto investigado por Costa foi a manifestação de patologias nas fachadas realizadas nas 8 construções. Seguindo a análise, apenas 4 construções apresentaram problemas de patologias em seu produto final, sendo a retração e a apresentação de fissuras como as falhas

principais nessas fachadas. Em adição, foram às empresas X, W, A e C as que apresentaram maiores variações de traço e, por conseguinte, os problemas mais significativos de patologia. No geral, nas 4 empresas que foram avaliadas obtiveram resultados com mais da metade da área de fachadas sem apresentar problemas de patologia. Por outro lado, a empresa Z foi a que teve a maior porcentagem de paredes com mais de 40% de fissuras perceptíveis. Já as empresas D e A tiveram quase um terço de suas paredes com até 40% de fissuras visíveis. Isso demonstra a necessidade de um controle rigoroso do traço, bem como a realização correta da cura no revestimento.

Segue abaixo toda a classificação realizada pela pesquisadora nas obras que foram avaliadas após a execução do serviço.

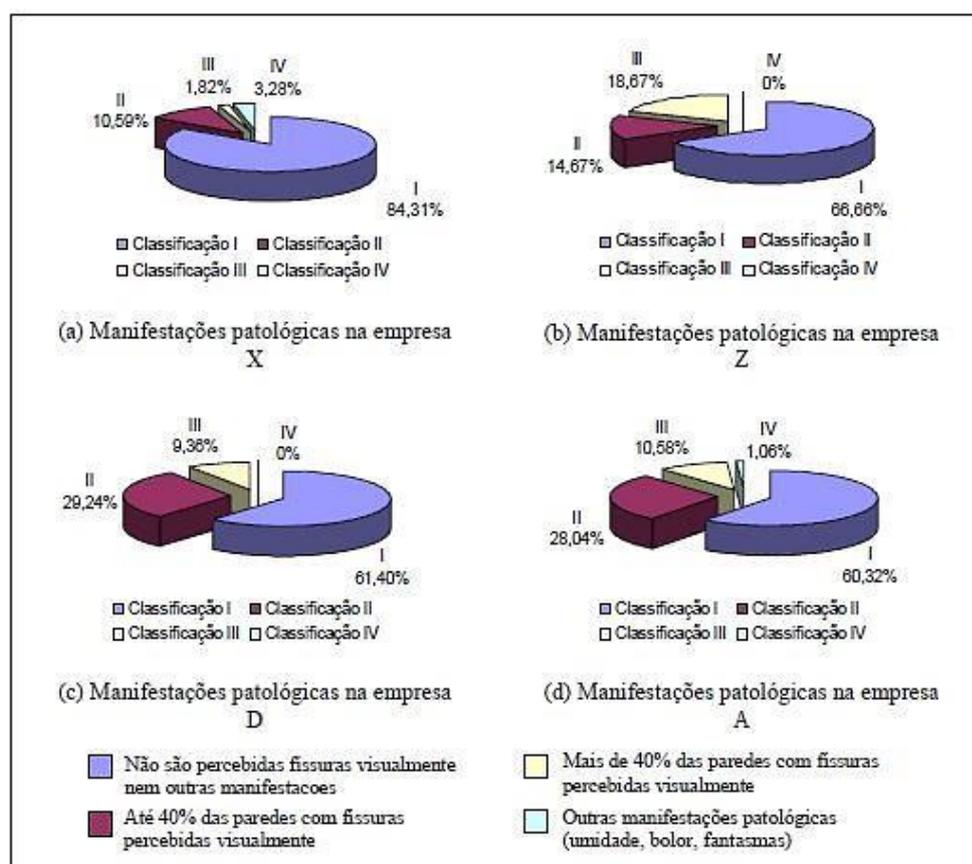


Figura 8 - Incidência de manifestações patológicas na obra (COSTA, 2005)

Após a análise dos 4 aspectos investigados(processo de produção, índice de produtividade, índice de perdas e desempenho final), Costa concluiu que nenhuma das empresas apresentou resultados satisfatórios. Isso se deve ao fato da inconstância apresentada nesses aspectos, isto é, enquanto algumas se destacavam em um aspecto, a mesma havia falhas graves em outros. Dessa forma, ainda não há o domínio do processo de execução, sendo os resultados negativos apontados muito semelhantes aos encontrados em trabalhos anteriores como

variabilidade de espessura, demora no transporte, falta de logística na produção, etc. Como consequência, a pesquisadora mostra as grandes oportunidades de melhorias que existem nos canteiros de obra, não sendo necessários grandes investimentos. Essas oportunidades de aprimoramento englobam desde a criação de um projeto de argamassa a ser seguido durante a construção, até uma capacitação do próprio operário que executa o revestimento a fim de torná-lo o principal fiscalizador pelo controle do serviço. Dessa forma, Costa conclui que a chave da efetividade está na capacitação pessoal e prevenção da falha que ocorreria, e não na fiscalização de erros realizados por um controle externo, como ainda é defendido em políticas de certas empresas no cenário nacional da construção civil.

2.3 PARAVISI (2008)

O trabalho de Paravisi trata-se de uma tese de Mestrado realizado no período de 2008 na UFRGS e se fundamentou na comparação de sistemas de produção de revestimentos em argamassa por duas metodologias: a maneira convencional e a maneira projetada. A fim de realizar essa comparação entre dois sistemas distintos, a pesquisadora se baseou em trabalhos anteriores realizados, sendo a tese de Costa (2005) como um dos pilares de seu trabalho.

A pesquisa se deu então pela parceria entre UFRGS e Comunidade da Construção de Porto Alegre-RS, a partir de uma metodologia aperfeiçoada do método de Costa (2005), abrangendo agora os sistemas manual e mecanizado de produção de revestimentos. Em adição, o trabalho se realizou em três canteiros de obras gerenciados por diferentes empresas, sendo que o primeiro canteiro foi utilizado apenas como um estudo exploratório, que é importante para testar a metodologia que se pretende aplicar no estudo, servindo assim como um aprendizado e treinamento do observador (CERVO e BERVIAN, 2002). Dessa forma, o estudo em si ocorreu em dois canteiros de obras de Porto Alegre, o primeiro nomeado E e a segunda construção empossado de V.

O trabalho foi dividido nas seguintes etapas: na primeira etapa a pesquisadora realizou a revisão bibliográfica e a conceituação dos dois sistemas de produção de revestimentos em argamassa, determinando pontos positivos e negativos que foram encontrados em pesquisas anteriores. Já na segunda etapa, se realizou a apresentação da metodologia proposta. Seguindo com a terceira etapa, foram apresentados os valores encontrados no período de coleta de

informações. Por último, a pesquisadora sintetizou as informações, inferindo suas considerações finais.

A metodologia aplicada por Paravisi teve como dois pilares de fundamentação os trabalhos realizados por Costa (2005) e Santos (1995). Entretanto, a pesquisadora viu a necessidade do aprimoramento de uma série de pontos a fim de alcanças os objetivos propostos em seu estudo. Dentre essas alterações está a ampliação da análise da sequencia de produção, que em Costa (2005) foi realizado de maneira pontual nas etapas de emboço/reboco, para uma observação que se estendesse para outras etapas, como montagem de andaimes, preparação do substrato e chapisco. Essa alteração foi realizada devido à necessidade que a Paravisi notou em determinar a influência que outros serviços adjacentes possuem na produção de revestimento em argamassa, uma vez que várias equipes na obra funcionam em atividades pontuais e especializadas. Dessa forma, as ferramentas de auxílio implementadas pela pesquisadora foram o mapeamento de fluxo de valor e simulação computacional. Além do mais, foi adicionada a avaliação de ensaios da argamassa a permeabilidade a água e da resistência de aderência a tração a fim de avaliar o desempenho do produto final.

Os índices avaliados por Paravisi se assemelham com os de Costa (2005), a determinação desses parâmetros de avaliação são importantes para evitar uma pesquisa que tenha parâmetros não determinantes no desempenho dos sistemas mecanizado e manual. Vale lembrar, que para obter esses índices se utilizou ferramentas de avaliação que auxiliaram o observador na coleta. Dessa forma, na Tabela 2 encontra-se o resumo dos índices e as ferramentas em que o estudo de Paravisi se fundamentou para comparação dos dois objetos de estudo.

Tabela 2– Índices de Desempenho e Ferramentas Aplicadas na Metodologia de Paravisi (2008);

Período	Índice de Desempenho	Ferramentas Usadas
Ao Longo do Processo	Descrição do Sistema	Mapofluxograma / Diagrama de Processos / Mapeamento de fluxo de Valor
	Produtividade	Cartão de produção/ Amostragem de Trabalho
	Consumo de Material	Tabelas de consumo (almoxarifado)
	Custos	Tabela de Custos / Planilhas Orçamentárias
	Perdas	Tabela de Espessuras/Tabela de Estoque e Perda
Produto Final	Falhas no Produto Final	Inspeção Visual/Registro de Imagens
	Desempenho do Produto	Ensaio de Resistência a tração e Permeabilidade a água
Potencial do Sistema	Oportunidades de Melhoria	CheckList de Verificações

A coleta de dados se deu da seguinte maneira, primeiramente realizou o estudo de caso na empresa E que possuía em seu canteiro de obras aplicação da argamassa com projeção mecanizada realizando a produção da fachada do edifício de 15 pavimentos, essa observação durou cerca de 5 meses. Já o segundo estudo de caso se deu na empresa nomeada V, que utilizou tanto o sistema manual quanto o sistema mecanizado para produção dos revestimentos em argamassa. Essa obra possuía 11 edificações de 4 pavimentos cada e, durante dois meses foi realizado a coleta de dados entre equipes que se dividiram na realização de revestimentos pelo método convencional e projetado. Além disso, todos os dados obtidos nesses dois estudos de caso foram comparados aos encontrados nas 8 empresas estudadas por Costa (2005).

A empresa E utilizou argamassa industrializada em seus revestimentos e o bombeamento se dava por bombas de argamassa com um mangote de 40 m localizadas no último pavimento, além de utilizar a execução todo em massa única.



Figura 9 - Realização da Talisca e Metra (a) e projeção da argamassa (b) na fachada o da empresa E (PARAVISI, 2008);

A empresa V por sua vez possuía equipes de produção de revestimentos, sendo que a equipe A utilizava a produção projetada e as equipes B e C as que usavam o método convencional. Na empresa em questão, ambas as equipes usaram argamassa industrializada e andaimes fachadeiro para confeccionar as fachadas das edificações.



Figura 10- Projeção da argamassa (a) e execução do sarrafeamento e desempenho(b) na fachada da empresa V (PARAVISI, 2008);

A produtividade média da empresa E foi de $1,67 \text{ Hh/m}^2$ na produção de suas 5 fachadas que totalizou $608,7 \text{ m}^2$ de revestimento, esse valor foi ajustado a $1,25 \text{ Hh/m}^2$ para ser comparado ao método de Costa (2005) que era menos abrangente. No entanto, o índice calculado em m^2/dia não foi realizado devido a instabilidade no processo, que apresentou constantes trocas na equipe e não havia dedicação exclusiva a essa atividade. Essa mesma empresa foi avaliada por Costa (2005) e tinha como identificação Y, porém na época a empresa só utilizava o método convencional de produção de revestimentos e possuía balancins elétricos.

Vale lembrar que no estudo anterior, foi essa empresa que apresentou o melhor índice de produtividade em relação aos demais ($0,99 \text{ Hh/m}^2$). Dessa forma, a comparação mostra que a produtividade da empresa pelo método convencional foi melhor que a produtividade do sistema mecanizado que se justifica pela importância que balancins elétricos possuem em obras verticais, fato que ocasionou momentos de ociosidade na empresa E devido à necessidade de esperar a movimentação do balancim mecânico.

Já na empresa V, os valores de produtividade foram de $1,14 \text{ Hh/m}^2$ ou $14,79 \text{ m}^2/\text{dia}$ na equipe A, que utilizou o sistema mecanizado de produção; enquanto nas equipes B e C que usaram o sistema convencional obtiveram média de $1,00 \text{ Hh/m}^2$ ou $16,43 \text{ m}^2/\text{dia}$ por pedreiro. A figura 11 demonstra que o sistema mecanizado na empresa V teve produtividade superior ao de empresa E e também a todas empresas estudadas por Costa (2005), que por sua vez aplicaram a produção convencional. Entretanto, na mesma equipe V a produtividade das equipes B e C (convencional) foi melhor que a produtividade da equipe A (mecanizada). Por conseguinte, a pesquisadora indica que problemas de sincronização de atividades, a falta de habilidade com o equipamento e baixa qualificação da mão de obra foram vitais na queda do desempenho.

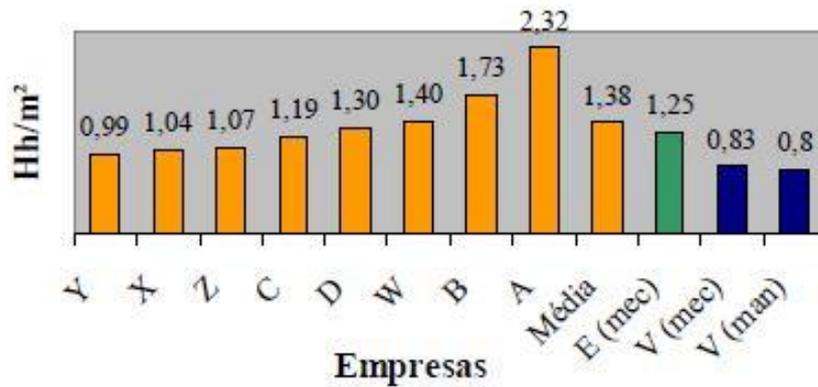


Figura 11- Produtividade das 8 empresas analisadas em Costa (2005) e nas empresas V e E em estudo (PARAVISI, 2007);

Já os resultados de consumo de argamassa apresentaram resultados bem satisfatórios em ambas as empresas. As duas empresas obtiveram consumo próximos ao valor estabelecido pelo fornecedor de 17 kg/m².cm para o sistema mecanizado. Enquanto a equipe A da empresa V obteve consumo médio de 21 kg/m².cm e a empresa E teve um consumo médio de 18,83 kg/m².cm, as equipes B e C consumiram praticamente 49% a mais de argamassa. Esse maior consumo é justificado por Paravasi devido ao sistema manual ter apresentando maiores variações no traço e também nas espessuras médias do revestimento, uma vez que a variabilidade causada pelo operador é muito mais influente no sistema convencional de produção em argamassa.

O terceiro índice de desempenho investigado foi o de perdas, esse foi o aspecto que apresentou as melhorias mais significativas quando comparado os dois sistemas de produção de revestimento. Como é possível observar na figura 12, o índice de perdas por espessura excessiva, que nos trabalhos de Costa (2005) eram praticamente 21% responsáveis pelo desperdício de argamassa, caiu para praticamente 5% em empresas que utilizaram o sistema mecanizado. Mais drástico ainda foi à redução de perdas no processo, que no sistema convencional obteve média de 60% de perdas de material e que caiu para uma média de 20% nas empresas E e V estudadas por Paravisi.

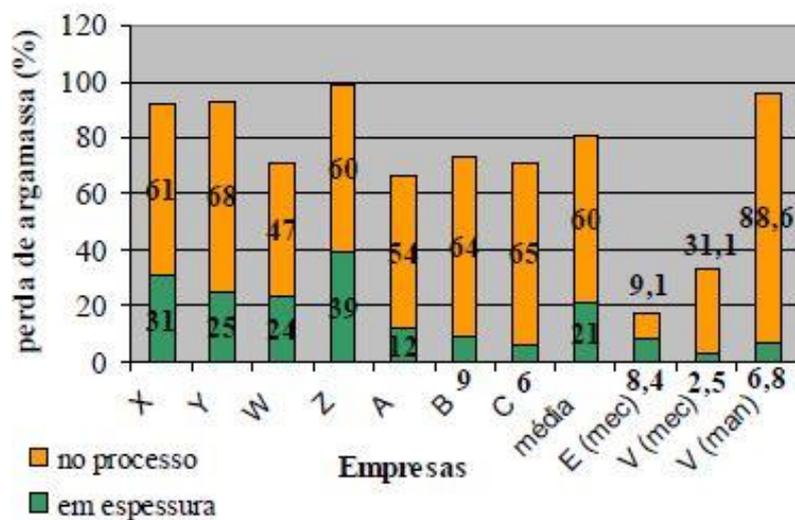


Figura 12- Distribuição de perdas de argamassa nas 8 empresas analisadas em Costa (2005) e nas empresas V e E em estudo (PARAVISI, 2007);

Esses resultados confirmam o que diversas pesquisas anteriores já indicavam: a grande vantagem que o sistema de produção em argamassa mecanizado possui em reduzir perdas no canteiro de obras quando comparado ao sistema convencional. Isso é uma consequência da redução de etapas que envolvem transporte, armazenamento e aplicação no material na obra, permitindo assim um controle mais rigoroso da quantidade de insumo usado por unidade de produto final executado, bem como menores probabilidades de perda devido ao caminho percorrido no transporte e na aplicação. Além do mais, a menor variabilidade no processo mecanizado garante espessuras mais uniformes e quantidade mais constantes de argamassa por área executada.

Seguindo a análise dos parâmetros de comparação, têm-se os custos para realização das fachadas, que foi o quarto índice analisado por Paravisi. A pesquisadora obteve valores por metro quadrado bastante semelhante nas empresas E e V, enquanto a empresa V teve o custo total da fachada produzida de R\$14,40/m² para a empresa A (projeto) e R\$14,71/m² (manual), a empresa E teve um custo total aproximado de R\$ 21,44/m².

O maior custo que a empresa E possuiu foi devido ao aluguel de balancins elétricos, que não foram bem aproveitados, gerando tempos ociosos na produção e não trouxeram diminuição no custo da mão de obra para execução das fachadas em argamassa.

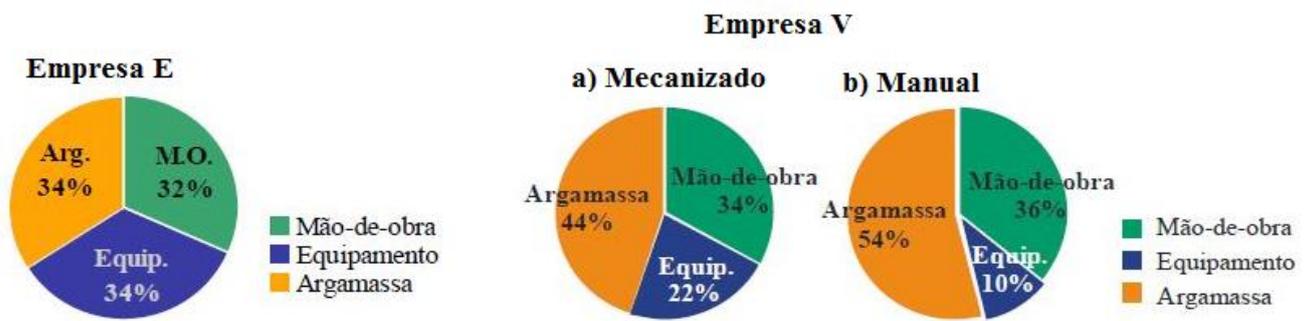


Figura 13- Porcentagem dos custos de argamassa por metro quadrado e nas empresas V e E em estudo (PARAVISI, 2007);

O último aspecto investigado por Paravisi foi o desempenho final do Produto, levando em conta tanto aspectos patológicos como também resultados de ensaios em laboratórios. A observadora explica durante a pesquisa que os resultados gerados em fachadas que receberam argamassa projetada foram superiores tanto na aderência como na permeabilidade a água; entretanto, esses valores possuem intervalos de confiança reduzidos uma vez que fatores externos como o clima, intensidade de raios solares, presença de constata ventanias, entre outros, podem acabar alterando os resultados. Dessa forma, para que os resultados fossem mais expressivos, era necessário que esses fatores fossem completamente iguais entre empresas, algo é inviável na prática.

Seguindo essa linha, mesmo o método mecanizado das empresas E e V foi constatado diversos corpos de prova com resistência a tração abaixo do determinado pela Norma 13749 (ABNT,1996), que é de 0,3 Mpa. Esses valores abaixo do limite foram diretamente afetados por erros produção do traço da argamassa que geral um material excessivamente fluído, bem como erros na execução do sarrafeamento e desempenho.

O mesmo se observou nos ensaios de permeabilidade a água, que apresentou certa dificuldade em ser coletado devido a vazamentos nos ensaios. Porém, nas duas empresas os valores de permeabilidade estiveram na faixa de recomendação do CTSC (1976), dessa maneira obtiveram resultados de desempenho satisfatórios.

Após a obtenção dos dados e análise dos índices de desempenho, Paravisi obteve conclusões que se assemelham com as considerações finais de Costa (2005). Primeiramente, a pesquisadora notou que apesar da produtividade do sistema mecanizado da empresa V ter sido superior as demais empresas que utilizaram o sistema manual, esse valor foi inferior ao apresentando pela mesma empresa V que possuía equipes realizando o serviço pelo método

convencional. Assim, ainda é necessário aprimoramentos em atividades adjacentes a projeção, que ainda são manuais e acabam limitando o desempenho do sistema projetado como um todo.

Outros aspectos que ainda necessitam de melhorias é utilização da bomba de argamassa que apresentou constantes problemas nas empresas E e V e causaram interrupções na execução dos revestimentos. Dessa forma, planejamento prévio e capacitação são essenciais para diminuir ociosidades que prejudicam não só o produto final, como também afeta o custo do revestimento por metro quadrado devido ao aluguel de equipamentos e pagamento da mão de obra.

Por outro lado, o ganho mais expressivo com a utilização do sistema mecanizado foi no índice de perdas que apresentou reduções significativas em relação ao sistema convencional, tendo as empresas E e V com índices de 17,65% e 33,65% respectivamente enquanto a média das empresas analisadas por Costa (2005), que usaram a execução convencional, obtiveram média de 81%. Essa melhoria perceptível é consequência da simplificação do fluxo de material, mecanização do transporte e aplicação uniforme da argamassa que acabam gerando um controle mais rígido durante o todo o processo.

O custo por sua vez, também apresenta vantagens no sistema mecanizado de produção devido ao menor tempo de pagamento de mão de obra, material utilizado racionalmente e período de aluguel de bombas. É necessário, porém, um volume de argamassa mínimo que possa diluir os maiores investimentos iniciais de aluguel dos equipamentos e preparação do canteiro.

3. MÉTODO DE PESQUISA

3.1 ESTRATÉGIA DA PESQUISA

A pesquisa teve como foco a investigação no processo de produção de revestimentos em argamassa praticado em uma construção residencial localizado no setor Noroeste da cidade de Brasília, no Distrito Federal. Toda análise realizada nesse estudo se relaciona ao processo de execução de revestimento em argamassa realizado de maneira mecanizada e convencional.

Segundo Yin (2001), a análise de um parâmetro qualquer pode ser feita de maneira isolada, onde apenas uma variável é investigada (*within-case studyanalysis*); além de cruzamentos de dados que também geram resultados plausíveis (*cross-case studyanalysis*). A metodologia aplicada nesse estudo baseou-se nos dois caminhos a fim de alcançar conclusões mais efetivas e interconectadas a fatores externos e internos do ambiente de obra.

O estudo realizado segue um delineamento para alcançar os objetivos propostos a partir da divisão em três grandes etapas. Durante a primeira etapa, realizou-se uma pesquisa bibliográfica através da literatura nacional e internacional, como forma de auxílio para uma melhor fundamentação teórica do problema, que é essencial durante o desenvolvimento de todo o trabalho proposto. Vale lembrar que essa etapa não se limita a um intervalo de tempo, pelo contrário, teve envolvimento durante todas as fases do projeto: desde a criação desta metodologia para coletar os dados, como para a análise dos resultados obtidos.

A pesquisa bibliográfica se fundamenta nos processos envolvidos no sistema mecanizado e manual de revestimentos em argamassa. Durante a aplicação da metodologia proposta, foi sempre buscado maneiras viáveis de se obter informações referentes aos dois sistemas, além de sistematizar, de forma sucinta, todas as variáveis para que a obtenção de comparações entre os sistemas gere conclusões satisfatórias.

Já na segunda etapa do trabalho, ocorreu uma investigação dos pontos positivos e negativos presentes no canteiro da obra, conhecendo os meios de produção utilizados pela empresa. Mais adiante, foi identificado todos os fatores influentes nos sistemas mecanizados e convencionais que provocam benefícios ou prejuízos na construção. É importante salientar que durante essa etapa, a interação entre o pesquisador, gestores e operários da obra são essenciais para uma eficiência na coleta dos dados. Por meio do acompanhamento diário da obra e aplicação de ferramentas de medição se obteve o diagnóstico vigente na empresa/obra.

Vale lembrar que durante a segunda etapa foi vital uma padronização do modo de obtenção dos dados a partir das ferramentas de medição, de modo a evitar discrepâncias nas informações adquiridas devido a eventualidades locais e também a influências do observador na medição, o que pode tornar os dados imprecisos e incoerentes.

Já a terceira e última etapa do estudo se caracterizou como a fase de sistematização do conjunto dos dados obtidos e suas respectivas análises. Durante essa etapa de diagnóstico de informações, uma série de digramas, laudos, gráficos e comparações se constituíram como artifícios que permitiram conclusões mais coesas e claras ao pesquisador. A partir da última etapa, relatório informativo a respeito de todo processo de obtenção de dados foi realizado, além de comparações de desempenho criadas e problemas identificados nas obras ao longo do estudo. Por conseguinte, também houve a indicação de possíveis melhorias que podem potencializar o sistema de revestimento mecanizado e convencional.

3.2 DEFINIÇÃO DO MÉTODO DE AVALIAÇÃO DA PRODUÇÃO

A metodologia do estudo teve como principal referência dois modelos de avaliação, um primeiro proposto por Costa (2005) e um segundo proposto por Paravisi (2008). As duas referências também possuem uma grande fundamentação nos estudos de Santos (1995). Assim, a partir desses estudos anteriores, procurou-se adaptar à metodologia as condições do novo local de estudo.

3.2.1 MÉTODO DE COSTA (2005)

O método proposto por Costa (2005) tem como objetivo obter fatores que limitam a produtividade dos processos mecanizados de revestimento em argamassa, bem como oportunidades de melhoria nessa unidade a ser estudada. A Figura 14 representa todas as ferramentas utilizadas para atingir os objetivos da metodologia proposta por Costa (2005).

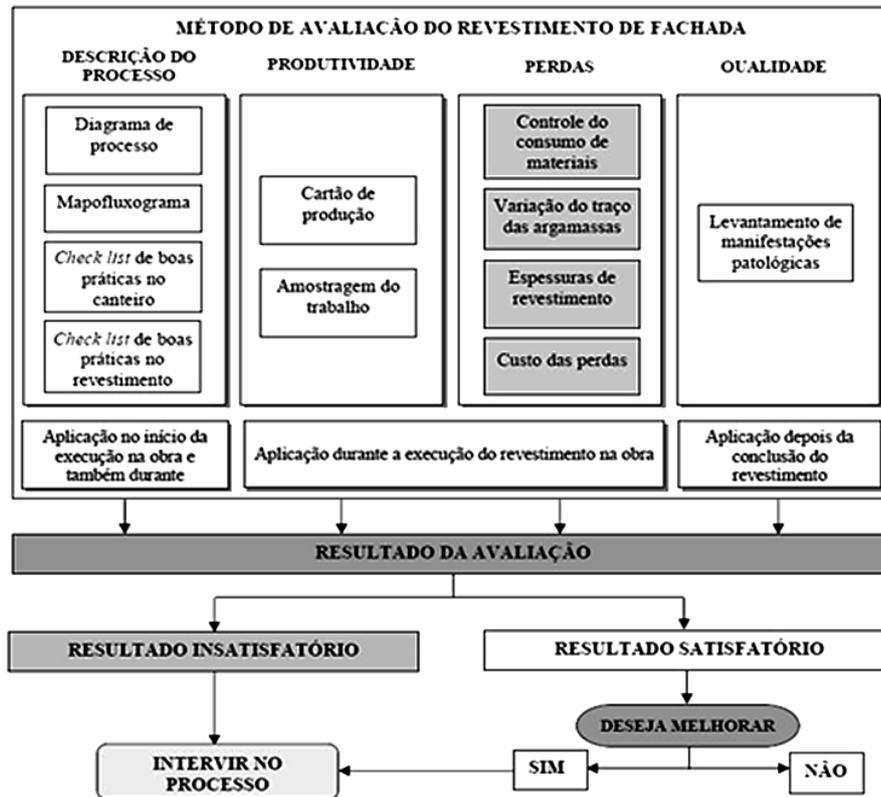


Figura 14- Método de avaliação de execução de revestimentos de fachada de argamassa (COSTA, 2005)

3.3 MÉTODO PROPOSTO

A metodologia proposta aqui engloba a obtenção de parâmetros de desempenho que envolvem produtividade, qualidade e custos. A partir de observação direta, várias etapas do processo construtivo foram documentadas pelo observador a fim de se conseguir resultados mais fiéis possíveis da realidade.

As observações diretas necessárias para o trabalho foram predominantes na etapa dois, onde os dados coletados serviram para gerar os índices de desempenho. Todas as observações foram feitas nas horas diárias em que o observador esteve no canteiro de obras, variando periodicamente o índice coletado. Por conseguinte, durante períodos que o observador não esteve na obra, foi de suma importância à anotação em planilhas, fornecidas pelo observador, por parte

de alguns integrantes da empresa como responsáveis pelo almoxarifado, mestre de obras e demais estagiários.

Assim como feito por Paravisi (2008), cada determinado grupo de ferramentas de análise foi responsável por auxiliar na obtenção informações qualitativas e quantitativas relacionadas a determinados aspectos que são vitais na comparação dos dois sistemas de produção. Como apresentado na Tabela 3, podem-se observar os índices de desempenho que foram fixados na metodologia e também o produto final que se pretende obter por meio do estudo. Assim, os dados Tabela 3 são baseados nos estudos realizados por Paravisi (2008):

Tabela 3- Aspectos investigados pelas ferramentas de Análise

Índices de Desempenho	Produto Final
Descrição do Sistema	Falhas na execução
Produtividade	Desempenho do Produto
Consumo	Potencial do Sistema
Perdas	Comparações entre sistemas
Custos	Oportunidades de Melhoria

A seguir será detalhado cada índice imposto no estudo, assim como as ferramentas e métodos que se aplicaram durante a etapa de coleta de informações.

3.3.1 DESCRIÇÃO DO SISTEMA

Paravisi (2008) indica a importância de conhecer profundamente os processos de produção de argamassa pelo método mecanizado e convencional regido no canteiro de obras precipitadamente antes de avaliar qualquer outro índice de que irá ser estudado. Dessa maneira, é possível reconhecer os métodos de produção realizados pelos funcionários, a quantidade de etapas até atingir o produto final e possíveis fatores de influência. Para realizar esse primeiro índice foi necessário realizar observações de campo de maneira direta e desenvolver um mapofluxograma.

3.3.1.1 OBSERVAÇÕES DE CAMPO DE MANEIRA DIRETA

As observações se realizaram periodicamente no canteiro de obras do empreendimento localizado no Setor Noroeste, Brasília-DF. Durante as observações foi registrado anotações dos procedimentos que se estavam sendo realizadas, além das condições climáticas, horários, possíveis temporalidades que estejam influenciando no processo, entre outras evidências. Toda essa documentação teve auxílio de registros fotográficos úteis para eliminar possíveis dúvidas na etapa três do estudo. Conforme Costa (2005) estabelece, é importante focalizar apenas em informações relevantes, evitando o acúmulo de dados ineficazes bem como um possível desvio de análise.

3.3.1.2 MAPOFLUXOGRAMA

Essa ferramenta permite uma visualização mais clara de todas as etapas pertencentes aos processos mecanizado e convencional. Dessa maneira, é possível quantificar os caminhos necessários para se obter o produto final do processo, enfatizando equipamentos e transporte, além do recebimento, armazenamento e movimentação de materiais. Dessa forma, o mapofluxograma foi realizado pelo pesquisador a fim de quantificar todos os processos construtivos relacionados com argamassa praticados no canteiro de obras.

3.3.2 PRODUTIVIDADE

Costa (2005) infere que o índice de desempenho de produtividade é essencial para quantificar vantagens e desvantagens que os sistemas de produção de revestimentos possuem. Por conseguinte, a realização da coleta dessas informações relacionadas à produtividade utilizou as ferramentas de cartão de produção e amostragem do trabalho. Essas dois instrumentos foram aplicados através da observação direta na obra e coleta periódica de determinado dados.

3.3.2.1 CARTÃO DE PRODUÇÃO

O cartão de produção aplicado nesse estudo foi idealizado por Santos (1995). O cartão de produção teve, semanalmente, seu preenchimento atualizado através de observação direta. O

cartão de produção, mostrado na Figura 15, permite a obtenção de três índices de produtividade: Hh/m², m²/hora e m²/dia.pedreiro, que serão explicados a seguir.

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 ²)	Índices de produtividade
			m ² /hora
			m ² /dia
			HH/m ²
		Produção total:	
Obs:			
CROQUI			

Figura 15- Modelo de Cartão de Produção utilizado no canteiro de obras (COSTA, 2005)

Paravisi (2007) propõe uma análise dos sistemas de produção como um todo, levando em conta os operários e tempo necessário desde a montagem dos andaimes como para a aplicação do revestimento como um todo. Assim o índice de produtividade Hh/m² envolve toda a equipe de produção, levando em conta todo tempo utilizado pela equipe de operários para realizar a área do revestimento. A Equação 1 mostra a determinação do índice de produtividade P_{RI} :

$$P_{RI} = \frac{Hh}{A} \quad \text{Equação 1}$$

Sendo: Hh = homens-hora utilizados na produção (Hh)

A = área de fachada produzida (m²)

Já o segundo índice de produtividade, m²/dia.pedreiro, é bastante utilizado em obras por ser mais fácil de ser controlado. Esse índice quantifica apenas os operários que estão na etapa de produção de revestimento, não contabilizando as outras equipes necessárias nas etapas que pertencem ao sistema convencional e mecanizado. A equação 2 mostra a determinação do índice de produtividade P_{R2} :

$$P_{R2} = \frac{A}{N}$$

Equação 2

Sendo: N = número de pedreiros da equipe
A = área de fachada produzida por dia (m²/dia)

Por último, também se calculou a produtividade na unidade de m²/hora, que apenas contabiliza o quanto de área de revestimento foi executado por hora de serviço. Dessa forma, o cálculo desse tipo de índice não contabiliza a o tamanho da equipe envolvida no sistema construtivo; logo apenas serve como um valor indicativo para construtora ter conhecimento de quanto de reboco é produzido ao longo do expediente.

3.3.2.2 AMOSTRAGEM DE TRABALHO

Através da amostragem de trabalho é possível quantificar os tempos produtivos e improdutivos do sistema de produção, indicando tempos ociosos e eventuais problemas presentes no sistema. Dessa forma, a análise dos dados obtidos nessa ferramenta é de fundamental aplicação para indicar oportunidades de melhoria do sistema (COSTA, 2005).

Essa ferramenta foi utilizada em períodos intervalados, visto a inviabilidade de ser realizado diariamente esse tipo de observação que demanda tempo e acurácia do observador. Além do mais, esse tipo de observação deve ser feita em períodos aleatórios para evitar que o observador influencie o comportamento dos operários que estão realizando a produção dos revestimentos (SANTOS ,1995). Também se analisou a viabilidade da comparação da produção de um apartamento com argamassa projetada e outra com argamassa convencional. A amostragem de trabalho será feita de acordo com o formulário apresentado na Figura 16.

3.3.4 PERDAS

O índice de desempenho para perdas foi dividido em dois fatores responsáveis pela sua geração: o índice de perdas globais e o índice de perdas por espessura excessiva. As diferenças entre as duas perdas foram especificadas como outras perdas ao (longo do processo), tendo como responsáveis o transporte e armazenamento da argamassa. Dessa maneira, o estudo levou em conta as perdas de material, equipamento e mão de obra. Logo, as perdas foram medidas em quilogramas de argamassa.

3.3.4.1 PERDAS GLOBAIS DO SISTEMA CONSTRUTIVO

Paravisi (2007) esclarece que o único material analisado em relação a perdas é a argamassa de acordo com o consumo previsto fornecido pelo fabricante em kg/m² por cm de revestimento executado. Dessa maneira a Equação 4 que quantifica as perdas globais do sistema será a seguinte:

$$P_{\text{PROC}} = \frac{[(M_{\text{CONS}} - (C_{\text{ARG}} \cdot E_{\text{MED}} \cdot A))]}{E_{\text{MED}} \cdot A \cdot C_{\text{ARG}}} \quad \text{Equação 4}$$

Sendo:

P_{PROC} = perdas durante o processo (%)

M_{CONS} = material consumido (kg)

E_{MED} = espessura média real (cm)

A = área de fachada produzida (m²)

C_{ARG} = Consumo de argamassa prevista por m² por cm de espessura (kg/m²cm)

Para obter o valor de material consumido, se utilizou os valores coletados na planilha de consumo que foi explicado anteriormente. As medições de perdas durante o processo foram medidas diariamente, acumuladas durante uma ou duas semanas para que o resultado seja mais preciso e sem influências de questões temporais como equipe desfalcada, condições climáticas, problemas com equipamentos, etc. A espessura média também foi coletada por observação direta e será explicada a posterioridade. Por último, o valor de C_{ARG} foi informado pelo fornecedor.

3.3.4.2 PERDAS PELA ESPESSURA EXCESSIVA

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 (AGOPYAN *et al.*, 1998).

Dessa maneira, a quantificação do índice de perdas devido à espessura inadequada é dada pela forma utilizada em Costa (2005) e também nos trabalhos de Paravisi (2007) conforme a Equação 5.

$$P_{ESP} = \frac{[(E_{MED} - E_{PROJ}) \cdot A \cdot C_{ARG}]}{E_{PROJ} \cdot A \cdot C_{ARG}} \quad \text{Equação 5}$$

Sendo:

P_{ESP} = perda em espessura excessiva (%)

E_{MED} = espessura média real (cm)

E_{PROJ} = Espessura especificada (cm)

A = Área de fachada produzida (m²)

C_{ARG} = Consumo de argamassa previsto por m²

Essas perdas foram medidas através de medição direta após a etapa de sarrafeamento. De acordo com NBR13749 (1996), a espessura de revestimentos em argamassa devem apresentar valores entre 2 e 3cm. Por conseguinte, as medições serão realizadas periodicamente, a princípio diariamente e acumulando os resultados com uma ou duas semanas, através de dois pontos de medição: nas regiões inferior e superior da alvenaria. Esses dois pontos de medição são úteis para apontar possíveis erros de alinhamento que ocorrem em edificações (PARAVISI, 2008).

3.3.4.3 OUTRAS PERDAS

Devido à dificuldade de se estimar outras perdas em um canteiro de obra, Costa (2005) propõe e quantificação dessas através de uma equação que mostra toda perda de material proveniente de outros fatores como transporte, falhas no armazenamento, entre outros, de acordo com a Equação 6.

$$P_{OUTRAS} = P_{PROC} - P_{ESP} \quad \text{Equação 6}$$

Sendo:

P_{OUTRAS} = outras perdas (%)

P_{PROC} = perda global de argamassa durante o processo (%)

P_{ESP} = perda por espessura excessiva (%)

Todas essas informações de perdas foram sistematizadas em planilhas eletrônicas para que a análise se tornasse mais prática e para futuras conclusões sucintas na etapa três do estudo realizado sobre sistemas de produção em argamassa.

3.3.5 CUSTOS

A análise de custos do estudo levou em conta apenas variáveis diretas relacionadas aos sistemas produtivos de argamassa convencional e mecanizada. Paravisi (2008) defende uma quantificação de custos baseados no custo de argamassa consumida e o custo por hora de equipamentos e da mão-de-obra através das ferramentas de cartão de produção e controle do consumo de argamassa. Assim, o índice de desempenho por custo também utilizou essa metodologia ao longo da pesquisa.

Os custos diretos dos sistemas foram divididos em custos efetivos e custos ociosos a fim de comparar os sistemas mecanizado e manual em relação ao desempenho real de cada um na obra. Assim, para a realização dessa sistematização de valores, todos os custos de mão de obra, aluguel de equipamentos e custo da argamassa foram fornecidos através de planilhas informativas. Para fins de estudo, se considerou o valor do frete de materiais do fornecedor para a obra.

4. DESCRIÇÃO DO SISTEMA

O empreendimento analisado nesse estudo se localiza na região Noroeste, na cidade de Brasília/ DF. O mesmo trata-se de uma construção residencial com 80 apartamentos, sendo a obra constituída de 11 pavimentos (dois subsolos, pilotis, seis pavimentos com apartamentos, cobertura e ático). Para a realização do revestimento em alvenaria, a construção foi dividida em duas Juntas A e B.

Para a comparação entre sistemas construtivos de revestimento em argamassa da alvenaria foi utilizado o sistema mecanizado em 79 apartamentos a partir de bombas de projeção, enquanto em 1 apartamento o procedimento de revestimento se deu pelo método convencional. Nos subcapítulos abaixo serão descritos todas as características de cada sistema consideradas relevantes para que a análise comparativa pudesse ser realizada de maneira eficaz e acurada.

4.1 ARGAMASSA

A execução do sistema de revestimento em argamassa utilizou dois tipos de argamassas com diferentes especificações de desempenho e propriedades. Dessa forma, nos 79 apartamentos em que se executou o método mecanizado, a argamassa Matrix 2203 massa de projeção da Votorantim foi usada para aplicação na alvenaria. Já no único apartamento em que foi aplicado o sistema convencional, se deu preferência em executar com argamassa usinada da Concrecon. Assim, segue abaixo as especificações técnicas de cada um desses materiais.

4.1.1 ARGAMASSA 2203 MATRIX

De acordo com Votorantim Cimentos (2014), a argamassa de projeção Matrix 2203 se constitui em uma mistura homogênea de cimento Portland, agregados minerais com distribuição granulométrica controlada e aditivos químicos. Seguindo as características do fabricante, ela é considerada uma argamassa de textura cremosa e densidade leve, possibilitando sua utilização em qualquer tipo de equipamento de projeção para argamassas de revestimentos. Além disso, a partir de ensaios de desempenho realizados pela empresa fornecedora, é afirmado que o material atende todas as especificações determinadas pelas normas NBR 13749/2013, NBR 7200/1998, NBR 13281/2005 e NBR 13528/2010, podendo assim, ser aplicada como revestimento interno.



Figura 17- Embalagem da Argamassa de Projeção Matrix 2203 utilizada na projeção dos 83 apartamentos (VOTORATIM,2014)

A argamassa Matrix é considerada um material pronto para uso, necessitando apenas a adição de água e mistura para que possa ser aplicada no substrato. Além disso, O tempo máximo de utilização da argamassa 2203 Matrix é de 2 horas, contadas a partir do início da mistura. Ultrapassado o tempo de 2 horas, a argamassa deverá ser descartada. (VOTORANTIM 2014).

Seguem na Tabela 4, algumas especificações técnicas de desempenho fornecidas pelo fabricante referentes ao material fornecido para a obra durante o período de estudo. É importante lembrar que as características do produto variam de acordo com sua usina de origem. Dessa forma, os dados apresentados se referem à argamassa 2203 proveniente da Usina de Sobradinho/DF.

Tabela 4 - Especificações de desempenho da argamassa 2203 obtidas em ensaios normatizados (VOTORATIM ,2014)

Teste	Método do Teste	Resultado
Resistência a compressão (MPa)	NBR 13279/2005	5,5 a 9,0
Densidade aparente no estado endurecido (kg/m ³)	NBR13280/2005	1400 a 1800
Densidade aparente no estado fresco (kg/m ³)	NBR 13278/2005	1600 a 2000

Resistência a tração na flexão (MPa)	NBR 13279/2005	1,5 a 2,7
Retenção de Água (%)	NBR 13277/2005	72 a 85
Resistência de Aderência a Tração (MPa)	NBR 13528/2010 NBR 13749/2013	≥0,2 sem chapisco ≥0,3 com chapisco

Por último, Votorantim (2014) especifica que rendimento da argamassa 2203 possui um rendimento médio de 17 a 19,5 kg/m² para uma camada de 1 cm ou 34 a 36,5 kg/m² para uma camada de 2 cm. Entretanto, esse valor varia em função da aplicação e não considera o índice de perdas em função da aplicação. Também é importante informar que foram utilizados sacos de 40 kg na construção analisada no projeto final.

4.1.2 ARGAMASSA ESTABILIZADA CONCRECON

A argamassa utilizada no sistema convencional foi fornecida pela Concrecon, o produto tem aplicação tanto em elevação quanto revestimento de alvenaria. Segundo Concrecon (2016), essa argamassa permanece estabilizada na baía de armazenamento em um período de 18 horas, dependendo das condições do canteiro e do clima. Logo, não houve problemas ao se utilizar essa argamassa estabilizada ao longo do dia no canteiro de obra, visto que o expediente médio na construção analisada são 9 horas.

Pode ser visto na

Tabela 5 as especificações de desempenho e propriedades referentes à argamassa estabilizada fornecida pela Concrecon. Assim como vale para a argamassa de projeção já mencionada, a argamassa usinada também possui variações nos valores conforme os laboratórios realizam os ensaios.

Tabela 5 - Especificações de desempenho da argamassa usinada da Concrecon obtidas em ensaios normatizados (CONCRECON, 2016)

Teste	Método do Teste	Resultado
Resistência a compressão (MPa)	NBR 13279/2005	4 a 8
Densidade aparente no estado endurecido (kg/m ³)	NBR13280/2005	1690 a 1800

Densidade aparente no estado fresco (kg/m ³)	NBR 13278/2005	1700 a 1810
Resistência a tração na flexão (MPa)	NBR 13279/2005	1,5 a 2,0
Retenção de Água (%)	NBR 13277/2005	80 a 90
Resistência de Aderência a Tração (MPa)	NBR 13528/2010 NBR 13749/2013	≥0,5 MPa

4.2 PROCESSO CONSTRUTIVO

A realização do processo de revestimento em argamassa ocorreu de duas formas a pedido do observador a fim de realizar a comparação entre os métodos mecanizados e convencionais durante o estudo. Em razão disso, um apartamento foi executado pelo método convencional e os outros oitenta e três restantes tiveram sua realização a partir de bombas de projeção. Segue abaixo, a descrição dos processos construtivos referentes a essas duas técnicas utilizadas em campo.

Os dois processos ocorreram de forma simultânea e compartilharam o mesmo espaço físico, a fim de evitar discrepância nos resultados comparativos devido a interferências externas como clima e queda no fornecimento de energia elétrica e água.

4.2.1 PROCESSO CONVENCIONAL DE REBOCO

A execução de um apartamento a partir do sistema convencional de revestimento se deu a partir de um consenso entre o corpo de engenharia, gerência de obras e observador, que gerou a oportunidade de se comparar técnicas e de se observar peculiaridades de cada método. Dessa forma, foi decidido que o apartamento 108 localizado no primeiro pavimento da Junta B seria realizado com uma empreiteira que já estava realizando serviços de elevação de alvenaria e contrapiso.

Como foi já explicado em tópicos anteriores, nesse serviço foi utilizado à argamassa usinada da Concrecon, material que já se encontrava disponível no canteiro por estar sendo utilizado em tarefas de alvenaria. Dessa forma, diariamente um caminhão descarregava

determinada quantidade de argamassa usinada na baía de armazenamento, que era coberta e completamente envolvida com lona plástica, evitando o contato do material com o solo.



Figura 18 – Local de Armazenamento da Argamassa usinada fornecida pela Concrecon que foi utilizada no sistema de revestimento em argamassa convencional

4.2.1.1 DIVISÃO DA EQUIPE

A equipe responsável pela execução desse serviço foi composta de dois operários, sendo um pedreiro e outro ajudante. O primeiro teve a função de realizar o serviço propriamente dito, isto é, responsável pela aplicação da argamassa no substrato, sarrafeamento e desempeno as paredes após o tempo de pega, requadrção e ajustes de retoque. Enquanto isso, o ajudante tinha as funções de transportar das jericas da baía de armazenamento até o apartamento, juntar o material acumulado no chão para reaproveitamento e executar a limpeza do local.



Figura 19 – Equipe 1z, constituída de 1 pedreiro e 1 ajudante, responsável em realizar o reboco do apartamento 108 pelo método convencional.

4.2.1.2 TRANSPORTE

Agopyan et.al (1998) destaca a importância de minimizar distâncias de movimentação de material uma que esse fator é fundamental na economia de tempo de execução do serviço, bem como na direta influência sobre as possíveis perdas de material devido ao transporte. Dessa forma, é possível constatar na Figura 20 que a localização do ponto de armazenamento procurou encurtar a distância de transporte entre o carregamento das jericas com argamassa, até sua movimentação vertical a partir das duas pranchas instaladas na construção.



Figura 20- Transporte vertical da argamassa usinada em jericas por meio da prancha mecânica

Assim, o transporte da argamassa usinada se dividia em movimentação horizontal, em que o operário movimentava o material a partir das jericas, e a movimentação vertical, realizado pelas pranchas mecanizadas. Paravisi (2008) afirma que a etapa vertical é a mais crítica do sistema construtivo de revestimento em argamassa, principalmente causada pela grande movimentação de materiais que passam pela prancha a fim de se realizar diversos processos construtivos como elevação de alvenaria, instalações prediais, execução de contrapiso, transporte de escoras para lajes e vigas e, principalmente, transporte de resíduos gerados.

4.2.1.3 EXECUÇÃO DO REBOCO

Após o transporte do material realizado pelo ajudante e devido recebimento das jericas no primeiro pavimento da edificação, o pedreiro executava o reboco a partir do enchimento da colher de pedreiro e o lançamento do material no substrato. Todas as paredes eram umedecidas antes a aplicação do reboco, algo fundamental na garantia do teor de água da argamassa pois o substrato, através da capacidade de absorção de água, é o principal responsável pela perda de água da argamassa após aplicação, o que pode ocasionar problema na trabalhabilidade da argamassa, bem como reduções na fluidez e adesão da argamassa na alvenaria (BAUER, 2005)



Figura 21 – Processo de umedecimento da alvenaria realizado previamente a etapa do lançamento da argamassa no substrato

O preenchimento da alvenaria com argamassa foi executado de baixo para cima e de maneira contínua para que a adesão da argamassa com o substrato ocorresse de maneira uniforme. Seguindo, enquanto o reboco lançado nas primeiras horas do dia esperava o tempo de pega para se realizar o sarrafeamento e desempeno, o pedreiro continuava lançando a argamassa

manualmente em outros locais, até determinada área em que o mesmo percebia que conseguiria terminar ainda no final do expediente.



Figura 22 - Lançamento da argamassa usinada na alvenaria com colher de pedreiro e sendo feito de baixo para a cima.

Dessa forma, com o início da pega da argamassa no substrato, que variou entre 60 e 100 minutos com observações em campo, o pedreiro começava os processos de sarrafeamento e desempenho do reboco que são processos de acabamento do reboco com o intuito de nivelar e uniformizar a superfície, deixando-a pronta para receber revestimento cerâmico ou pintura. Vale lembrar que os dois instrumentos necessários para realizar o sarrafeamento e o desempenho do reboco são a água niveladora e a desempenadeira, respectivamente. Entretanto, os dois processos não ocorriam de forma simultânea para evitar o aparecimento de fissuras de retração no revestimento devido à argamassa ainda se encontrar em estado muito úmida. (COMUNIDADE CONSTRUÇÃO 2010).



Figura 23 - a) Etapa de sarrafeamento após o tempo de pega da argamassa feito pelo pedreiro e régua .
b) Etapa do desempeno executado com desempenadeira após o devido sarrafeamento.

Durante as etapas de acabamento realizado pelo pedreiro contratado, o ajudante juntava a argamassa que caía no chão devido ao sarrafeamento e a despojava novamente na argamassadeira, como pode ser visto na Figura 24, onde realizava uma nova mistura com água para garantir a trabalhabilidade do material e, fornecia novamente para que o pedreiro pudesse lançar na alvenaria. Essa etapa ocorria periodicamente ao longo do dia, evitando a que a argamassa perdesse muita água no contato com o solo e com o substrato, assim o ajudante foi instruído para levar o material para a argamassadeira sempre o mais rápido possível. Esse processo visa reduzir o índice de perdas de material durante o processo construtivo e não possui nenhuma limitação desde que se respeite o tempo de vida útil do material e a quantidade de água permitida na nova mistura (PALIARI et al. 2001).



Figura 24 – Reaproveitamento da argamassa usinada residual das etapas de lançamento e sarrafeamento, processo realizado pelo ajudante na argamassadeira.

4.2.1.4 FINALIZAÇÃO E LIMPEZA

Por fim, como é visto na figura 25, durante as últimas horas do expediente eram realizados a limpeza do local que se executava o serviço. Enquanto o pedreiro realizava os últimos acabamentos no reboco, que incluía arrumar as caixas de energia e retirar excesso das quinas e dos pés de paredes; o ajudante, por sua vez, varria e limpava o piso, jogando a argamassa inutilizada dentro de jericas e as transportando para os contêineres localizados no térreo.

Além do disso, a argamassadeira e as ferramentas eram limpas pelos dois operários, evitando que o endurecimento da argamassa danificasse-os e pudesse prejudicar o serviço do dia posterior.



Figura 25 – Ajudante de pedreiro realizando a limpeza do local de trabalho, processo que era feito diariamente no final do expediente.

4.2.2 PROCESSO MECANIZADO DE REBOCO

Como já foi explicado anteriormente, com exceção do apartamento 108 que foi rebocado a partir do sistema convencional de revestimento, todos os outros 80 apartamentos da edificação tiveram sua execução a partir do sistema projetado. Dessa forma, o tempo de coleta de dados foi de aproximadamente 4 meses entre Abril e Julho de 2016 e englobou os pavimentos do subsolo, pilotis, e do 1º ao 5º pavimento.

Seguindo, a argamassa utilizada durante o processo mecanizado foi à argamassa de projeção Matrix 2203 da Votorantim, que já foi especificada acima. Esse material era recebido em sacos de 40 Kg e era proveniente da usina de Sobradinho/DF. Esses sacos eram periodicamente entregues no canteiro de obras, onde era devidamente descarregado do caminhão e armazenado em locais apropriados.

4.2.2.1 DIVISÃO DAS EQUIPES

Devido a contratos já realizados pela a empresa, a realização do reboco dos outros 83 apartamentos ocorreu a partir de duas empreiteiras, sendo cada uma responsável por uma junta

da edificação. A prestadora de serviços que será nomeada com X foi responsável pela junta A a partir do 2º Pavimento, enquanto a outra subcontratada, nomeada empresa Y, realizou o reboco da junta B. Dessa forma, a empresa X realizou 35 apartamentos, 1º subsolo e pilotis, e a empresa Y executou o reboco de 48 unidades residenciais.

Além disso, dentro de cada empreiteira havia equipes responsáveis por realizar as frentes de serviço determinadas semanalmente na programação. Assim, cada equipe contava com 1 bomba de projeção e uma quantidade n de pedreiros e ajudantes, sendo que esse valor será melhor detalhado no capítulo referente a produtividade.

4.2.2.2 TRANSPORTE

Periodicamente o canteiro de obras recebia carregamentos de argamassa, sendo as próprias empreiteiras responsáveis do descarregamento e deposição da argamassa ensacada nos devidos locais. Dessa forma, os veículos carregados ficavam poucas horas no canteiro de obra enquanto operários retiravam o material proveniente da Votorantim, o que deixava o local mais limpo e organizado.



Figura 26- Recebimento da argamassa de projeção no canteiro de obras através do caminhão transportador que era rapidamente descarregado por operários.

Visando minimizar o deslocamento do material, que utiliza um considerável contingente de operários e geram oportunidades de perda, a argamassa era arrumada em pallets ao lado das pranchas mecânicas localizadas nas juntas A e B da construção. Dessa forma, assim que era possível utilizar essas pranchas, a argamassa ensacada era levado para os pavimentos que as

bombas de projeção realizavam o reboco. Paravisi (2008) informa que o deslocamento desse material para as frentes de serviço sempre são desafios a serem bem administrados e que, graves problemas podem ser causados nas construtoras que não estabelecem uma gestão eficaz, entre esses problemas a pesquisadora exemplifica: alto índice de perdas, diminuição na produtividade do serviço e necessidade de mais operários por equipe de execução.

Dessa forma, ajudantes movimentavam esses sacos do térreo até o pavimento que era determinado, os separando em montes ao longo da laje, evitando, portanto um possível sobrepeso que pode causar deformações estruturais. Assim, o operador de bomba sempre possuía pallets de argamassa ensacada em sua proximidade, o que aumentava a produtividade e facilitava o esforço do operário ao longo do dia.



Figura 27- Movimentação vertical da argamassa de projeção através das pranchas mecânicas e armazenamento de sacos bem próximo à bomba de projeção.



Figura 28 - Armazenamento da argamassa ensacada em regiões próximas as bombas de projeção.

4.2.2.3 EXECUÇÃO DO REBOCO

A execução do sistema mecanizado de revestimento em argamassa seguiu os mesmos procedimentos pela empresa X e Y, sendo as duas acompanhadas pelo pesquisador durante todos os meses de observação. Assim, o mesmo conseguia analisar, de maneira direta, se as etapas da execução do reboco respeitavam as recomendações da norma. Dessa forma, segue abaixo como as equipes realizavam o serviço pra qual foram encarregados nos contratos.

Primeiramente, o operador ajustava a bomba de projeção no começo do expediente, procedimento que durava em média 30 minutos. Enquanto isso, os pedreiros organizavam os equipamentos e também umedeciam as primeiras paredes que seriam rebocadas. Por último, os ajudantes descarregavam argamassa ensacada que chegavam no canteiro de obra e deslocavam esses sacos para os pavimentos corretos. Logo, foi possível determinar que os primeiros 40 minutos do expediente eram dedicados nessas atividades iniciais, sem projeção da argamassa.



Figura 29 – Operador de máquina realizando a montagem e os ajustes iniciais na bomba de projeção antes de iniciar o procedimento de projeção da argamassa.

Seguindo, a projeção da argamassa na alvenaria se iniciava de baixo para cima como é indicado na Figura 30, com o pedreiro executando faixas horizontais até finalizar um trecho da parede. Essa técnica visa garantir uma adesão na argamassa no substrato, evitando que o fluído escorra de baixo para cima e possa gerar pontos que tenham argamassa sem uma energia de

aplicação necessária. Além do mais, essa técnica facilita a primeira regularização do reboco que é realizado com a régua H (ZANELATTO 2012).



Figura 30 – Pedreiro executando a projeção da argamassa na alvenaria com movimentos horizontais no sentido de baixo para cima.

Após o ajuste inicial da argamassa em relação às taliscas na alvenaria a partir da régua H, instrumento observado na Figura 31, era necessário aguardar o tempo de pega ser alcançado para que o prosseguimento das etapas pudesse ocorrer. Dessa forma, enquanto as primeiras paredes que receberam a projeção de argamassa esperavam, a equipe de pedreiros continuava o lançamento em outras regiões do apartamento até um ponto em que eles conseguiriam terminar o serviço até o fim do expediente.



Figura 31 – Primeira regularização do revestimento feito com régua H e colher de pedreiro, procedimento feito logo após a projeção da argamassa na alvenaria.

Dado o início da pega e o endurecimento da argamassa junto à alvenaria, os pedreiros iniciavam o sarrafeamento e o desempenho das paredes, conforme é ilustrado na Figura 32. Da mesma forma que ocorre no sistema convencional, essas duas etapas ocorrem com o intuito de nivelar, regularizar e dar acabamento a parede. Paravisi (2008) justifica que essas duas etapas finais são as mesmas no sistema convencional e mecanizado, logo é correto dizer que a única etapa que difere nos sistemas é o lançamento da argamassa de revestimento na alvenaria.



Figura 32- Equipe de pedreiros realizando o sarrafeamento e o desempenho da alvenaria revestida em argamassa de projeção

A respeito do tempo de pega, o observador constatou as afirmações de Bauer (2012) que sem suas pesquisa inferiu que esse vetor variava muito de acordo com a espessura do revestimento, as condições climáticas do dia, a incidência ou não de luz solar na parede rebocada e a presença de umidade ou não no local. Assim, enquanto algumas amostras obtiveram um tempo de pega de 30 minutos, outros locais alcançaram valores superiores a 90 minutos.

Em relação ao reaproveitamento, toda a argamassa acumulada no chão devido à projeção e também a regularização com a régua H, voltava para a bomba de projeção para que pudesse ser reutilizada, como pode ser visto na Figura 33. É importante salientar que a o tempo de vida útil da argamassa de projeção utilizada era de 2 horas, contadas a partir do momento da mistura com água (VOTORANTIM 2014). Assim, os ajudantes foram orientados a juntar a argamassa acumulada assim que os pedreiros liberassem a área, devolvendo o material para as bombas de projeção, maximizando o tempo de utilização e minimizando a quantidade de sacos utilizados.



Figura 33 – Após a regularização do reboco na alvenaria, a argamassa que caía no chão era reaproveitada em outras projeções, respeitando o tempo de vida de 2 horas.

4.2.2.4 FINALIZAÇÃO E LIMPEZA

Essas duas etapas finais de acabamento e de limpeza seguem os mesmos procedimentos do sistema convencional, apenas com o adicional do operador de máquina que necessita limpar a bomba de projeção. Dessa forma, enquanto o mesmo lavava o maquinário e os mangotes utilizados ao longo do dia, a equipe de pedreiros realizava os retoques finais em caixas de energia e quinas de paredes. Por último, os ajudantes ficavam responsáveis por juntar os sacos utilizados ao longo do expediente, varrer o apartamento reboco e levar todo o entulho para as caçambas de lixo localizadas no térreo do canteiro de obras.



Figura 34- Limpeza dos mangotes e desmonte da bomba de projeção feita ao final do expediente

As observações diretas do pesquisador constataram que o tempo médio gasto para se limpar a bomba de projeção e organizar o local utilizado foi de 40 minutos. Dessa forma, nos dias que o expediente das empreiteiras durava até as 17:00, por exemplo, a finalização e a limpeza se iniciavam por volta das 16:20. Entretanto, devido à alta variabilidade do tempo de pega, bem como outros fatores externos a execução do serviço, esse horário variou consideravelmente ao longo dos meses.

4.3 MAPOFLUXOGRAMA DOS SISTEMAS CONSTRUTIVOS

Ishitawa (1991) desenvolveu uma metodologia para descrever e analisar os passos de um processo a partir de uma técnica nomeada diagrama de processo que registra o fluxo de materiais e componentes que compõe um processo. Assim, a partir desse diagrama, são verificadas as possibilidades de melhoria através da eliminação de etapas que não beneficiam o processo e também através da simplificação de atividades que podem ser maximizadas ou minimizadas.

Dessa forma, o mapofluxograma nada mais que uma representação mais detalhada do diagrama de processos a partir da visualização da distribuição física das atividades e fluxo de materiais. Com isso, seu principal objetivo é a otimização de um sistema de produção, isto é, encontrar a maneira de produzir um produto ou executar um serviço de maneira mais rápida, barata e fácil. (ISATTO et al. , 2000).

A Figura 35 é a legenda utilizada nos mapofluxograma do estudo, relacionando os símbolos que foram usados nos mapas com seus respectivos significados. Assim como em Paravisi (2008), se utilizaram quatro atividades básicas: operação, espera, inspeção e transporte.

Símbolo	Atividade	Significado
○	Operação	Alteração do material, partes ou produto
▽	Espera	Acumulação ou estoque de materiais, partes ou produtos
□	Inspeção	Teste, medição e inspeção para comparar às especificações
⇒	Transporte	Mudança de local de materiais, partes e produtos

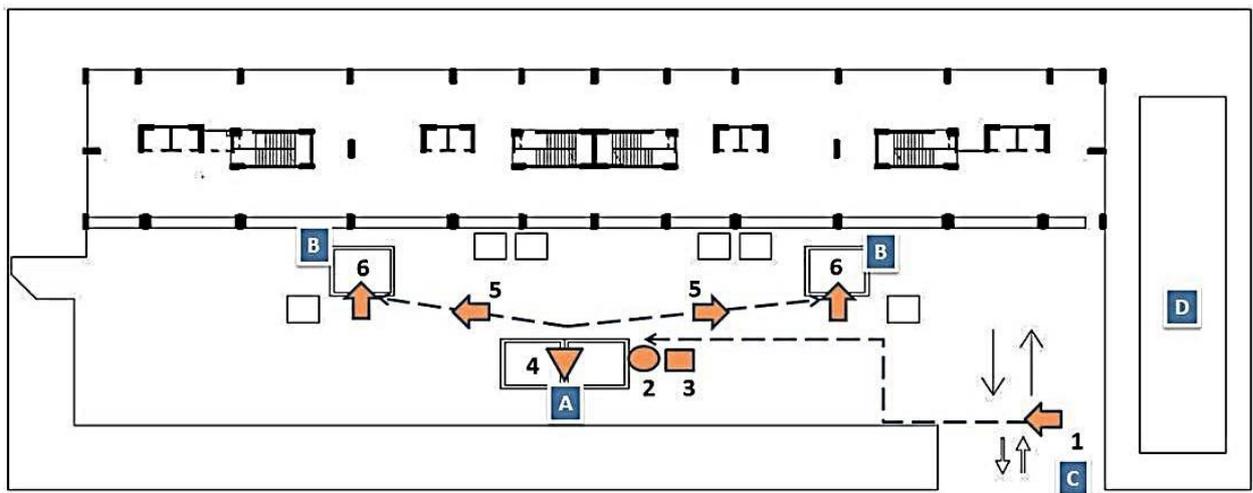
Figura 35 – Símbolo das atividades do mapofluxograma (ISHITAWA ,1991).

4.3.1 MAPOFLUXOGRAMA DO SISTEMA CONVENCIONAL

A realização do mapofluxograma para o sistema convencional foi dividido em duas partes uma vez que o sistema construtivo envolve vários setores do canteiro de obras. Assim, na primeira planta é realizado o fluxograma do pilotis, já a segunda planta trata-se do pavimento tipo de uma das juntas da edificação. Assim, de acordo com as indicações de Ishitawa (1991), cada processo foi separado e analisado de acordo com suas características.

4.3.1.1 PILOTIS

A partir da observação direta feita nos 10 dias que o apartamento foi executado pelo método convencional, foi contabilizado as etapas envolvidas no processo construtivo de reboco convencional e, a partir desse estudo, primeiramente obteve-se o mapofluxograma no pilotis do canteiro de obras, como pode ser visto na Figura 36.



Legenda:

1. Transporte da argamassa usinada feito pelo caminhão até o local de armazenamento;
2. Operação de Despejo da argamassa usinada nas baías de armazenamento;
3. Inspeção da Argamassa recebida, verificando as exigências exigidas pela construtora;
4. Estoque da argamassa usinada nas baías de armazenamento;
5. Transporte horizontal da argamassa usinada em jericas até a prancha mecânica;
6. Transporte vertical da argamassa usinada feito na prancha mecânica até o pavimento requerido;

Locais:

- A) Baía de Armazenamento de Argamassa;
- B) Prancha Mecânica para transporte vertical de materiais;
- C) Portão de Entrada e Saída do Canteiro;
- D) Área de Vivência (Barracão de Obras);

Figura 36 – Mapofluxograma no Pilotis para o sistema convencional de revestimento em argamassa

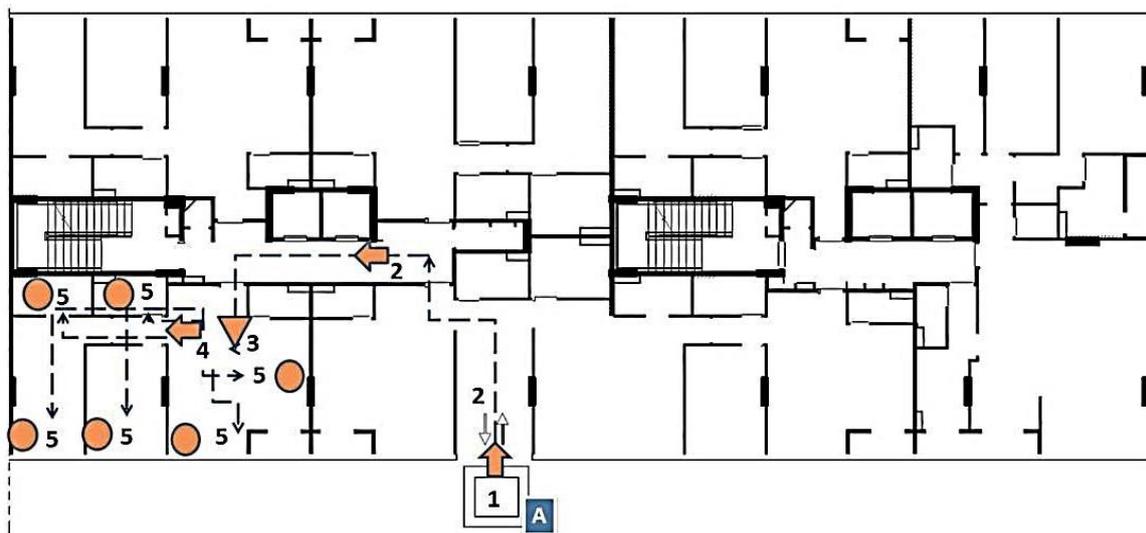
O mapofluxograma ilustrado na Figura 36 indica que o sistema construtivo possui 6 processos no pilotis, que vão desde o recebimento da argamassa usinada, que é entregue pelo caminhão do fornecedor, no canteiro de obras; seguindo da inspeção e despejo do material em estado úmido nas argamassadeiras, sendo essas envolvidas com lonas plásticas para a

manutenção das características da argamassa ao longo do expediente e, por último, o transporte horizontal e vertical feito pelo ajudante de pedreiro através de jericas.

Foi observado que o despejo do caminhão na baía de armazenamento gerava oportunidades de perdas de argamassa devido a certas quantidades que caíam pra fora no devido local e também a ocasionais volumes de material que continuavam dentro do veículo após essa operação. Além disso, o transporte horizontal e vertical em jericas também eram processos com considerável potencial para perdas de argamassa, visto que era realizado por serventes que executavam a movimentação com pressa e com quantidade maior que a capacidade da jericas a fim de minimizar a quantidade de viagens necessárias até o apartamento requerido. É importante informar que esse mesmo acontecimento de perdas no transporte em carrinho de mão ou jericas foi observado por Costa (2005), indicando a pesquisadora como esse um dos fatores responsáveis por índices de perdas mais elevados.

4.3.1.2 PAVIMENTO TIPO

Seguindo o fluxo de processos do sistema convencional, a Figura 37 ilustra os processos que ocorrem no pavimento tipo da junta B da edificação. Optou-se por indicar apenas uma dessas juntas da construção visto que a junta A é um espelho da junta B.



Legenda:

1. Transporte vertical da argamassa usinada feito na prancha mecânica até o pavimento requerido;
2. Transporte horizontal da argamassa feito em jericas até o apartamento requerido.
3. Estocagem da argamassa usinada em uma argamassadeira;
4. Transporte da argamassa usinada em carrinho de mão até o local de operação;
5. Operação de aplicação da argamassa na alvenaria;

Locais:

A) Prancha Mecânica para Transporte Vertical de materiais;

Figura 37 - Mapofluxograma na junta B do pavimento tipo para o sistema convencional de revestimento em argamassa;

O fluxograma indicado na figura acima mostra grande movimentação da argamassa usinada no pavimento, ocorrendo transporte tanto a partir da prancha mecânica até a argamassadeira localizada no apartamento através de jericas, quanto também um segundo transporte com nesse local de estocagem até o ponto de aplicação manual da argamassa na alvenaria, transporte esse feito a partir de um carrinho de mão.

Por conseguinte, assim como ocorre no pilotis, esses numerosos processos de transporte tendem a ocasionar oportunidades de perda material ao longo do expediente. Além disso, a variabilidade dos locais de aplicação podem aumentar ainda mais o potencial de perdas de argamassa no sistema, visto que amplia as distancias que o ajudante deve percorrer com jericas e também com o carrinho de mão para alcançar o ponto de operação do reboco. (COSTA, 2005).

Assim, de acordo com Paravisi (2008), por mais que essas perdas pareçam mínimas e desprezíveis em um dia de trabalho, o acúmulo dessas ao longo de toda etapa de reboco em uma construção pode gerar ponderáveis aditivos no orçamento financeiro de argamassa, provocando assim, gastos não esperados pela empresa.

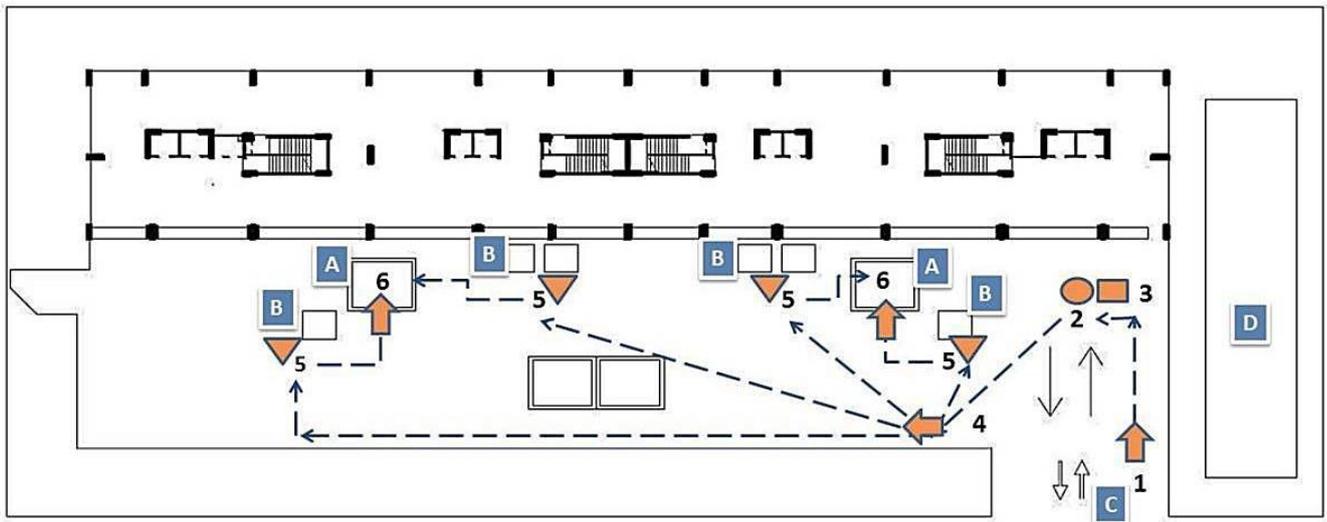
4.3.2 MAPOFLUXOGRAMA DO SISTEMA MECANIZADO

Assim como no sistema anterior, o mapofluxograma foi confeccionado tanto para o pilotis quanto para o pavimento tipo, visto que essas duas áreas são os locais onde o sistema construtivo se envolvido. Essa divisão visou clarificar a análise do fluxo de processos que o sistema construtivo de reboco projetado tem, permitindo conclusões mais coesas.

Seguindo, a divisão e caracterização dos processos também acompanhou a metodologia de Ishitawa (1991), tendo como base a Figura 35 já ilustrada nesse trabalho.

4.3.2.1 PILOTIS

A partir da observação direta nas 8 semanas que envolveram a execução de apartamentos pelo método projetado de reboco, segue na Figura 38 a ilustração da contagem e caracterização de cada um dos processos presentes no pilotis para o sistema projetado de reboco.



Legenda:

1. Transporte de argamassa ensacada feito pelo caminhão até o canteiro de obras;
2. Operação de descarga da argamassa ensacada no canteiro de obras;
3. Inspeção e contagem dos sacos de argamassa entregues pelo fornecedor;
4. Transporte horizontal dos sacos de argamassa realizado pela mini carregadeira BobCat até o local de estoque em pallets ;
5. Estoque da argamassa ensacada em pallets próximo a prancha mecânica;
6. Transporte vertical dos sacos de argamassa através da prancha mecânica até o pavimento requerido pela equipe de operação;

Locais:

- A) Prancha Mecânica para transporte vertical de materiais;
- B) Locais com pallets de argamassa ensacada;
- C) Portão de Entrada e Saída do Canteiro;
- D) Área de Vivência (Barracão de Obras);

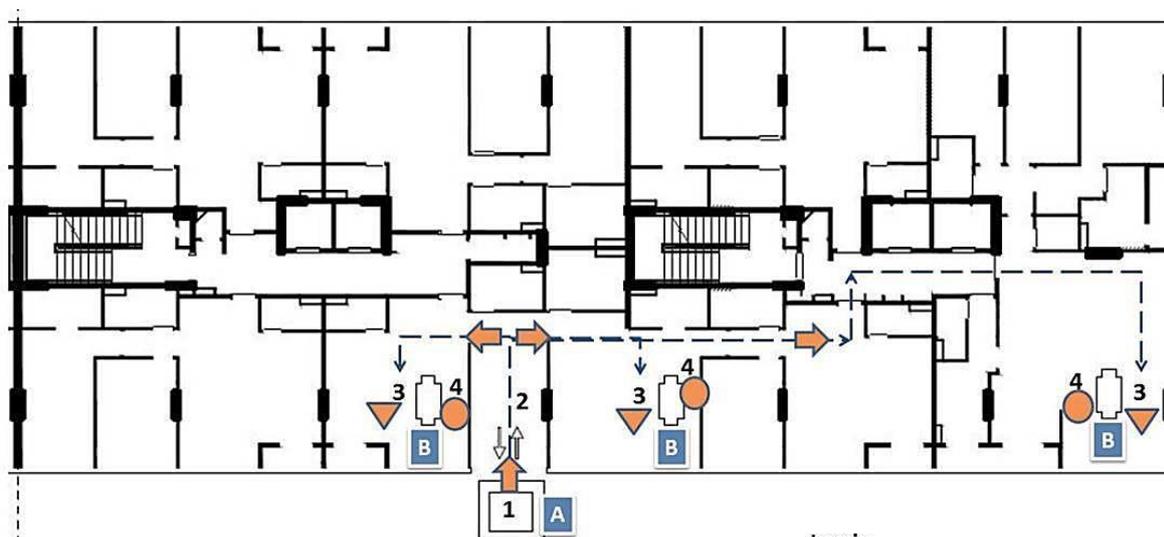
Figura 38 - Mapofluxograma no Pilotis para o sistema mecanizado de revestimento em argamassa;

A figura acima demonstra cada processo que ocorria no pilotis durante a observação do sistema projetado de revestimento, começando com o recebimento e inspeção da argamassa ensacada no canteiro de obras e seu devido descarregamento do caminhão fornecedor; seguindo com o transporte e estocagem desses sacos em pallets localizados o mais próximo possível as pranchas mecânicas, procedimento esse auxiliado pela BobCat e; por ultimo, o transporte vertical realizado para levar a argamassa de projeção para os pavimentos de acordo com a demanda do dia.

Observa-se que o descarregamento e transporte dos sacos de argamassa para locais próximos a prancha mecânica já de imediato, minimiza distâncias que seriam percorridas ao longo do expediente de acordo com a demanda de argamassa. Além disso, a movimentação feita na mini carregadeira tende diminuir a probabilidade de rasgo de sacos por operários (PARAVISI, 2008). Assim, os dois fatores acima podem ser influentes na redução do índice de perdas de argamassa ao longo do sistema construtivo como um todo.

4.3.2.2 PAVIMENTO TIPO

O segundo mapofluxograma referente ao sistema projetado envolve as etapas que ocorrem nos pavimentos tipo da construção. Assim, segue na Figura 39 os resultados das observações feitas nesse local. Vale lembrar que também se optou por indicar apenas a junta B já que a junta A é praticamente uma copia dela e todos os processos se repetem nas duas.



Legenda:

1. Transporte vertical dos sacos de argamassa através da prancha mecânica até o pavimento requerido pela equipe de operação;
2. Transporte horizontal dos sacos de argamassa até regiões próximas a bomba de projeção;
3. Estocagem dos sacos em pallets próximos as bombas de projeção;
4. Operação de lançamento da argamassa ao longo do pavimento através do equipamento de projeção e mangote;

Locais:

- A) Prancha Mecânica para transporte vertical de materiais;
B) Bombas de Projeção de Argamassa;

Figura 39 - Mapofluxograma na junta B do pavimento tipo para o sistema mecanizado de revestimento em argamassa;

A partir da Figura 39 - Mapofluxograma na junta B do pavimento tipo para o sistema mecanizado de revestimento em argamassa; mostrada acima é possível separar quatro processos ocorrentes no pavimento tipo da edificação: primeiramente com o recebimento da argamassa ensacada no andar requerido através do transporte por prancha mecânica; seguindo com o transporte horizontal desses sacos até regiões próximas as bombas de projeção feitas em jericas ou carrinhos de mão por ajudantes; já o terceiro processo corresponde a estocagem dos ensacados em pallets próximos a bomba de projeção e , por último, a operação de lançamento da argamassa até a alvenaria requerida a partir do mangote.

Seguindo a análise do mapofluxograma, é possível identificar uma redução significativa no transporte de argamassa em dois importantes processos do sistema construtivo. A primeira minimização ocorre no transporte horizontal de sacos ao chegarem ao pavimento pela prancha mecânica, visto que a locação desses sacos já em regiões bem próximas a bomba de projeção evita a necessidade de novos deslocamentos dos ensacados previamente a operação da projeção do revestimento, além disso, facilita também o trabalho do operador de máquina que apenas precisa dar poucos passos para apanhar um saco de argamassa e despoja-lo na bomba de projeção. Já a outra redução no transporte se dá na etapa de condução de argamassa fresca até seu ponto de lançamento, pois graças ao mangote, fica dispensado assim o uso de jericas ou estoques intermediários de argamassa.

Segundo Paravisi (2008), a redução nas distâncias percorridas da argamassa úmida até seu ponto de projeção graças ao mangote tende a ser uma vantagem do sistema mecanizado, visto que haverá menores potenciais de perda por parte dos operários, que muitas vezes por pressa e descuido acabam por derramar quantias do material úmido no chão. Além disso, a autora defende que o fato de estocar sacos próximos também melhora as condições de trabalho do operador, diminuindo também a possibilidade de rasgos ou danos aos ensacados.

5. PRODUTIVIDADE

A produtividade é um dos principais índices de desempenho que caracteriza um sistema construtivo, podendo indicar importantes informações para pesquisadores que visam analisar parâmetros de eficiência, custo x benefício, estimativa do quantitativo de material e mão de obra a ser usado e outros vetores essenciais na avaliação de escolha de um método. (CUNHA, 2011).

Deste modo, esse índice de comparação foi obtido a partir da observação direta feita pelo observador e, conseqüentemente, da coleta de dados durante cinco meses em que o reboco foi realizado pelo sistema convencional e projetado. A metodologia aplicada na análise de produtividade dos sistemas se baseou nos trabalhos realizados por Costa (2005) e Paravisi (2008), trabalhos que foram mais bem detalhados no capítulo dois dessa pesquisa.

A partir das ferramentas conhecidas como cartão de produção e cartão de amostragem de trabalho, que auxiliaram na obtenção das informações necessárias para a análise de produtividade, segue abaixo os dados obtidos para o sistema convencional e o sistema mecanizado de revestimento em argamassa.

5.1 DO SISTEMA CONVENCIONAL

5.1.1 METODOLOGIA

Toda coleta de informações necessárias para a análise da produtividade do sistema convencional de reboco ocorreu por observação direta em um tempo de 10 dias, entre os dias 02 e 10 de maio, período em que a equipe necessitou para realizar todo o revestimento em argamassa do apartamento 108, localizado na junta B da edificação.

Diferentemente do sistema mecanizado, que foi executado pelas empreiteiras X e Y como foi dito anteriormente, esse apartamento teve o serviço feito por uma terceira subcontratada, que será nomeada como empresa Z. É importante informar que a mesma realizava outros serviços na obra naquele momento, como execução de contrapiso e elevação de alvenaria, por isso a maior facilidade em combinar a realização do reboco no apartamento.

A equipe encarregada para o reboco do apartamento consistiu em 1 pedreiro e 1 ajudante, não tendo auxílio ou interferência de outros operários em nenhuma etapa do serviço durante todos os dias que a observação direta foi realizada. Dessa forma, para obter o valor de

produtividade foi contabilizado que apenas dois operários tiveram participação nos serviços relacionados ao reboco convencional.



Figura 40 – Equipe 1z, constituída por 1 pedreiro e 1 ajudante, realizando o processo de requadrção no sistema convencional de revestimento.

Como foi explicado no capítulo 2, os trabalhos de Costa (2005) e Paravisi (2008) realizaram duas formulações para obter a produtividade do sistema: a primeira que mede em Hh/m² que considera todos os operários envolvidos no sistema de revestimento em argamassa; e a segunda em m²/dia.pedreiro que apenas leva em conta a quantidade de pedreiros executando o reboco. Além do mais, nesse estudo se adicionou a produtividade em m²/h a ser analisado, que indica quanto de reboco foi realizado por hora independente da quantidade de pedreiros ou ajudantes no sistema.

Dessa forma, segue na tabela 6 o resumo da equipe 1z que foi usado nos cálculos de produtividade do sistema manual de revestimento em argamassa.

Tabela 6 - Relação da quantidade de operários em cada método

Produtividade	Quantidade de Operários considerados	Total
Hh/m²	1 pedreiro 1 ajudante	2
m²/dia.pedreiro	1 pedreiro	1
m²/hora	-	-

5.1.2 DADOS OBTIDOS

A partir da metodologia aplicada direta foi possível encontrar os dados referentes a cada tipo de produtividade determinada na pesquisa atual. A partir desses valores será possível realizar uma análise comparativa com o sistema mecanizado que será explicado em seguida.

Primeiramente, tem-se a produtividade em Hh/m² que é informada na tabela abaixo juntamente com a quantidade de horas trabalhadas no dia, a quantidade de pedreiros e de ajudantes envolvidos na execução do reboco e o tamanho da área executada, parâmetros fundamentais na formulação desse índice.

Tabela 7- Produtividade em Hh/m² da equipe 1z que realizou o sistema mecanizado de revestimento em argamassa

PRODUTIVIDADE (Hh/m ²)				
Dia	Quantidade Operários(H)	Horas Trabalhadas(h)	Área Produzida(m ²)	Produtividade (Hh/m ² .dia)
02/mai	2	9	31,1	0,58
03/mai	2	9	30,78	0,58
04/mai	2	9	31,83	0,57
05/mai	2	9	30,23	0,60
06/mai*	2	9	29,74	0,54
09/mai	2	9	17,26	1,04
10/mai	2	9	9,31	1,93

* Sexta-feira com expediente reduzido para 8 horas.

A Tabela 7 mostra valores bastante semelhantes nos seis primeiros dias, período em que a equipe realizou o reboco em paredes mais uniformes e extensas, facilitando assim a execução por terem um menor grau de dificuldade. Além do mais, etapas de requadrção de quinas e encontro de paredes foram feitas apenas nos dois dias finais do serviço, sendo esses procedimentos mais complexos devido a detalhamento que o pedreiro os faziam a fim de garantir o prumo e o esquadro nessas regiões.

Dessa forma, enquanto os valores entre os dias 02 e 06 de maio permeiam entre 0,50 Hh/m², nos dois últimos dias de medição ocorre uma diminuição da produtividade de 87% e 300%, alcançado um valor máximo de 1,93Hh/m² no dia 10 de Maio. Porém, Cunha (2011) disserta que , em casos assim, não pode inferir que houve uma queda na produtividade do sistema pois as atividades dos últimos dias se tornaram mais complexas e demoradas do que as feitas no início, criando padrões de medição diferentes.

Já Tabela 8 a ser indicada refere à produtividade média em m²/dia.pedreiro e ela informa a produtividade considerando apenas a área rebocada no dia e quantos pedreiros participaram da atividade.

Tabela 8 - Produtividade em m²/dia.pedreiro da equipe 1z que realizou o sistema mecanizado de revestimento em argamassa.

PRODUTIVIDADE(m²/dia.pedreiro)				
Dia	Horas Trabalhadas(h)	Área Produzida(m²)	Quantidade Pedreiros	Produtividade (m²/dia.pedreiro)
02/mai	9	31,1	1	31,1
03/mai	9	30,78	1	30,78
04/mai	9	31,83	1	31,83
05/mai	9	30,23	1	30,23
06/mai*	8	29,74	1	29,74
09/mai	9	17,26	1	17,26
10/mai	9	9,31	1	9,31

* Sexta-feira com expediente reduzido para 8 horas.

Assim como no outro índice de produtividade, a área de reboco feito por dia se manteve praticamente o mesmo até o dia 06 de Maio, com valores em volta de 30 m²/dia.pedreiro, o que mostra a uniformidade do serviço feito pela equipe ao longo da semana. Entretanto, nos dois últimos dias, quando faltava apenas cerca de 37m² a para ser revestido com argamassa, a produtividade teve uma queda considerável visto que essa parte possuía os trechos mais complicados e demorados a se finalizar.

Dessa forma, infere-se que enquanto a alvenaria possuía as mesmas características geométricas, isto é, longas e unidirecionais, a produtividade diária se manteve bem uniforme, indicando que o pedreiro conseguiu executar a mesma quantidade de serviço ao longo dos dias por não haver interferências graves ao sistema. Em razão disso, Costa (2005) explica a importância do treinamento de equipes para que a quantidade de serviço executado seja equivalente conforme vai se passando os dias, mesmo no sistema convencional em que, em teoria, há uma maior facilidade de aprendizado por parte do operário.

Por ultimo, tem-se na tabela abaixo o índice de produtividade m²/h que informa a quantidade de área de reboco feito em cada hora de trabalho sem considerar pedreiros ou ajudantes, sendo assim, Santos (1995) o considera como um índice mais informativo e expressivo apenas para analisar a quantidade feita sem considerar a quantidade de mão de obra ou material usado.

Tabela 9 - Produtividade em m²/hora da equipe 1z que realizou o sistema mecanizado de revestimento em argamassa

Dia	PRODUTIVIDADE (m ² /h)		
	Horas Trabalhadas(h)	Área Produzida (m ²)	Produtividade (m ² /h)
02/mai	9	31,1	3,46
03/mai	9	30,78	3,42
04/mai	9	31,83	3,54
05/mai	9	30,23	3,36
06/mai*	8	29,74	3,72
09/mai	9	17,26	1,92
10/mai	9	9,31	1,03

* Sexta-feira com expediente reduzido para 8 horas.

Visto que os dois dias finais possuíam uma menor área a ser executada, então era de se esperar essa considerável queda na produtividade do reboco realizado no sistema manual. Entretanto, nos outros dias observa-se uma produtividade em m²/h bastante similar, indicando uma uniformidade da realização do serviço contratado.

5.2 DO SISTEMA MECANIZADO

5.2.1 METODOLOGIA

Toda análise da produtividade relacionada ao sistema mecanizado de revestimento em argamassa se baseou nas metodologias aplicadas nos trabalhos de Santos (1995), Costa (2005) e Paravisi (2008) que foram detalhados no segundo capítulo desse estudo. Em adição, essas três pesquisas realizaram o estudo comparativo dos sistemas manuais e mecanizados de reboco a partir de índices de desempenho, sendo o índice da produtividade como um dos mais relevantes devido à quantidade de informações que podem ser analisadas e conclusões que podem ser feitas a partir dela.

Dessa forma, a partir dessas bibliografias e por meio de observação direta entre os meses de Abril e Junho, foi coletado informações que serviram de base para determinar os três índices de produtividade em Hh/m², m²/dia.pedreiro e m²/h, sendo esses equivalentes aos três que foram utilizados na observação e análise do apartamento rebocado pelo sistema convencional de aplicação.

Além disso, é vital informar que mesmo utilizando a mesma metodologia nos dois sistemas de revestimento, o volume de informações obtidos no reboco projetado foi significativamente maior e, conseqüentemente, com maiores variações nos resultados encontrados. Isso se deve ao fato dessa etapa ter durado quase quatro meses, além de ter englobado 79 apartamentos mais alguns setores do subsolo e do pilotis.

A observação era feita ao longo do expediente, revezando entre as equipes X e Y que eram responsáveis pelo reboco das juntas A e B, respectivamente. Assim, diariamente se anotava os horários de início e término dos serviços, além de ser medido as dimensões em m² que cada equipe havia rebocado ao longo do expediente. Essas conferências da área ocorreram com auxílio softwares para a leitura de projetos e também a partir medições diretas com trena.

Em relação as frente de serviço, cada empreiteira possuía equipes com uma quantidade determinada de pedreiros e ajudantes, sendo cada uma responsável por determinado serviço a qual eram designadas semanalmente a partir de uma programação negociada entre a construtora e a subcontratada. Dessa maneira, na tabela abaixo é informado o quantitativo de cada equipe referentes às empresas X e Y, ambas responsáveis pela realização do reboco na edificação.

Tabela 10 – Relação das equipes e seus respectivos contingentes de pedreiros e ajudantes

Empresa Contratada	Equipe de Serviço	Quantidade de Operários	Total Mão de obra
X (Junta A)	Equipe 1x	4 Pedreiros	6 Operários
		2 Ajudantes	
Y (Junta B)	Equipe 1y	4 Pedreiros	7 Operários
		3 Ajudantes	
	Equipe 2y	3 Pedreiros	5 Operários
		2 Ajudantes	
	Equipe 3y	3 Pedreiros	5 Operários
		2 Ajudantes	

A partir das quatro equipes especificadas acima, foi possível determinar os parâmetros necessários para calcular cada um dos índices de produtividade desejados.

Santos (1995) identifica a necessidade de minimizar a variabilidade na coleta de informações, que por em grande maioria ser feita diariamente, está sujeita a influência de fatores não correspondentes ao sistema de revestimento em si próprio, mas sim de outros como diferentes condições climáticas, ausência de algum operário ao longo do expediente, interrupção do fornecimento de água e energia elétrica para as bombas de projeção, e outras possíveis pausas

na execução que afetam a quantidade de operários, a quantidade de horas trabalhadas e a quantidade de área produzida. Seguindo essa ideologia, mesmo obtendo-se valores para os índices diariamente a partir de planilhas eletrônicas, esses foram ajustados em forma de médias semanais a fim de auxiliar a análise desses, permitindo conclusões mais sucintas e com menor variabilidade.

Dessa forma, além das médias semanais provenientes das medições realizadas diariamente durante os 4 meses de observação, preocupou-se em calcular o desvio padrão desses índices de produtividade, gerando também os intervalos máximos e mínimos de confiança para os valores encontrados.

5.2.2 DADOS OBTIDOS

Toda obtenção dos índices de produtividade ao longo dos 4 meses de observação foram registradas e compiladas em planilhas eletrônicas, permitindo realizar ajustes nesses valores, que eram coletados de hora em hora, a partir de médias diárias e semanais, além da formalização de intervalos de confiança dos dados e criação de médias ajustadas ao desvio padrão.

Dessa maneira, as tabelas apresentadas indicam os três índices de produtividade propostos na metodologia da pesquisa: Hh/m², m²/h e m²/dia.pedreiro. Essas são exibidas em médias semanais que contabilizam 8 semanas de medição, além de um intervalo de confiança de 95% relacionado aos valores gerados. Além disso, as tabelas se dividem em 4, sendo uma relacionada a empresa X e sua equipe de produção 1x e, 3 tabelas referentes a empresa Y, que teve as equipes 1y, 2y e 3y na linha de produção do reboco nos apartamentos da edificação.

- Empresa X

Na Tabela 11, segue os dados relativos à única equipe da empresa X que foi observada nos determinados meses. Vale ressaltar que essa empresa realizou o reboco projetado no 1º subsolo, no pilotis e nos apartamentos do 2º ao 6º pavimento da Junta A.

Tabela 11 - Relação dos 3 índices de produtividades obtidos na observação em campo da equipe 1x .

Média Produtividade - Equipe 1x			
Semana	Produtividade (Hh/m².dia)	Produtividade (m²/h)	Produtividade (m²/dia.pedreiro)
1	0,48	10,15	33,81
2	0,50	12,80	27,99
3	0,71	12,55	26,92

4	0,49	12,94	25,06
5	0,52	12,07	28,10
6	0,38	16,33	36,75
7	0,51	13,28	29,24
8	0,36	16,84	37,90
MÉDIA	0,49	13,37	30,72
Desv. Padrão	0,11	2,21	4,79
Int. Confiança (Máximo)	0,60	15,58	35,51
Int. Confiança (Mínimo)	0,39	11,17	25,93

Primeiramente, referindo ao primeiro índice de produtividade em Hh/m².dia, é possível inferir que os valores obtidos não apresentam variações muito consideráveis visto que o desvio padrão da amostra foi de 0,11 e apenas os valores da terceira e oitava semana estão fora do intervalo de confiança. Foi constatado que a equipe 1x foi a única entre as demais em que não houve mudanças na quantidade de mão de obra ao longo dos dias de serviço executado. Dessa forma, a oitava semana apresentou a maior produtividade no sistema de 0,36Hh/m² enquanto a terceira semana teve o valor mínimo de produtividade com 0,71 Hh/m².

Seguindo, o índice de produtividade em m²/h variou entre 10,15 e 16,84 m²/h nas 8 semanas de observação, apresentando um desvio padrão de 2,21 nas amostras realizadas. Dessa maneira, os valores da primeira, sexta e oitava semana tiveram valores fora do intervalo de confiança, sendo o valor médio da produtividade nesse período de 13,37 m²/h.

Os últimos dados de produtividade em relação à equipe 1x foram medidos m²/dia.pedreiro, sendo esses valores variados entre um mínimo de 25,06 m²/dia.pedreiro e o valor máximo de produtividade de 37,90 m²/dia.pedreiro. Assim, o desvio padrão da amostra foi de 4,79, ocasionando que os valores de 3 semanas estivessem fora do intervalo de confiança para essa amostra. Dessa forma, o valor médio para as 8 semanas de observação foi de 30,72 m²/dia.



Figura 41 – Equipe 1x, constituída de 4 pedreiros e 2 ajudantes, executando o reboco pelo método projetado no subsolo.

- Empresa Y

No que se refere à empresa Y, três tabelas foram montadas especificando os índices de produtividade de cada frente de serviço montadas para executar o sistema de revestimento projetado. Dessa forma, têm-se na Tabela 12 os valores que a equipe 1y obteve em oito semanas de avaliação.

Tabela 12 - Relação dos 3 índices de produtividades obtidos na observação em campo da equipe 1y.

Média Produtividade - Equipe 1y			
Semana	Produtividade (Hh/m².dia)	Produtividade (m²/h)	Produtividade (m²/dia.pedreiro)
1	0,82	8,72	14,52
2	0,67	11,12	24,37
3	1,09	9,53	20,48
4	0,65	10,54	25,12
5	0,57	9,24	25,84
6	0,80	8,88	19,84
7	0,53	11,42	25,69
8	0,53	11,61	24,68
MÉDIA	0,71	10,03	22,57

Desv. Padrão	0,19	1,32	3,99
Int. Confiança (Máximo)	0,90	11,35	26,56
Int. Confiança (Mínimo)	0,52	8,71	18,58

O primeiro índice mostrado é a produtividade em Hh/m².dia que apresentou valores consideravelmente regulares ao longo da semanas, registrando um valor mínimo de produtividade de 1,09Hh/m².dia que ficou acima do intervalo de confiança e, uma produtividade máxima de 0,53Hh/m².dia que se repetiu na sétima e oitava semana de observação. Além do mais, lembrando que a equipe 1y possuía 4 pedreiros e 3 ajudantes incorporados, seu valor médio de produtividade foi de 0,71Hh/m².

Já o segundo índice referente à equipe 1y é a em m²/h cujo teve como valor médio de 10,03 m²/h em 8 semanas de coleta de informações, além de ter gerado um desvio padrão de 1,32 em sua amostra. Além disso, os valores máximos e mínimos de produtividade variaram entre 8,72 e 11,61 m²/h. Dessa forma, mesmo que os cálculos na sétima e oitava semana se encontram fora do intervalo de confiança, é correto inferir que os esse índice apresentou uma considerável consistência.

O terceiro e ultimo índice de produtividade da equipe 1y foi o medido em m²/dia.pedreiro que apresentou um valor médio de 22,57 m²/dia.pedreiro Assim, os valores obtidos tiveram variações entre 14,52 e 25,84 m²/dia.pedreiro e um desvio padrão de 3,99, o que ocasionou apenas uma semana com uma produtividade abaixo do intervalo de confiança, permitindo-se então afirmar que os números gerados não foram de variabilidade considerável.

A Tabela 13, por sua vez, engloba todas a informações de produtividade originárias da equipe 2y que teve, de modo geral, 3 pedreiros e 2 ajudantes e sua composição. Como pode ser visto abaixo, essa equipe não esteve presente na obra durante a primeira semana de observação, tendo seus trabalhos de execução de revestimento iniciados a partir da semana 2.

Tabela 13- Relação dos 3 índices de produtividade obtidos na observação em campo da equipe 2y .

Média Produtividade - Equipe 2y			
Semana	Produtividade (Hh/m².dia)	Produtividade (m²/h)	Produtividade (m²/dia.pedreiro)
1			
2	0,88	4,08	28,53
3	0,58	7,34	38,38
4	0,63	5,96	36,57

5	0,43	11,07	35,17
6	0,56	10,30	29,84
7	0,59	11,06	24,89
8	0,54	9,42	27,69
MÉDIA	0,60	8,46	31,58
Desv. Padrão	0,14	2,73	5,10
Int. Confiança (Máximo)	0,74	11,19	36,68
Int. Confiança (Mínimo)	0,46	5,74	26,48

A produtividade em Hh/m².dia da equipe 2y apresentou boa consistência com um valor médio de 0,60 Hh/m² e um desvio padrão de 0.14, possuindo valores com variação entre 0,43 e 0,88Hh/m². Dessa maneira, apenas os índices obtidos na segunda semana e quinta se encontram fora no intervalo de confiança, sendo que o baixo valor de produtividade da segunda semana pode se justificar pela equipe ainda ter ficado uma semana em adaptação as exigências da construtora.

Enquanto isso nessa mesma equipe, o índice medido em m²/h teve apenas uma semana abaixo do intervalo de confiança, indicando respostas finais com baixa variabilidade ao longo do período de observação. Além do mais, o valor médio da produtividade foi de 8,46 Hh/m² e o desvio padrão calculado foi 2,73, com uma produtividade máxima de 11,07 m²/h e mínima de 4,08 m²/h.

Da mesma forma, o índice em m²/dia.pedreiro também gerou resultados consideravelmente uniformes pois somente a produtividade medida na terceira e sétima semana não estão no intervalo de confiança. Seguindo, o índice médio nas 8 semanas de observação foi de 31,58 m²/dia.pedreiro com um desvio padrão de 5,10, com números de produtividade que variaram entre 28,53 e 38,38 m²/dia.pedreiro.

A quarta e última tabela especifica os três índices de produtividade da equipe 3y da empresa Y, sendo esse frente de serviço iniciou o reboco projetado apenas na quinta semana de observação e assim como as outras equipes, teve resultados computados até a oitava semana. Além disso, como foi informado na pesquisa, essa equipe foi composta de 3 pedreiros e 2 ajudantes durante esse período.

Tabela 14- Relação dos 3 índices de produtividade obtidos na observação em campo da equipe 3y

Média Produtividade - Equipe 3y			
Semana	Produtividade (Hh/m².dia)	Produtividade (m²/h)	Produtividade (m²/dia.pedreiro)
1			
2			
3			
4			
5	0,54	7,48	33,65
6	0,70	5,77	22,18
7	0,52	11,80	27,99
8	0,47	10,82	29,90
MÉDIA	0,56	8,99	28,43
Desv. Padrão	0,10	2,85	4,79
Int. Confiança (Máximo)	0,65	11,84	33,21
Int. Confiança (Mínimo)	0,46	6,13	23,64

Assim como nas equipes anteriores, o índice de produtividade em Hh/m².dia se apresentou uniforme, com pequenas variabilidades aceitáveis. Assim, como se vê na Tabela 14, o valor médio se deu em 0,56 Hh/m².dia com um pequeno desvio padrão de 0,10, o que fez apenas a produtividade da sexta semana não estar no intervalo de confiança. Além disso, o valor máximo de produtividade foi de 0,47 Hh/m².dia na última semana e o mínimo foi de 0,70 Hh/m² justamente na semana 6. Percebe-se que houve um aprimoramento na produtividade conforme se avançavam as semanas devido ao melhor ajuste da equipe em relação ao serviço comandado.

Seguindo a mesma tendência, a produtividade em m²/h também teve valores consistentes e sem variabilidade muito perceptível com apenas um valor obtido na sexta semana que não ficou dentro do intervalo de confiança. Além disso, o índice médio considerando as 4 semanas de observação foi de 8,99, com um desvio padrão calculado de 2,85. Seguindo, os resultados da produtividade calculados para a equipe 3y tiveram máxima e mínima de 5,77 e 11,82 m²/h respectivamente.

5.3 ANÁLISE COMPARATIVA DOS SISTEMAS

5.3.1 PRODUTIVIDADE Hh/m².dia

Informado todos os resultados encontrados a respeito dos sistemas de revestimento em argamassa mecanizado e convencional, é vital realizar uma análise crítica a partir de comparações entre os dados atuais, utilizando também valores encontrados nas pesquisas de Costa (2005) e Paravisi (2008), biografias em que toda metodologia da pesquisa foi fundamentada.

Como foi especificado no capítulo 2, Costa (2005) observou e analisou apenas o método convencional a partir de 8 equipes de trabalho, calculando apenas o índice de produtividade em Hh/m².dia. Paravisi (2008), por sua vez, estudou ambos os sistemas de reboco a partir de uma 2 equipes que executaram o revestimento com reboco projetado e uma que realizou pela maneira manual.

Abordando primeiramente o único apartamento em que foi realizado pelo método convencional, no Gráfico 1 é possível comparar o valor de produtividade médio encontrado nos 10 dias de trabalho e os índices de que cada equipe observada por Costa (2005) e Paravisi (2008) obtiveram. Todos os resultados são dados em unidades de Hh/m².dia, índice utilizado nas três pesquisas.

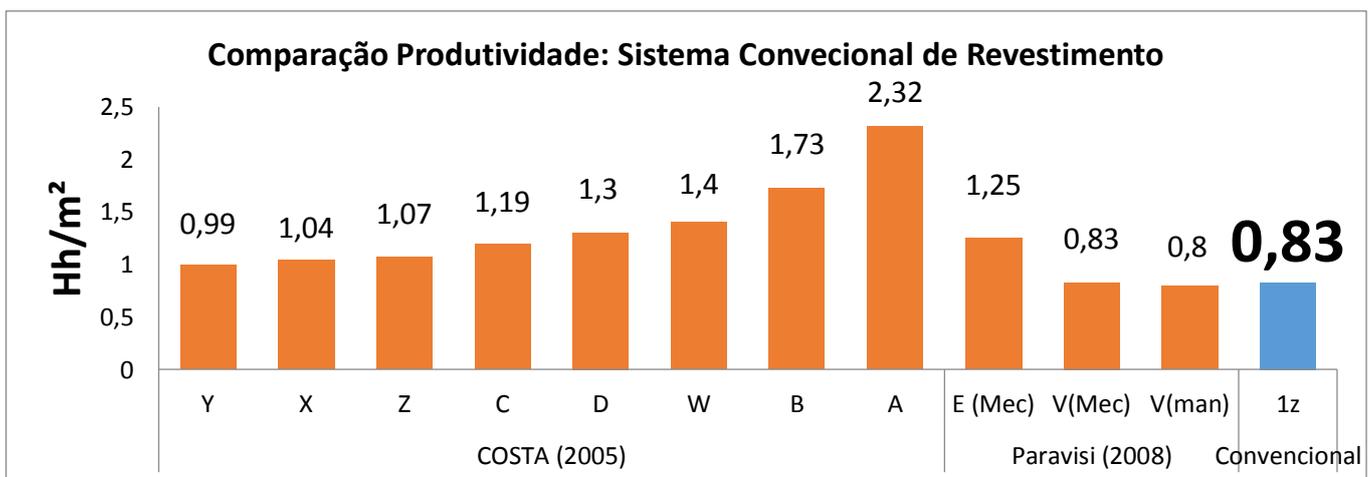


Gráfico 1: Comparação da produtividade em Hh/m² para os dados encontrados em Costa (2005), Paravisi (2008) e da equipe 1z em estudo.

O Gráfico 1 indica que a produtividade média encontrada no sistema manual da equipe 1z foi de 0,83 Hh/m².dia, índice maior que qualquer das 8 equipes observada por Costa(2005), sendo que a todas foram realizadas pelo método convencional. Um dos motivos que justificam os baixos valores foi a falta de sincronia que as equipes possuíam em transportar a argamassa em jericas e também na ineficiente distribuição da quantidade de pedreiros para realizar o sarrafeamento e desempenho. Além disso, o checklist de boas práticas apontou notas baixas principalmente na execução do serviço e no recebimento movimentação de materiais (COSTA 2005). Dessa forma, a produtividade da equipe 1z mostrou-se quase duas vezes maior que as equipes D,W e B; além de ter tido o triplo da eficiência da equipe A.

Enquanto isso, comparando esse índice de 0,83 Hh/m².dia com os encontrados em Paravisi (2008) percebe-se grande semelhança nos valores, sendo que a equipe V mecanizada e a equipe V manual tiveram praticamente a mesma produtividade média da equipe 1z. Já a equipe E apresentou um valor de produtividade menor que os da equipe V e 1z mesmo essa equipe tendo seu reboco feito pelo método mecanizado. Paravisi (2008) explica que, enquanto na obra em que a equipe V atuou, foi realizado uma seleção previa de equipes que já tinham o histórico de bons índices de produtividades além de instruções periódicas feitas por encarregados, no canteiro da equipe E não ocorreu esse cuidado de sincronizar as subequipes de produção (chapisco, montagem de andaimes, sarrafeamento) e isso ocasionou em constantes problemas na execução do revestimento com reboco projetado. Por essa razão, os valores da equipe V se assemelham da equipe 1z, que já possuía vasta experiência sem serviços com revestimento em reboco convencional, além de ter uma equipe de apenas 1 pedreiro e 1 servente, facilitando o controle do sistema.

Comparando agora os índices de produtividade das pesquisas de Costa (2005), Paravisi (2008) com os das equipes 1x (Junta A) ,1y,2y e 3y(Junta B) que foram todas realizadas com o sistema de revestimento em argamassa projetada tem-se o Gráfico 2.

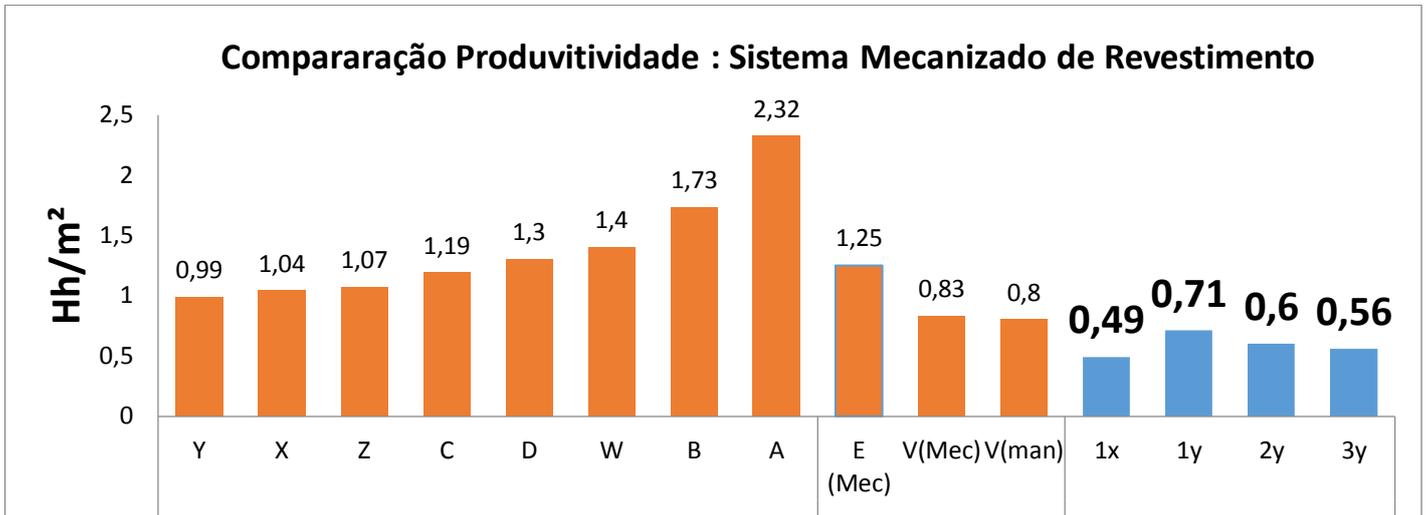


Gráfico 2 - Comparação da produtividade em Hh/m² para os dados encontrados em Costa (2005), Paravisi (2008) e das equipes 1x, 1y, 2y e 3y em estudo;

De início, pode-se inferir pelo gráfico acima que a produtividade alcançada pelas equipes utilizadas no sistema de revestimento em argamassa mecanizada foi maior do que qualquer valor obtido nas pesquisas de Costa (2005) e Paravisi (2008). Em algumas comparações, as equipes 1x e 3y conseguiram um índice de produtividade até 4 vezes maior do que em empresas que realizaram o serviço de reboco convencional no trabalho de Costa (2005), demonstrando que o sistema projetado pode ter sua produtividade maximizada caso as técnicas inseridas sejam amplamente dominadas e, conseqüentemente, criando real vantagem em relação ao reboco manual nesse parâmetro de desempenho.

Em comparação com os trabalhos de Paravisi (2008), que teve equipes melhor preparadas e pré-selecionadas a fazer o serviço, essa diferença de desempenho se torna menor, porém não menos perceptível, pois as equipes 1x, 1y, 2y e 3y também foram superiores em produtividade do que as 3 equipes da pesquisadora.

Seguindo, sabendo que a equipe E realizou o reboco projetado com maiores limitações e falta de domínio, essa teve seu índice até 2,5 vezes menor do que se alcançou na produtividade média das empresas X e Y na observação feita nas 8 semanas. Enquanto isso, a Equipe V que executou o revestimento tanto pelo método convencional quanto pelo mecanizado, obteve valores de produtividade 25%, em média, menores que os dessas mesmas empresas. Paravisi (2008) explica que a preparação inicial das equipes influenciou de maneira bastante positiva a execução do reboco em termos de velocidade e qualidade, concluindo que construtoras deveriam investir mais na instrução da mão de obra do que na fiscalização do serviço prestado.

Sinduscon (2010) indica que a procura por parte das construtoras em maximizar índices de desempenho e reduzir gastos vem aumentando significativamente nos últimos 10 anos, o que vem ocasionando um foco em ter equipes com mão de obra cada vez mais especializada no canteiro de obra. Dessa maneira, uma das explicações que podem justificar o melhor desempenho da produtividade tanto manual quanto mecanizada nesse estudo quando comparadas às duas biografias, foi o maior desenvolvimento da instrução e preparação feita à mão de obra brasileira nos últimos anos, visto que os trabalhos de Costa (2005) e Paravisi (2008) são da última década e, como foi mostrado pelas pesquisadoras, ainda pecavam no que diz respeito do treinamento e conseqüentemente, no domínio das técnicas.

Comparando desempenho do sistema manual e convencional na observação feita nas 8 semanas, a produtividade média da equipe 1z, que foi a que realizou o reboco do apartamento pelo método manual, apresentou um resultado de 0,83 Hh/m².dia enquanto a menor produtividade obtida nas equipes observadas no sistema de revestimento projetado foi de 0,71 Hh/m².dia, que foi o índice da equipe 1y. Dessa forma, fica nítido que o desempenho da produtividade foi superior nas 4 equipes que executaram o reboco com bombas de projeção em relação a equipe 1z.

Zanelatto (2012) disserta que a aplicação de argamassa com projeção mecânica continua possui alto potencial de melhoria na produtividade caso todos os procedimentos do sistema sejam sincronizados, sendo assim um parâmetro com oportunidade de alcançar resultados superiores ao sistema de lançamento manual, o que foi justamente comprovado com a análise comparativa.

Seguindo, nota-se que a equipe 1x teve um desempenho de produtividade quase duas vezes superior comparado com a equipe 1z(manual), podendo ser justificado devido a experiência da equipe em realizar a técnica de projeção a quase 6 anos. Essa mesma experiência acumulada reflete no sincronismo que ocorria entre as etapas de transporte e mistura da argamassa, projeção na alvenaria, sarrafeamento, desempenho e limpeza final. Assim, é o domínio em todos os passos da execução do revestimento que acarreta no ganho de produtividade realmente efetivo, uma vez que apenas etapa de lançamento de reboco na alvenaria é em si um trabalho “mecanizado”, sendo todas as outras fases do método, como o desempenho e sarrafeamento, tão manuais quanto na realização do revestimento em argamassa da forma convencional. (PARAVISI 2008).

- Análise Comparativa Para Um Mesmo Apartamento

Realizando também uma comparação entre os dois sistemas levando em conta uma área de execução semelhante ao apartamento feito na análise do sistema convencional de revestimento, pode-se avaliar os dados apresentados pelas equipes de uma maneira mais justa, isto é, para uma mesma área de reboco executada, a influência de alterações no resultado de produtividade por fatores intrínsecos ao sistema bem como por outros externos tende a ser uniforme. Por isso, segue no Gráfico 3 os resultados obtidos de produtividade em Hh/m² em cada equipe durante a execução de um apartamento com dimensões semelhantes.

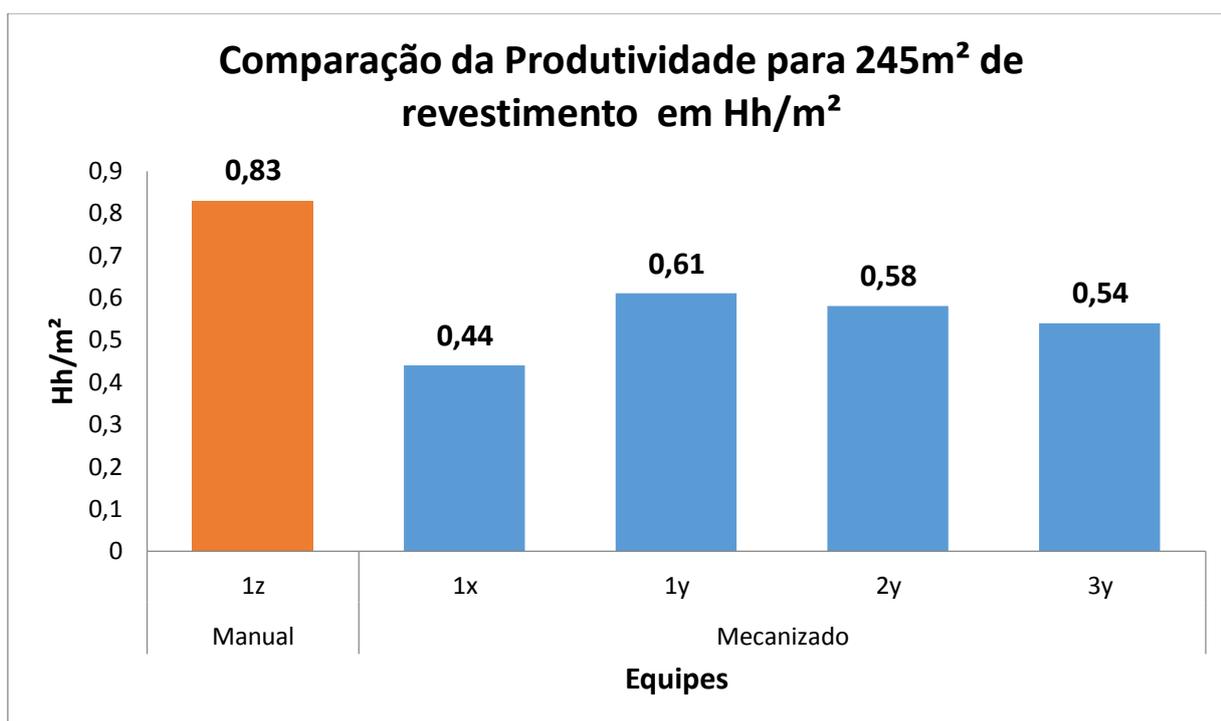


Gráfico 3 – Comparação da produtividade em Hh/m² para os dois sistemas de revestimento, considerando a execução de um apartamento com 245 m² de área revestida.

Nota-se pelo gráfico acima que todos os valores de produtividade alcançaram resultados inferiores aos que tinham com a análise das 8 semanas de observação como um todo, isto é, obtiveram melhoria no desempenho por necessitarem de menor quantidade de horas e mão de obra para executar 1 metro quadrado de reboco. Destaca-se a equipe 1y que resultou em uma produtividade de 0,61 Hh/m², quase 16% menor que seu valor calculado medindo-se todas as semanas de execução, que foi de 0,71 Hh/m².

5.3.2 PRODUTIVIDADE EM m²/dia.pedreiro

A segunda análise realizada diz respeito apenas as equipes que foram observadas nessas 8 semanas de estudo, não utilizando resultados das pesquisas de Costa (2005) e Paravisi (2008) como parâmetros devido a primeira não ter calculado nessas unidades e a segunda ter apresentado valores inconsistentes. Dessa maneira, segue no Gráfico 4 os índices de produtividade em m²/dia.pedreiro que quantifica apenas os pedreiros responsáveis pela execução do reboco em si, não contabilizado qualquer outros envolvidos no sistema como ajudantes e montadores de andaimes.

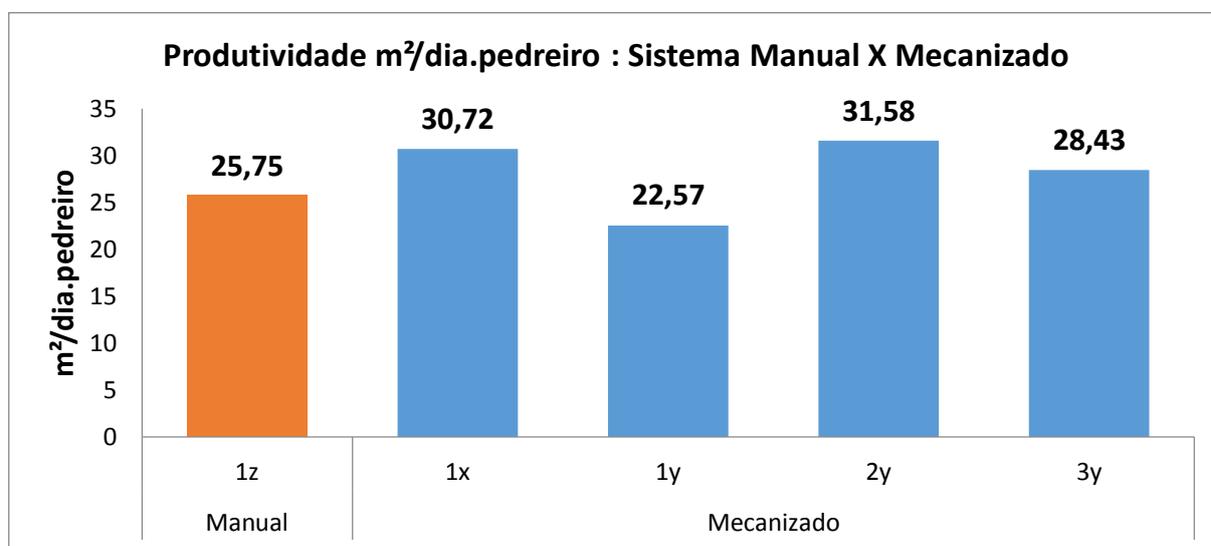


Gráfico 4 – Comparação dos índices de produtividade em m²/dia.pedreiro entre os sistemas de revestimento convencional e mecanizado das equipes em estudo.

Pelo Gráfico 4 observa-se que no geral as equipes que executaram o reboco projetado obtiveram melhor desempenho do que a equipe que realizou pelo método convencional. Assim, as equipes 1x, 2y e 3y produziram mais revestimento por dia e pedreiro do que a equipe 1z, entretanto, essa mesma teve índice superior a da equipe 1y, que apresentou a menor produtividade na observação das 8 semanas. Vale lembrar que revestimento em argamassa pelo método convencional foi feito apenas por um único pedreiro, enquanto que a equipe 1y tinha 4 pedreiros na execução. Isso mostra que um contingente maior de trabalhadores não aumenta incondicionalmente a produtividade de um sistema, sendo outros fatores como treinamento, domínio em todas as etapas e sincronia entre operários muito mais impactantes na maximização da produtividade de um sistema (CRESCENIO et al., 2000).

Seguindo, o menor desempenho da equipe 1y pode ser justificado por essa ter sido a primeira a ingressar no canteiro de obras, tendo também algumas trocas no contingente devido a problemas de inexperiência e falta de comportamento esperado pela empresa. Dessa forma, a equipe 1y teve oscilações consideráveis ao longo das 8 semanas, ocasionando essa redução no índice de produtividade. Paravisi (2008) explica que também encontrou problemas de compatibilidade nas primeiras equipes instaladas na obra, pois geralmente os períodos iniciais de um sistema construtivo são rodeados de ajustes, discussão de ideias entre construtora e subcontratadas, oportunidades de melhoria, enfim, fatores que podem influenciar substancialmente a queda de desempenho.

- Análise Comparativa Para Um Mesmo Apartamento

Do mesmo jeito que foi feito para a análise em Hh/m², também foi realizado a comparação da produtividade em m²/dia.pedreiro considerando apenas um apartamento de 245 m² de alvenaria por equipe, ao invés das 8 semanas de observação como um todo. Assim, tem-se no Gráfico 5 a indicação da produtividade em m²/dia.pedreiro obtido por cada equipe na execução de um apartamento com as mesmas dimensões que foi feito o apartamento pela equipe 1z do sistema convencional de revestimento.

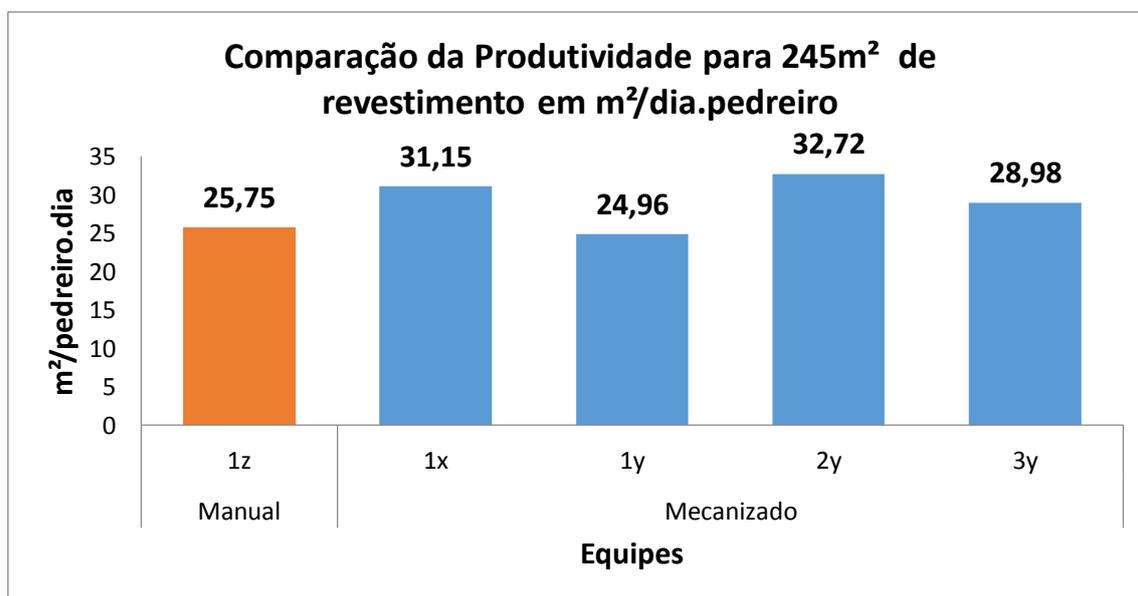


Gráfico 5 - Comparação da produtividade em m²/dia.pedreiro para os dois sistemas de revestimento, considerando a execução de um apartamento com 245 m² de área revestida.

Analisando a nova comparação proposta, todas as equipes do sistema mecanizado aumentaram seus índices produtividades em m²/dia.pedreiro, sendo a equipe 1y a que

apresentou a progresso mais considerável dentre as demais por aumentar sua produtividade de 22,57 para 24,96 m²/dia.pedreiro. Isso pode indicar que alguns fatores podem ter influenciado a produção da equipe ao longo das semanas de observação, entretanto, também é importante indicar que esse valor ainda continua inferior ao obtido no sistema convencional que foi de 25,75 m²/dia.pedreiro.

5.3.3 PRODUTIVIDADE EM m²/hora

A última análise de produtividade presente na pesquisa é relacionada com o índice de produtividade em m²/hora que possui apenas um caráter mais explicativo por não levar em conta a quantidade de operários envolvidos no sistema, sendo utilizada apenas para quantificar qual equipe produzia mais reboco em cada hora de observação nas 8 semanas. O Gráfico 6 ilustra o desempenho da produtividade que as equipes obtiveram durante esse período, comparando os sistemas manual e projetado.

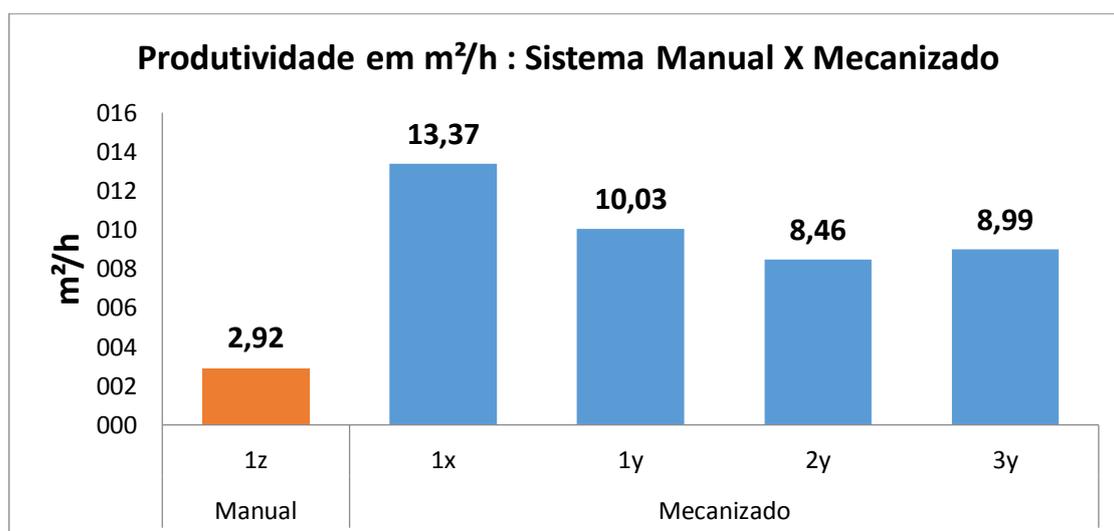


Gráfico 6 - Comparação dos índices de produtividade em m²/hora entre os sistemas de revestimento convencional e mecanizado das equipes em estudo.

É nítida a grande diferença de serviço executado por hora entre a equipe 1z, com o resto das outras equipes. O fato é justificado por essa ter sido constituída apenas de 1 pedreiro e 1 ajudante, o que limitou drasticamente a execução de revestimento nas horas de trabalho e, ocasionou em uma produtividade média de 2,92 m²/h. Enquanto isso, as equipes 1x, 1y, 2y e 3y possuíam uma quantidade maior de operários e ajudantes realizando o processo do reboco na alvenaria, resultando em uma maior quantidade de serviço feito por hora. Dessa forma, já era esperando que as equipes mecanizadas obtivessem maior produtividade em m²/hora do que a convencional.

Seguindo, percebe-se que a equipe 1y, mesmo obtendo um valor de produtividade em 10,03 m²/hora, que é maior do que as equipes 2y e 3y, teve seu desempenho em Hh/m² e em m²/dia.pedreiro inferior aos demais, o que indica uma menor eficiência no processo construtivo mesmo produzindo maior quantidade área revestida por hora, uma vez que a equipe 1y possuía mais pedreiros e ajudantes que os outros grupos, assim esperava-se um valor superior de produtividade também nas outras unidades que foram analisadas. Justificando essa peculiaridade encontrada na equipe 1y, Cunha (2011) disserta que a quantidade de operários não garantem uma produção mais rápida e eficiente, além de indicar que mesmo um sistema construtivo tenha um valor satisfatório em produtividade por hora, esse mesmo pode esconder ineficiência na execução devido à quantidade exacerbada de operários, etapas realizadas com atraso e com discontinuidades no processo.

- Análise Comparativa Para Um Mesmo Apartamento

Por último, também se realizou a comparação do índice de produtividade em m²/h entre as equipes do sistema convencional e projetado de revestimento levando em conta apenas a área de reboco de um apartamento de 245 m² de área revestida que cada equipe executou isoladamente, permitindo assim, uma maior semelhança tanto no intervalo de observação dos dois sistemas, bem como nos possíveis influentes internos e externos do resultado final de cada frente de serviço. Assim, a partir do Gráfico 7 tem-se a comparação dos resultados que cada equipe obteve em suas respectivas produtividade em m²/hora.

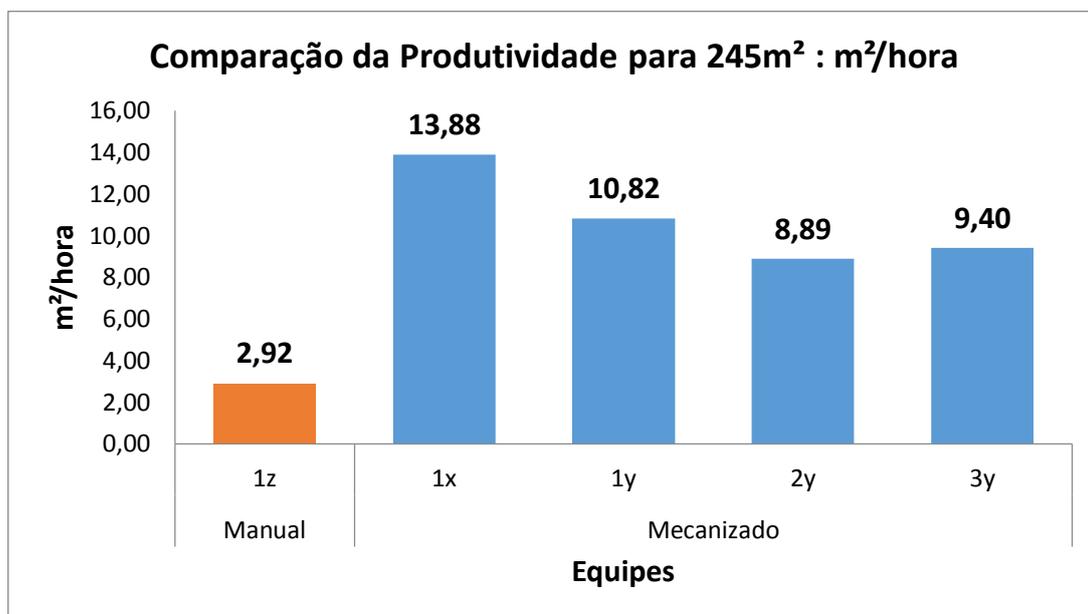


Gráfico 7- Comparação da produtividade em m²/hora para os dois sistemas de revestimento, considerando a execução de um apartamento com 245 m² de área de alvenaria.

O Gráfico 7 indica que houve aumento no índice de produtividade em todas as equipes que realizaram o método mecanizado de revestimento em argamassa, tendo também a equipe 1y a que obteve o maior aumento numérico em relação ao seu resultado anterior, indo de 10,03 para 10,82 m²/hora. Além disso, a equipe 1x continuou sendo a equipe que mais produzia metros quadrados de reboco a cada hora de expediente, sendo que para um apartamento de 245 m² de área revestida, sua produtividade média foi de 13,88 m²/hora com um equipe de 4 pedreiros e 2 ajudantes, frente essa praticamente 4 vezes maior que a do sistema convencional.

6.CONSUMO

O índice de desempenho do consumo visa confirmar a veracidade sobre a quantidade de material utilizado para se realizar o serviço em relação ao que é informado pelo fabricante, isto é, se realmente a quantidade de argamassa estimada pelo fornecedor consegue executar, em média, um metro quadrado de reboco (PARAVISI, 2008). Dessa maneira, é importante a análise comparativa a respeito dos dois sistemas visto que é cada vez mais procurada uma racionalização nos orçamentos no cenário da construção civil atual, o que acarreta uma maior preocupação em evitar futuros aditivos de produto e mão de obra em obras civis devido a erros de planejamento e previsões do quantitativo nas etapas iniciais.

Para a medição desse índice, foi realizado uma observação direta durante as mesmas 8 semanas que sendo seguidas no estudo e, através de contagem e registro diário da argamassa utilizada, pode-se encontrar o valor em kg que cada sistema de revestimento da alvenaria utilizou.

Durante a observação do sistema convencional, acompanhou-se a quantidade de jericas que o ajudante levava para o apartamento em execução, sendo de fácil acompanhamento devido ao método convencional ter incluído apenas um único apartamento na análise. Dessa forma, a partir do número de jericas com argamassa usinada que foram usadas diariamente, além das informações fornecidas pelo fornecedor de que 8 jericas equivalem a 1 m³ e que a massa específica da argamassa usinada no estado seco é de aproximadamente 1700 kg/m³, então foi possível obter o valor do material em quilogramas.

Já para a coleta da quantidade de argamassa utilizada no sistema projetado de revestimento foi necessário uma melhor metodologia para obter os dados de consumo, uma vez que esse sistema incluía 4 equipes diferentes com suas respectivas bombas que se localizavam em diferentes locais do empreendimento, sendo inviável a observação direta durante todo o expediente. Pensando nisso, foi planejado um esquema em que os operadores das bombas foram instruídos a empilharem e anotarem a quantidade de sacos batidos na bomba de projeção em tempo de mais ou menos 2 horas, período esse que o observador passava em cada equipe e registrava essa quantidade. Assim, periodicamente passava-se em cada uma das 4 bombas de projeção, recontava-se os sacos vazios e assim registrava no memorial de cálculo o consumo diário, que era posteriormente registrado em planilhas eletrônicas para compilação de dados.

Assim, nos subcapítulos abaixo serão apresentados os dados obtidos durante as 8 semanas de observação de cada sistema de revestimento.

6.1 DO SISTEMA CONVENCIONAL

Como foi explicado anteriormente, a argamassa usinada chegava ao canteiro de obras diariamente e era despojada em uma área apropriada, sendo depois transportada para o apartamento estudado através de jericas simples. Assim, era simples quantificar quantas jericas chegaram ao apartamento em cada dia de observação. Sabendo também da relação que 8 jericas equivalem a 1 m³ de argamassa, viu-se a necessidade de transformar o volume em peso, uma vez que análise é feita em Kg/m².cm. Além do mais, como explicita o fabricante, o consumo é completamente influenciado pela espessura do reboco, sendo necessário obter uma espessura média de revestimento em cada dia de serviço executado.

Paravisi (2008) obteve essa espessura média de reboco a partir de medições nos cantos de paredes e de estalicas feitas na alvenaria, realizando uma média diária de todas as espessuras encontradas no revestimento da alvenaria. Assim, essa mesma técnica foi empregada na pesquisa atual para encontrar a relação do consumo teórico estimado pelo fabricante e o prático, aplicação que foi feita para os sistemas de revestimento em argamassa.

Assim, segue na Tabela 15 os parâmetros referentes a argamassa usinada da Concrecon que foram utilizados na determinação do índice de desempenho do consumo. Todos os valores foram informados pela fabricante da argamassa.

Tabela 15 – Parâmetros técnicos da Argamassa Usinada (CONCRECON, 2016)

Tipo da Argamassa	Argamassa Usinada Concrecon
Relação Jerica – m ³	8 Jericas cheias = 1 m ³ de argamassa
Massa específica no estado úmido	1700 kg/m ³
Consumo médio por cm de espessura	21,5 kg/m ² .cm

Seguindo, a partir da medição da área total de reboco produzido, juntamente com a quantidade total argamassa utilizada pelo sistema convencional de revestimento, é possível encontrar o índice em kg/m². Essa medida, entretanto, não possui significado relevante por não relacionar o consumo com a espessura do revestimento, o que é essencial na análise do consumo. Por esse motivo, é necessário realizar um ajuste final dividindo o valor em kg/m² pela espessura média real para obter o índice em kg/m².cm. Assim, a Tabela 16 indica os resultados obtidos no sistema.

Tabela 16 – Índice de consumo de argamassa obtido do sistema convencional de revestimento

DIA	Material Consumido (kg)	Área Revestida (m ²)	Espessura Média Real (cm)	Consumo Argamassa - Fabricante (kg/m ² .cm)	Consumo Argamassa - Obtido (kg/m ² .cm)	Diferença (%)
02/mai	2125	35,1	1,8	21,5	33,6	56,4
03/mai	1912,5	34,78	1,6	21,5	34,4	59,9
04/mai	1912,5	35,83	1,7	21,5	31,4	46,0
05/mai	1700	33,23	1,5	21,5	34,1	58,6
06/mai*	1700	32,74	1,8	21,5	28,8	34,2
09/mai	1062,5	21,78	1,7	21,5	32,5	51,3
10/mai	637,5	12,31	1,7	21,5	30,5	41,7

* Sexta-feira com expediente reduzido para 8 horas.

A Tabela 16 mostra que o consumo médio de argamassa obteve valores superiores ao consumo médio estipulado pelo fabricante, sendo que em nenhum dia de medição houve um consumo próximo aos 21,5 kg/m².cm, valor teórico de consumo. O fato pode ter como umas das justificativas a execução de taliscas bem superiores ao de projeto devido a erros na alvenaria, visto que em algumas áreas foi medido espessuras de até 5 cm mas que perdem significado ao entrarem em uma espessura média. Além disso, perdas no transporte e o vencimento do produto também podem ocasionar o aumento do gasto. Assim, o consumo médio final de argamassa foi 49,7% maior do que o especificado.

Segundo Costa (2005), essa variabilidade pode prejudicar o desempenho do produto, pois erros na estimativa do quantitativo levam a possíveis aditivos ao orçamento da obra que podem ocasionar gastos inesperados e problemas no fluxo financeiro do empreendimento.

6.2 DO SISTEMA MECANIZADO

Por sua vez, o sistema projetado de revestimento teve sua metodologia baseada na contagem periódica dos sacos que possuía 40 kg em cada unidade. Dessa forma, através desse registro diário com o auxílio do operados de cada bomba de projeção, foi possível obter a quantidade total de sacos de argamassa ensacada utilizada nas 8 semanas de observação. Seguindo, foi possível então encontrar o índice de consumo em kg/m^2 a partir dos sacos contados juntamente com medição da área de reboco projetado executado.

Entretanto, assim como para o sistema convencional, o índice de consumo necessita ter como variável influente a espessura do revestimento na alvenaria para ser relevante e indicar se a argamassa teve a confiabilidade mínima sobre as informações passadas pelo fabricante (COSTA, 2005). Para isso, também se mediu as espessuras médias reais da alvenaria em cada dia de observação a fim de minimizar a influência de espessuras exacerbadas devido a erros de prumo da alvenaria, acumulando esses valores diários semanalmente com a análise de desvio padrão e intervalo de confiança de 95%.

Seguindo, segue então a Tabela 17 que informa os resultados obtidos para as 4 equipes analisadas no sistema projetado de revestimento (1x, 1y, 2y e 3y). É importante lembrar que o consumo médio estipulado pelo fornecedor é de $19,0 \text{ kg}/\text{m}^2$ por cm de espessura, valor esse que foi usado como base como comparação.

Tabela 17 - Índices de consumo de argamassa obtido do sistema mecanizado de revestimento

Equipe	Material Consumido (kg)	Área Revestida (m^2)	Espessura Média Real (cm)	Consumo Argamassa - Fabricante ($\text{kg}/\text{m}^2.\text{cm}$)	Consumo Argamassa - Obtido ($\text{kg}/\text{m}^2.\text{cm}$)	Diferença (%)
1x	178150	4441,41	1,8	19,0	22,2	16,8%
1y	133460	3496,31	1,6	19,0	21,9	15,5%
2y	95680	2476,96	1,7	19,0	20,9	10,0%
3y	47780	1274,42	1,6	19,0	21,2	11,7%
Média do sistema	455070	11689,1	1,7	19,0	21,7	14,5%

O levantamento apontado na tabela acima revela que, em todas as equipes incluídas no sistema mecanizado de revestimento, o consumo real obtido se mostrou bastante próximo ao consumo teórico estipulado pelo fabricante da argamassa. Seguindo, a equipe 1x foi que teve consumo prático mais divergente do teórico, apresentando uma utilização de argamassa 16,8% superior. Enquanto isso, a equipe 2y foi a que mais se aproximou do valor teórico de 19,0% fornecido pelo fabricante da argamassa, obtendo uma diferença de consumo de apenas 10,0% superior. Assim, média de consumo do sistema de reboco projetado foi de 21,7 kg/m².cm, com um consumo 14,5% maior que o valor de projeto.

6.3 ANÁLISE COMPARATIVA

Os resultados obtidos em cada sistema de revestimento em argamassa indicam que o método projetado de execução o reboco teve um consumo real mais próximo o valor teórico esperado, apresentando um média de consumo 14,5% superior aos 19 kg/m².cm que foi estipulado pelo estudos em laboratório do fornecedor. O sistema convencional, por sua vez, teve seu consumo médio de 32,2 kg/m².cm, valor 49,7% maior do que o consumo teórico que era de 21,5 kg/m².cm. Assim, a partir do Gráfico 8 nota-se que o sistema mecanizado alcançou melhor desempenho nesse índice comparativo.

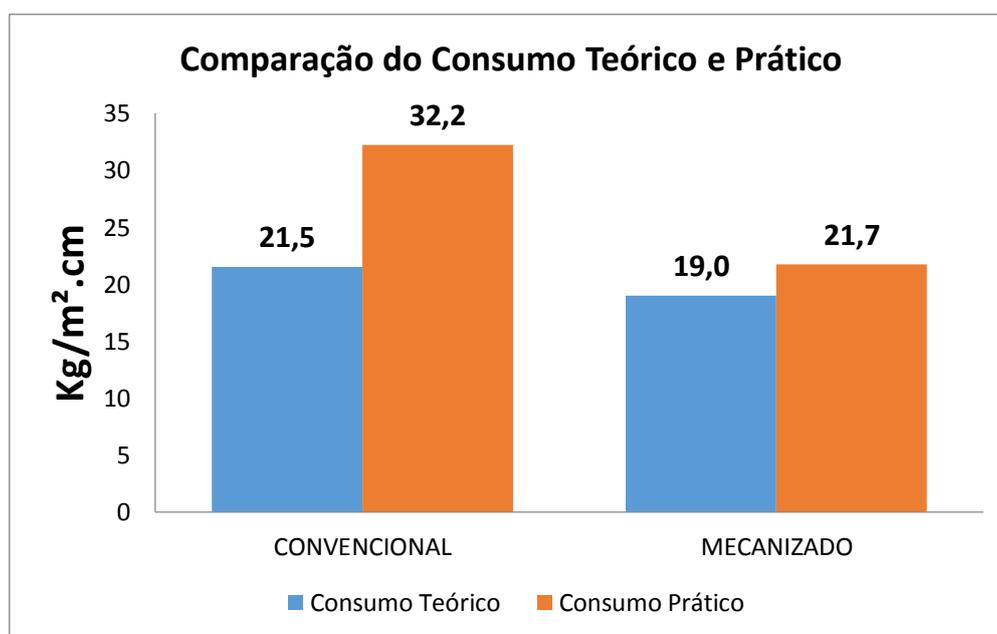


Gráfico 8 – Comparação entre índices de consumo real e prático de cada sistema de revestimento.

Crescencio et al. (2000) enfatiza a confiabilidade que o sistema projetado de revestimento possui devido a sua alta capacidade de reutilização da argamassa na bomba de projeção, desde que essa respeite o tempo de vida útil especificado. Assim, valores de consumo real costumam ser próximos aos índices teóricos, o que pode evitar gastos não planejados pelas construtoras. Entretanto, os mesmos autores reafirmam que outros fatores externos ao sistema de revestimento como problemas na execução da alvenaria que geram erros de prumo e alinhamento, inexperiência dos operários, bomba de projeção desregulada, entre outros, também influenciam o consumo de argamassa e podem aumentar significativamente a quantidade de argamassa utilizada. Assim, é importante analisar os reais motivos que provocam um consumo real distorcido do consumo teórico.

Dessa maneira, é necessário investigar se o consumo dos dois sistemas foi influenciado do mesmo modo por esses fatores externos, devido ao índice de perdas do sistema e erros na alvenaria, que estão diretamente conectados ao consumo de argamassa. Porém, como a variação de espessura de revestimento não foi grande tanto no método projetado quanto no manual, infere-se que menores perdas podem ter ocasionado a vantagem do sistema projetado de reboco nesse índice de desempenho.

Esse argumento ganha mais força por se assemelhar ao estudo de Paravisi (2008), que também encontrou uma maior aproximação dos consumos de projeto e reais no sistema mecanizado de revestimento e que também concluiu que as perdas do sistema manual eram as responsáveis pelo seu consumo ter se apresentando discrepante.

7. PERDAS

Após a comparação referente ao consumo que cada sistema de revestimento apresentou nas semanas de observação, percebeu-se que o reboco projetado teve seu desempenho prático mais semelhante ao teórico. Além, como foi explicado anteriormente, o índice de perdas é um dos determinantes para que o consumo de argamassa apresente valores satisfatórios, causando um impacto direto na quantidade de material necessária para executar o serviço estudado.

Agopyan et al (1998) detalha que as principais causas de perda nos processos de revestimento em argamassa são: dosagem incorreta no traço da argamassa durante sua produção; ruptura dos sacos; erros no transporte e por ultimo, na incompatibilidade na aplicação na alvenaria que pode ser causada pela excesso na espessura do revestimento e pela argamassa que não é reaproveitada.

Como foi explicado na metodologia, a pesquisa focou-se nas perdas que ocorrem na fase de execução do reboco, isto é, para os cálculos foram apenas considerados dois tipos de perdas físicas: as provenientes de uma espessura inadequada da que devia ser realizada conforme o projeto e também as perdas gerais que foram nomeadas como “outras perdas” visto que era inviável ao observador quantificar e separar precisamente as perdas dos sacos rasgados no armazenamento e no transporte, no erros de traços na argamassadeira e também no desperdício de argamassa não utilizada por ter vencido seu tempo de vida útil no chão dos apartamentos. Essa mesma técnica de divisão em duas perdas foi utilizado por Costa (2005), que também por limitações no processo de medição, separou o índice de perdas nas provenientes de espessuras excessivas e nas outras ocorridas ao longo do processo.

7.1 DO SISTEMA CONVENCIONAL

O índice de perdas do sistema convencional de revestimento foi obtido a partir das medições das espessuras reais encontradas no reboco executado que, comparados com as espessuras de projeto, forneceram a quantidade de argamassa perdida pelo quantidade incorreta aplicada na alvenaria. Também obteve-se a partir do consumo teórico estipulado pelo fornecedor, consumo esse simulado em condições quase idealizadas dados pelo fabricante.

Dessa maneira, segue na tabela 18 os valores de perdas por espessura excessiva e perdas globais obtidos através da observação do sistema convencional de revestimento em argamassa, além disso, inclui-se também na tabela, a média dos índices de perdas nas pesquisas de Costa (2005) e Paravisi (2008). É importante lembrar que o valor das outras perdas ao longo do processo é calculado a partir da diferença entre as perdas globais do sistema e a exclusivamente causadas pelo excesso de espessura na alvenaria (COSTA, 2005).

Tabela 18 – Índices de perdas obtidas na observação do sistema convencional de revestimento.

DIA	Perdas Globais (%)	Perdas por Espessura Excessiva (%)	Outras Perdas (%)
02/mai	56,4	20,0	36,4
03/mai	59,9	6,7	53,2
04/mai	46,0	13,3	32,7
05/mai	58,6	0,0	58,6
06/mai*	34,2	20,0	14,2
09/mai	51,3	6,7	44,6
10/mai	41,7	13,3	28,4

Média	50,3	8,5	41,8
Costa (2005)	81,0	21,0	60,0
Paravisi (2008)	33,7	2,6	31,1

* Sexta-feira com expediente reduzido para 8 horas.

Infere-se pela tabela acima que a média das perdas globais no sistema convencional do estudo atual foi de 50,3%, sendo que desse valor 8,5% das perdas foi causado pelo excesso de espessura do reboco quando comparado ao valor de projeto e outros 41,8% se originaram de outros vetores influentes a queda do índice de desempenho em questão. Esses valores por sua vez, se encontram significativamente inferiores aos obtidos no estudo de Costa (2005) que teve muitos problemas de desperdício de material durante a aplicação na parede e o vencimento da argamassa sem reutilização. Além disso, a pesquisadora enfrentou uma quantidade considerável de taliscas mais grossas na alvenaria devido a inadequações no prumo das paredes e também faceu constantes erros no traço final do produto, uma vez que a argamassa era rodada em obra e dependia da perícia dos operadores de betoneira ao invés do estudo atual que utilizou argamassa usinada estabilizada.

Quando comparado à pesquisa de Paravisi (2008), que teve como objeto de estudo empresas que utilizavam o método projetado de reboco, o índice de perdas do estudo atual se apresentou superior tanto nos parâmetros globais quanto para os causados pela espessura excessiva, indicando a vantagem que o sistema mecanizado de revestimento ainda alcança quando comparado ao método convencional mesmo havendo uma diferença considerável de 8 anos entre as pesquisas. Além disso, destaca-se a perda quase mínima de 2,7% obtida nos trabalhos de Paravisi (2008) que pode ser justificada pela necessidade do alto controle de prumo da alvenaria estrutural que foi feito e também pela edificação ter sido de apenas 4 pavimentos. Outro fator do baixo desperdício de 31,1% ao longo do processo encontrado pela pesquisadora foi a produção da argamassa diretamente no tanque de projeção, o qual funciona como estoque e gera um transporte contínuo através do mangote. A pesquisa atual, por sua vez, encontrou problemas tanto no transporte do produto até o ponto de lançamento na alvenaria quanto no desenvolvimento de uma política de reutilização prévio ao tempo de pega da argamassa, fatos que podem ser ilustrados na Figura 42 – Argamassa usinada não reaproveitada proveniente de quedas durante o transporte e vencimento do seu tempo de vida útil.



Figura 42 – Argamassa usinada não reaproveitada proveniente de quedas durante o transporte e vencimento do seu tempo de vida útil.

7.2 DO SISTEMA MECANIZADO

Assim como foi aplicado para o método manual de execução de revestimento, também se utilizou o estudo de perdas a partir das espessuras de argamassa medidas na alvenaria e da comparação entre o consumo previstos em projeto e o realmente obtido nas 8 semanas de observação dentro do canteiro de obras. Além disso, nessa etapa foram utilizados os mesmo dados que foram coletados para o estudo do consumo de argamassa: a quantidade de sacos usados, a área total produzida e também o valor teórico de consumo especificado pelo fornecedor.

Seguindo, na Tabela 19 são apresentados todos os resultados referentes às perdas alcançadas no sistema mecanizado de revestimento em argamassa em conjunto com os índices obtidos nos trabalhos de Costa (2005) e Paravisi (2008). Do mesmo jeito que para o processo manual, a soma das outras perdas no processo de execução com as causadas por espessura excessivas determina as perdas globais do sistema mecanizado.

Tabela 19 - Índices de perdas obtidas na observação do sistema mecanizado de revestimento.

Equipe	Perdas Globais (%)	Perdas por Espessura Excessiva (%)	Outras Perdas (%)
1x	25,3	8,4	16,9
1y	22,5	5,7	16,8
2y	25,9	7,2	18,7
3y	19,8	8,0	11,1
Média	23,4	7,3	16,1
Costa (2005)	81,0	21,0	60,0
Paravisi (2008)	33,7	2,6	31,1

Com a Tabela 19 é possível determinar que a média das perdas obtidas pelas 4 equipes que executaram o reboco projetado foi menor do que os dois índices medidos nas pesquisas anteriores, também sendo inferior as perdas calculadas na observação da equipe 1z, que executou o reboco manual. Assim, a realização do reboco dos apartamentos pelo método projetado ocasionou perdas globais de 23,4%, sendo 7,3% causadas por espessura superior a de projeto e os outros 16,1% oriundos de armazenamento, transporte e reutilização de argamassa ineficientes.

Seguindo, infere-se que as equipes de serviço observadas tiveram perdas bem menores das que foram encontradas por Costa (2005) e Paravisi (2008), principalmente em relação a primeira pesquisadora que obteve altos índices de perda em seu estudo do reboco convencional, tendo assim um índice de perdas globais 350% superior quando comparado com a média das equipes 1x, 1y, 2y e 3y. Da mesma forma, mesmo com um valor baixíssimo de 2,7% nas perdas por espessura excessiva encontrada por Paravisi (2008) devido ao rigoroso controle na elevação da alvenaria e taliscamento, suas perdas totais foram 44% maiores do que as encontradas durante a observação atual.

Assim, o fato da pesquisa atual ter obtido perdas ainda menores do que a de Paravisi (2008), ambas com equipes que executaram o revestimento em argamassa projetada, ratifica os avanços que as técnicas construtivas vem alcançando nos últimos 8 anos, principalmente pela necessidade que as empresas vem tendo de minimizar custos de mão de obra e material e maximizar a qualidade do produto final. (COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO, 2012).

7.3 ANÁLISE COMPARATIVA

Após a exibição dos resultados de cada sistema de revestimento e comparando cada um com referências bibliográficas já realizadas anteriormente, é necessário à realização da análise comparativa entre os dois métodos de execução observados nessa pesquisa. Assim, no Gráfico 9 segue a porcentagem de perdas que cada sistema teve com suas respectivas equipes de execução, dividindo o índice em perdas por espessura excessiva e outras perdas ao longo do processo que somadas informam o índice de perdas globais.

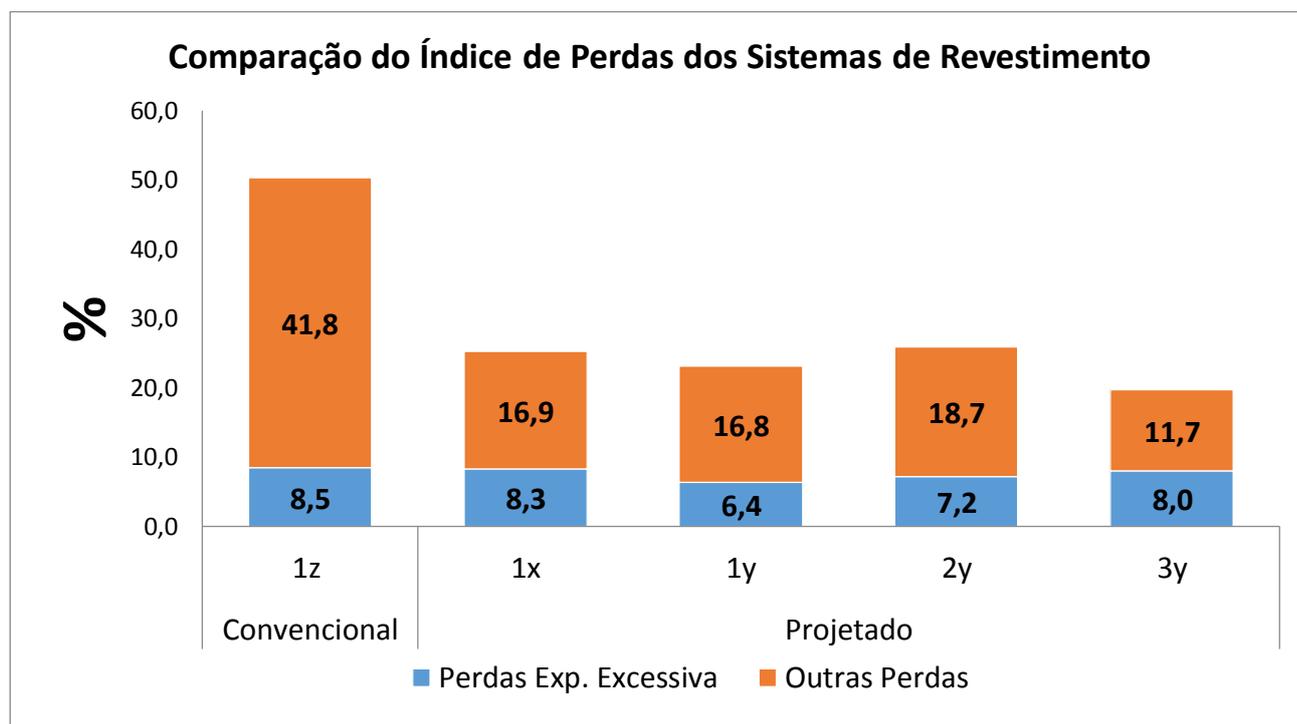


Gráfico 9 – Comparação do índice de perdas dos sistemas de revestimento em argamassa projetado e convencional obtidos no estudo atual.

O gráfico acima ilustra a considerável diferença no índice de perdas que os sistemas possuem quando comparado, tendo o método convencional perdas globais médias de 50,3% e o método projetado com valores médios de perda variando entre 19,7% e 25,3%, ou seja, uma redução de até 151% em relação as perdas. Percebe-se também que a média das perdas por espessura excessiva se assemelhou bastante nos dois sistemas de revestimento em argamassa, apresentando valores entre 6,4 e 8,5 % para ambos os casos, o que evidencia que erros de execução do reboco com espessuras fora do padrão de projetos, sejam por problemas na alvenaria ou inexperiência dos operários, não foram tão significativas na obra.

Entretanto, o índice de perdas referente às outras perdas ao longo do processo foi de 41,8% no sistema convencional, valor bastante significativo quando comparado ao projetado. Segundo Costa (2005), as perdas no sistema convencional costumam se acumular desde o armazenamento da argamassa usinada na baía argamassa, passando pelo transporte horizontal e vertical feito pelo servente em jericas e chegando até a execução do reboco com uma reutilização ineficaz da argamassa acumulada no chão após o lançamento, sarrafeamento e desempenho. E foram justamente nessas três fases do processo que se percebeu potenciais de perda: devido ao caminhão com argamassa usinada que desperdiçava um pouco ao despojá-la na baía, também nas pequenas quantidades de material que caíam no chão durante o transporte até o apartamento determinado e por último na má reutilização da argamassa que, após tempo de pega, perdia sua trabalhabilidade e era levado para o lixo no fim do expediente.

Por sua vez, o sistema projetado de revestimento em argamassa obteve valores de 11,7 a 18,7 % em outras perdas do sistema, resultado em média 160% menor do que encontrado no apartamento rebocado manualmente. Os números evidenciam uma das vantagens defendidas em diversas pesquisas científicas que afirmam os efeitos positivos relacionados a redução perdas e desperdícios quando se implementa o sistema projetado de revestimento em processos construtivos. Seguindo essa linha, Paravisi (2008) enumera fatores que contribuem na minimização do índice de perdas na execução do revestimento. Primeiramente a autora cita considerável redução de oportunidades de perda nas etapas de armazenamento e transporte visto que a argamassa ensacada fica localizada bem próxima a bomba de projeção, além de todo transporte do material até seu lançamento na alvenaria ser feito de maneira direta pelo mangote. Outro fator lembrado em sua pesquisa está relacionado com a uniformização da atividade em si, principalmente no primeiro nivelamento do reboco já realizado com a régua H que permite a volta de quase 100% da argamassa caída no chão para as bombas de projeção e garantido sua reutilização a longo do seu tempo de vida útil como pode ser visto na Figura 43



Figura 43 – Reutilização da argamassa coletada do chão e despojada na bomba de projeção

Além disso, equipes que trabalham com o sistema projetado tendem a ter uma instrução e treinamento prévio mais apurado do que as equipes convencionais, que muitas vezes se limitam apenas na confiança pessoal que o operário tem de executar o serviço, muitas vezes pela experiência que ele acredita ter. Como consequência, pode ocasionar uma execução mais pessoal e desuniforme, abrindo oportunidades para erros que influenciam no desempenho do sistema, inclusive no índice de perdas globais. (CEOTTO et al, 2005).

Concluindo, ambos os sistemas tiveram perdas por espessura excessivas poucos significativas, com valores todos menores que 10% tanto no método manual ou projetado de reboco, indicando um bom controle na qualidade da elevação da alvenaria, no taliscamento e também no nivelamento da argamassa na parede. Por outro lado, as equipes que operaram com bombas de projeção adquiriram ampla redução nas perdas ao longo do processo, justificado pela diminuição ou eliminação de oportunidades de perdas de argamassa no armazenamento, transporte e execução do sistema; ocorrência que não se repetiu na equipe 1z responsável por realizar o método convencional de revestimento.

8. CUSTOS

Uma vez realizado a comparação dos desempenhos que cada sistema teve em seus índices de consumo, produtividade e perdas, bem como suas respectivas descrições, nesse capítulo segue a análise de um dos fatores mais considerados por empresas e construtoras no cenário econômico atual: os custos de execução de um sistema construtivo.

Como foi explicado na metodologia da pesquisa, só foram considerados os recursos utilizados diretamente na execução do revestimento em argamassa, isto é, os custos com mão de obra e argamassa, ensacada ou usinada. Assim, foi considerado no cálculo o custo por m² de reboco realizado tanto para argamassa utilizada no sistema quanto para mão de obra contratada. Assim como em Paravisi (2008), os dados de custo de argamassa se basearam em dois determinantes: o consumo real que cada argamassa obteve no empreendimento e também o valor de contrato da argamassa por quilograma. Já para determinar os custos de mão de obra de cada frente de serviço foram verificados os contratos realizados pela empresa com as respectivas subcontratadas responsáveis pela execução o reboco manual e projetado na obra.

É necessário ressaltar que a empresa responsável pelo empreendimento possuía parcerias contratuais tanto com o fornecedor de argamassa usinada e ensacada quanto com as empreiteiras que disponibilizaram a mão de obra, gerando custos de compra de argamassa e contratação de frentes de serviço que valem apenas para essa pesquisa. Além disso, é importante que a utilização das bombas de projeção já estava adicionada no preço contratado de serviço, não havendo necessidade de gastos com aluguel de maquinário. O mesmo vale para os custos de transporte da argamassa nos caminhões, isto é, o contrato de compra da argamassa já se incluía o frete do produto até o canteiro de obras.

8.1 DO SISTEMA CONVECCIONAL

As despesas envolvidas no sistema convencional englobam a subcontratada que forneceu uma equipe de 1 pedreiro e 1 ajudante para realizar reboco de uma unidade de apartamento, custo medido em R\$/m², e também envolve a fabricante de argamassa usinada responsável pela entrega do matéria, valor inicialmente dado R\$/ m³ mas que foi ajustado em R\$/ m² para as devidas análises.

Essa conversão nas unidades do custo da argamassa foi concretizada a partir do consumo prático que argamassa obteve no processo em kg/m².cm, no seu respectivo preço em R\$/ m²

explicitado nos contratos e na sua massa específica no estado úmido de 1700 kg/m³ que já foi informado em capítulos anteriores. Assim, segue na Tabela 20 os valores utilizados na conversão.

Tabela 20 - Valores de Custo e consumo da argamassa usinada utilizada na conversão para R\$/m²

Sistema	Equipe	Argamassa	Preço Unitário (R\$/kg)	Consumo Real (kg/m ²)	Preço (R\$/m ²)
Convencional	1z	Usinada Concrecon	0,1382	32,2	4,45

Dessa forma, a partir do consumo real obtido de 32,2 kg/m² foi possível obter o preço em R\$/m² multiplicando-o com o preço unitário da argamassa unitária, que foi de 0,1382 R\$/kg. Logo, infere-se que custo de argamassa no sistema convencional foi de 4,45 R\$ a cada m² quadrado realizado.

O custo da mão de obra, por sua vez, teve seu valor negociado entre a construtora e a empreiteira responsável pelo serviço, preço fixado em contrato em 18,00 R\$/m², cotação considerada normal em relação ao mercado de construção civil da região que no período de estudo era de R\$ 16,80 (SINAPI, 2016).

Assim, a Tabela 21 indica os resultados do índice de custo de execução referentes ao sistema convencional, englobando todas as despesas diretas com a mão de obra da equipe 1z e com a argamassa usinada.

Tabela 21 - Custos de Execução do Sistema Convencional de Revestimento em Argamassa

Sistema	Equipe	Custo Argamassa (R\$/m ²)	Custo Mão de Obra (R\$/m ²)	Total (R\$/m ²)
Convencional	1z	4,45	18,00	22,45

8.2 DO SISTEMA MECANIZADO

Todos os custos contabilizados no sistema convencional influenciaram diretamente a execução do reboco e são eles: o custo da mão de obra negociado entre as duas empreiteiras e suas respectivas equipes de produção, que foi medido em R\$/m² e também o custo de cada unidade de argamassa ensacada para projeção em R\$/saco, valor também convertido para as unidades de R\$/m².

Da mesma forma ocorrida no sistema convencional, a conversão do custo da argamassa se deu a partir do consumo prático que cada equipe (1x, 1y, 2y e 3y) obteve no estudo atual,

multiplicando esse consumo (kg/m². cm) juntamente com a quantidade de argamassa que vem em um saco (40 quilogramas), tem se o custo operacional da argamassa em R\$/m².cm. Assim, na Tabela 22 é apresentando os parâmetros de consumo de cada equipe do sistema projetado que foram usados para encontrar o custo final por m² de reboco executado.

Tabela 22 - Valores de Custo e consumo da argamassa ensacada utilizada na conversão para R\$/m²

Sistema	Equipe	Argamassa	Preço Unitário(R\$/kg)	Consumo Real (kg/m ²)	Preço (R\$/m ²)
Mecanizado	1x	Votorantim Ensacada	0,1875	22,2	4,16
	1y			21,9	4,11
	2y			20,9	3,92
	3y			21,2	3,98
	Média			21,7	4,07

Da tabela acima nota-se que as despesas com argamassa variaram de 3,92 a 4,16 R\$/m², apresentando uma diferença de 24 centavos por m² entre a equipe 1x, que teve o custo mais elevado devido ao seu consumo real, e a equipe 2y, a mais barata dentre todas.. Além disso, a média feita a partir do preço de todas as equipes foi de 4,07 R\$/m².

Já o custo de mão de obra teve seu preço fixado em ambas às empreiteiras responsáveis pela execução do reboco projetado, valendo o custo de 13,00 R\$/m² para as duas. Esse valor foi negociado previamente e teve o contrato válido para todo o período de execução de reboco, evitando assim mudanças no custo ao longo dos meses.

Segue então na Tabela 23 os índices de custo que cada equipe envolvida no procedimento mecanizado obteve, especificando seus respectivos gastos por m² de argamassa e de mão de obra. Por último, a tabela apresenta o custo médio por m² que o sistema mecanizado de revestimento alcançou nas 8 semanas de observação.

Tabela 23 - Custos de execução do Sistema Convencional de Revestimento em Argamassa

Sistema	Equipe	Custo Argamassa (R\$/m ²)	Custo Mão de Obra (R\$/m ²)	Total (R\$/m ²)
Mecanizado	1x	4,16	13,00	17,16
	1y	4,11		17,11
	2y	3,92		16,92
	3y	3,98		16,98
	Média	4,07		17,07

8.3 ANÁLISE COMPARATIVA

Dado os respectivos resultados para cada sistema de revestimento em argamassa, é necessária a comparação entre eles a fim de determinar qual apresentou melhor desempenho no quesito de custos de execução, fator esse que vem ganhando destaque no cenário atual brasileiro desde a última década. É importante lembrar que ambos os casos considerou-se apenas os custos diretos na aquisição da argamassa, sendo ela ensacada ou usinada, e na contratação da mão de obra especializada.

Para isso, os gastos de cada sistema foram isoladamente equacionadas no formato de uma função linear baseadas nas despesas com argamassa e mão de obra, onde a variável “x” é a área de reboco executada em m² e a f(x) trata-se do custo total de execução em R\$. Dessa forma, a Tabela 24 indica as equações de custo obtidas nos dois sistemas estudados.

Tabela 24 – Equações de Custo de Execução para cada um dos sistemas de revestimento em argamassa.

Sistema	Custo Argamassa (R\$/m ²)	Custo Mão de Obra (R\$/m ²)	Equação de Custo
Mecanizado	4,07	13,00	F(x)= 17,07x
Convencional	4,45	18,00	F(x)= 22,45x

Primeiramente é possível inferir ambos os custos de argamassa e os de mão de obra foram superiores no sistema convencional, o que resultou em um coeficiente angular mais elevado em sua equação. O maior custo em argamassa no sistema convencional se justifica pelo maior consumo médio real que a equipe 1z, responsável pela execução manual, alcançou durante a execução do reboco em seu determinado apartamento, sendo esse consumo real também influenciado pelos maiores índices de perda nesse método. Devido a isso, seu custo de argamassa por m² foi 0,38 centavos maior que o do sistema mecanizado, algo que também ocorreu na pesquisa de Paravisi (2008).

Enquanto isso, os custos de mão de obra foram determinados por forças contratuais entre a construtora e 3 empreiteiras, possuindo a empresa Z, responsável pelo reboco manual, o custo de 18,00 R\$/m², valor esse sendo o mais caro dentre as demais. Já o custo de execução para as empresas X e Y tiveram o mesmo valor de contrato de 13,00 R\$/m².

Seguindo essa linha, as equações de custo para cada sistema foram ilustradas em forma de um gráfico linear, onde o eixo das abscissas refere-se à área executada em m² e o eixo das ordenadas diz respeito ao custo total em R\$/m². Assim, tem-se no Gráfico 10 a simulação do

preço que cada sistema de revestimento em argamassa teria de acordo com a área de serviço executada desde 0 até 10.000 m².

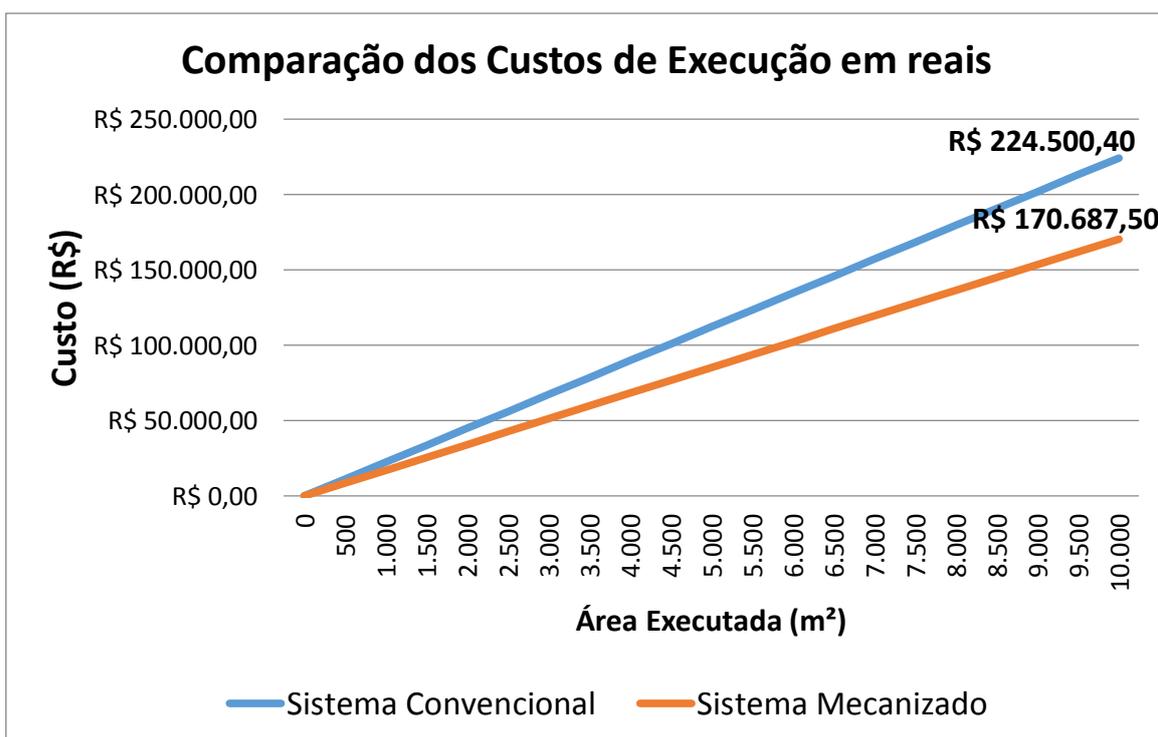


Gráfico 10 - Comparação dos custos de execução, em reais, para cada sistema de revestimento em argamassa

A partir do gráfico acima, infere-se que o maior coeficiente angular do sistema convencional ocasiona uma maior inclinação da reta, diferentemente do mecanizado, que por possuir um menor coeficiente angular, tem-se sua inclinação reduzida. Consequentemente, as diferenças de custo entre os dois métodos de execução se divergem linearmente conforme a área em m² aumenta, isto é, quanto maior for à área de revestimento executada no canteiro, mais barato é o custo do sistema mecanizado em relação ao convencional para esse estudo de caso. Dessa forma, simulando uma área de 10.000 m² de revestimento em argamassa, a diferença de custos do reboco convencional para o projetado alcança um valor de R\$ 53.812,90, isto é, despesas 32% superiores.

Paravisi (2008) encontrou a mesma tendência linear em sua tese de mestrado, observando que os custos de execução, em R\$/m², do sistema convencional com o mecanizado não apresentaram diferenças tão significantes para áreas de reboco pequenas; entretanto, conforme se elevava a quantidade em m² de serviço, os gastos entre os sistemas passavam a se divergir consideravelmente, com o custo do reboco manual ficando mais caro que realizando pelo método projetado.

Um dos fatores que podem justificar essa considerável diferença de custos entre os sistemas está relacionado com os maiores índices de perda presentes no método convencional, que como foi analisado anteriormente, apresentou perdas globais de 50,3 % enquanto o sistema projetado foi de 23,4%. Assim, a quantidade de argamassa utilizada de forma incorreta influencia negativamente o consumo real do material, que acaba originando em mais material gasto por m² e assim, mais fundos se tornam necessários para saldar a execução do revestimento. Logo, uma das vantagens que o método de reboco por projeção tende a ocasionar no custo do processo executivo é de responsabilidade do menor potencial de perdas que o sistema pode apresentar, minimizando o consumo real e, conseqüentemente, também reduzindo quantidade de argamassa paga para cada m² de reboco. (CEOTTO, 2005).

Custo em Sacos de Cimento:

A partir do gráfico 10, que contabilizou os custos em reais, foi possível ter uma estimativa das despesas que a construtora teve em cada unidade de área revestida. Como pode ser ver, esse preço foi dado a partir da moeda brasileira, valendo apenas para esse período e essa região geográfica. Dessa forma, a fim de realizar uma estimativa que possa ser usada no futuro com maior relevância, observou-se a necessidade de realizar o mesmo gráfico com uma unidade de custo mais abrangente, isto é, que tenha menos influencia de circunstancias externas ao longo dos anos, como por exemplo, taxa de juros, inflação, etc.

Assim, ao invés da unidade em reais, optou-se por mensurar o custo a partir do preço de unidades de saco de cimento visto que esse possui uma flutuação de valor bem mais constante mesmo com a diferença de períodos. Sendo assim, segue no Gráfico 11 a simulação dos custos de execução que cada um dos sistemas convencional e projetado de revestimento obteve nesse estudo de caso, sendo esse valor de custo convertido pelo preço de uma unidade de saco de cimento, que se estimou em R\$ 22,50 a partir da média de valores de lojas e fornecedores locais.

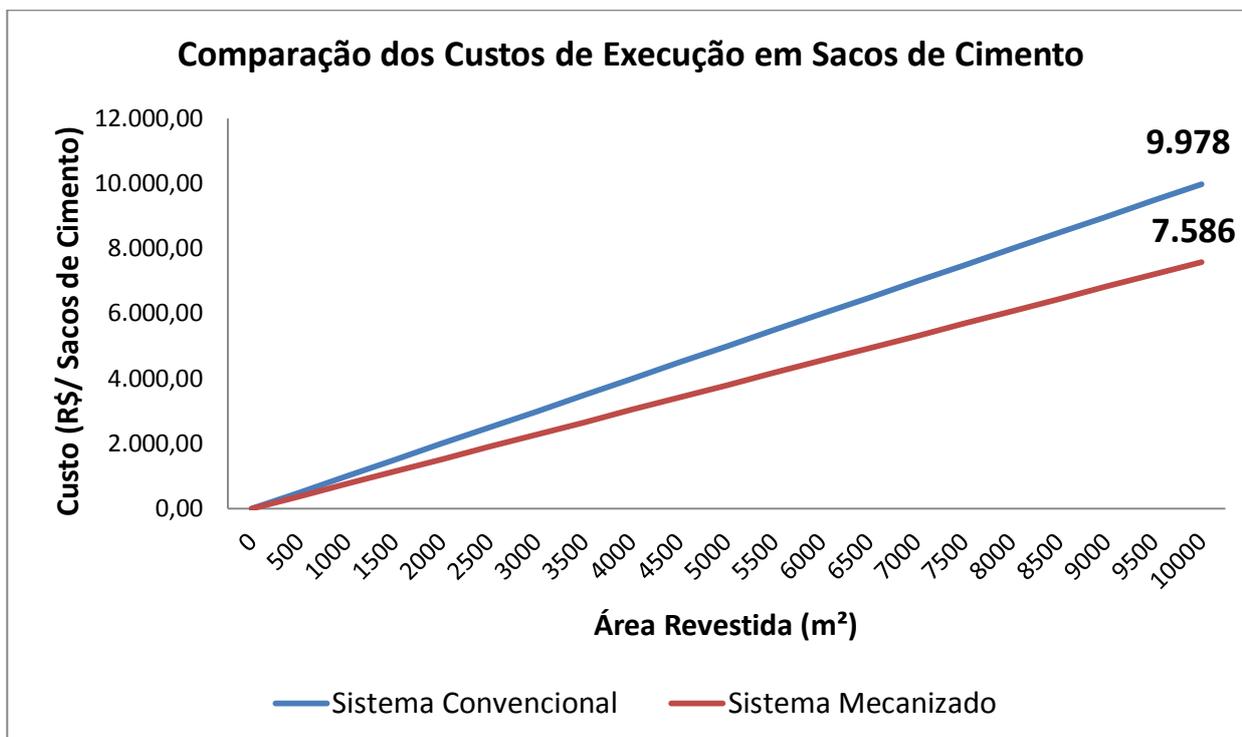


Gráfico 11 - Comparação dos custos de execução, em preço de sacos de cimento, para cada sistema de revestimento em argamassa.

Assim, o gráfico acima ilustra que, para a realização de 10000 metros quadrados de área de revestida, o sistema convencional de reboco gastou 9978 sacos de cimento de 22,50 reais cada, enquanto o projetado teve seu custo de 7586 sacos. Isso mostra que, para esse estudo de caso, utilizar o reboco projetado gera uma economia de 2392 sacos de cimento.

8.4 CUSTO DAS PERDAS

A avaliação do impacto ocasionado pelas perdas que cada sistema de revestimento possa eventualmente ter também possui grande relevância na análise comparativa entre os métodos convencional e projetado de reboco. Assim, foram consideradas duas situações: a primeira considerando o valor de custo obtido com o índice de perdas já calculado no estudo, e um segundo custo em que o processo construtivo possua um índice de perdas inexistente, isto é, uma situação idealizada.

Para isso, os valores de consumo real de argamassa foram mantidos para o primeiro caso e ajustados no segundo, eliminando assim os percentuais de perdas globais dos sistemas convencional e projetado revestimento, que foram calculados em 50,3% e 23,4% respectivamente. Dessa forma as equações lineares de custo sofreram reduções em seus

coeficientes angulares em ambos os métodos de execução do reboco, seguindo Tabela 25 os novos valores para as equações de custo.

Tabela 25 – Equações de cada sistema de revestimento em argamassa, considerando ou não a influência das perdas do sistema.

Sistema de Revestimento	Tipo	Equação
Sistema Convencional	Considerando Custos	$y = 22,45x$
	Não considerando Custos	$y = 20,97x$
Sistema Mecanizado	Considerando Custos	$y = 17,07x$
	Não considerando Custos	$y = 16,30x$

A partir da tabela acima, foi simulado a execução de 3 áreas de reboco: a primeira com 1.000 m², a segunda com 5.000 m² e a última com 10.000 m², considerando as equações com e sem índice de perdas. Assim, após do cálculo dos custos em cada situação, foi realizado a diferença entre os gastos de modo obter o impacto financeiro que as perdas globais causaram nos dois sistemas de revestimento. Primeiramente, segue no Gráfico 12 a simulação do preço final de execução para o sistema convencional de revestimento em argamassa, considerando o caso com um índice de perdas de 50,3% e também outro com perdas inexistentes.

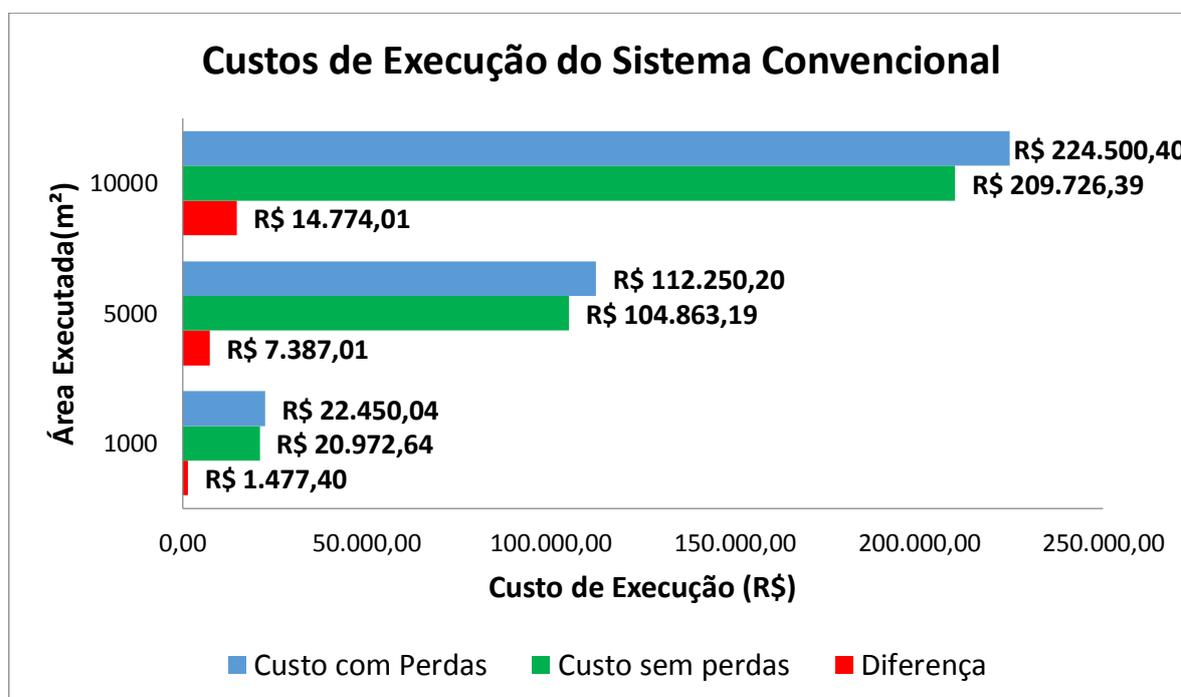


Gráfico 12 – Análise dos custos de execução no sistema convencional, considerando ou não influência do índice de perdas de 50,3%.

Infere-se a partir do gráfico acima que a diferença de custo do reboco convencional nos casos com e sem índices de perdas aumentaram conforme a área de execução era ampliada, dessa forma, a diferença mais significativa se deu para uma área de 10.000 m², em que o custo das perdas foi de R\$ 14.774,0. Já para uma área de 5.000 m² essa diferença foi de R\$ 7.387,01.

Seguindo a análise, também foi ilustrado o Gráfico 13, indicando nele os gastos para rebocar áreas de 1000, 5.000 e 10.000 m², além de também delinear o custo das perdas no processo construtivo a partir da diferença dos valores em ambas situações.

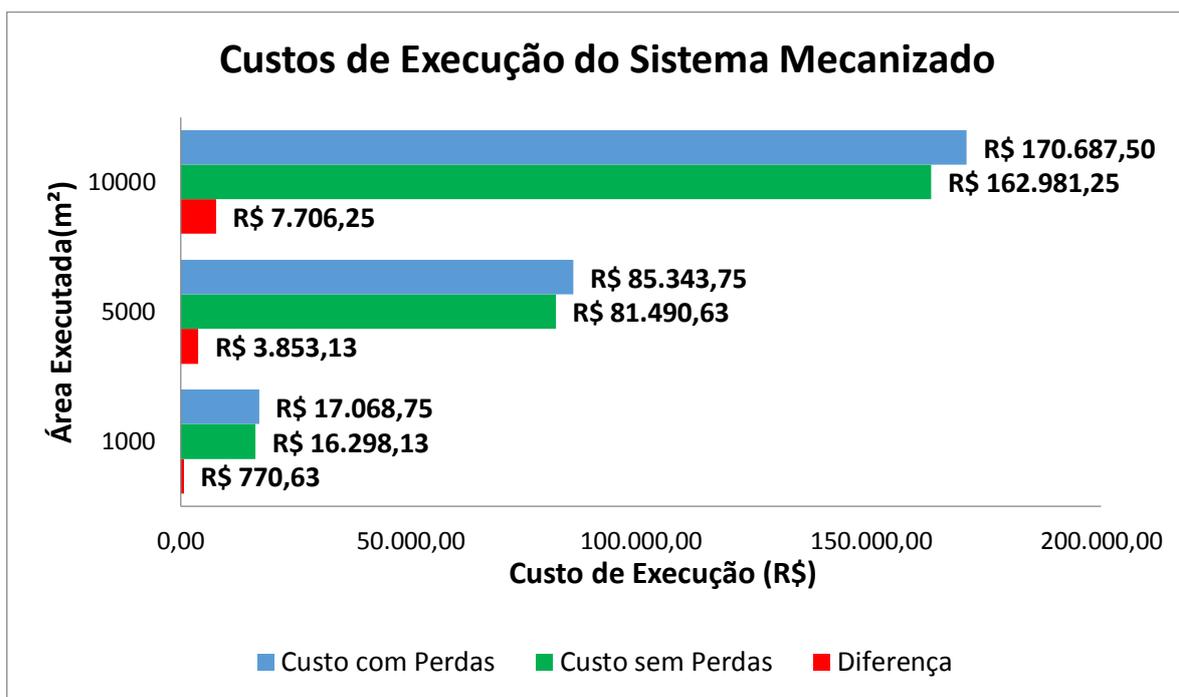


Gráfico 13 - Análise dos custos de execução no sistema mecanizado, considerando ou não influência do índice de perdas de 23,4%.

Assim como ocorrido no estudo do reboco manual, o Gráfico 13 também demonstra que a diferença entre os custos de execução reais e idealizados, isto é, com perdas nulas, aumentam conforme a área de execução se eleva. Dessa forma, para uma área de 10.000 m², o custo que as perdas geraram foi de R\$ 7.706,25, enquanto que para uma área de 5.000 m² esse valor caiu para a metade, ou seja, aumentou em R\$ 3.853,13 as despesas do processo construtivo.

Paliari e Souza (1999) destacam a importância que a minimização de oportunidades de perda de material e tempos ociosos acabam gerando em sistemas construtivos de revestimento em argamassa, principalmente devido a redução do orçamento financeiro do empreendimento. Além disso, percebe-se que em ambos os sistemas o custo das perdas tiveram valores significativo, o que demonstra a seriedade em que os controles de desperdício de argamassa e ao tempo produtivo devem ser operados.

9. CONCLUSÕES

Através do estudo bibliográfico, principalmente de literaturas nacionais realizadas nos últimos 10 anos, pôde-se compreender a importância que vem sendo enfatizado o aprimoramento de sistemas construtivos de revestimento em argamassa, modificando ou até mesmo eliminando métodos que até então eram considerados inalteráveis por terem etapas bem controladas e conhecidas tanto pela executante quanto pelo fiscalizador. Assim, esses estudos mostram que a utilização de uma análise comparativa, a partir de índices de desempenho, entre um sistema convencional e outro mecanizado pode servir como ferramenta técnica para convencimento técnico de mudança para diversos setores da construção civil brasileira.

Baseando-se em estudos anteriores, a realização dessa pesquisa se desenvolveu a partir da comparação de 4 índices de desempenho resultados pela observação direta, em um canteiro de obras, dos sistemas convencional e mecanizado de revestimento em argamassa, são eles: a produtividade, o consumo, as perdas e o custos de execução. Assim, a partir do acompanhamento durante 8 semanas, coletou-se diversos dados que serviram como variáveis em ordem de determinar funções e resultados para cada um dos parâmetros comparados.

Seguindo, as principais dificuldades encontradas durante a pesquisa se deram na inviabilidade de permanecer durante todo período acompanhando cada equipe de execução em ambos os sistemas, bem como por ser impossível controlar alguns influentes internos e externos do desempenho dos sistemas construtivos, como por exemplo, quedas no fornecimento de energia elétrica e água, atrasos no fornecimento de argamassa, reuniões com as equipes ao longo do expediente, brigas internas entre os operários, enfim, fatores que podem alterar a credibilidade dos resultados obtidos.

Pensando nisso, instruiu-se alguns operadores de máquinas, pedreiros e encarregados para que auxiliassem na medição de alguns vetores como: espessura da talisca na alvenaria, quantidade de sacos usados no expediente, tamanho da área revestida diariamente, número de horas trabalhadas, entre outros, afim de reduzir a variabilidade nos resultados finais ocasionados por erros na metodologia ou na coleta de informações.

Dessa forma, a metodologia aplicada no canteiro de obras durante o período permitiu o levantamento de uma série de dados que, devidamente compilados e ajustados, geraram informações alusivas ao desempenho de cada sistema, garantindo a realização tanto de interpretações técnicas como de comparações entre os aspectos dos respectivos sistemas construtivos estudados.

Começando então pela produtividade dos sistemas construtivos de revestimento em argamassa, a pesquisa calculou esse índice a partir de 3 diferentes interpretações que geralmente são dadas em análises desse quesito: a primeira em Hh/m², que considera toda mão de obra envolvida no sistema construtivo, isto é, tanto pedreiros quanto ajudantes; a segunda em m²/dia.pedreiro, que só contabiliza os pedreiros participantes na execução do reboco e, a terceira e última, a produtividade em m²/hora que apenas indica o quanto foi executado em um intervalo de tempo. Assim, a partir dos resultados obtidos, ficou indicado que todas as equipes (1x, 1y, 2y e 3y) que executaram o reboco pelo método projetado tiveram maiores produtividades em Hh/m² e m²/hora que a alcançada pela equipe que realizou o apartamento pelo método convencional (1z); entretanto, a produtividade em m²/dia.pedreiro da equipe 1y obteve um resultado de 22,57 m²/dia.pedreiro, resultado inferior a todas as equipes em ambos os métodos de execução do reboco, inclusive a equipe 1z(convencional), que registrou 25,75 m²/dia.pedreiro.

Portanto, é possível inferir que ou um mau dimensionamento da equipe 1y, que possuía 4 pedreiros e 3 ajudantes, ou uma equipe com mau treinamento prévio, acabou reduzindo sua produtividade por unidade de pedreiros, ou seja, essa quantidade alta pode ter influenciado negativamente a execução do reboco projetado. Além disso, essa primeira afirmativa ganha força ao comparar-se seu número com o de outras equipes, que mesmo com equipes menores, produziram mais área revestida por unidade de pedreiro em um dia, como por exemplo, a equipe 2y e 3y, que possuíam 3 pedreiros cada, e obtiveram produtividade de 31,58 e 28,43 m²/dia.pedreiro, respectivamente. Já a possibilidade da causa estar relacionada com um baixo treinamento se fundamenta ao se confrontar com a produtividade da equipe 1x que alcançou uma produtividade de 30,72 m²/dia.pedreiro, sendo composta pela mesma quantidade de 4 pedreiros da equipe 1y.

Seguindo com o índice de consumo de argamassa, a metodologia aplicada se fundamentou na comparação entre os consumos teóricos, que foram fornecidos pelo fabricante, e os consumos reais ocorridos na obra a partir do cálculo entre a quantidade de material usado pela área revestida de revestimento. Assim, a observação mediou um consumo prático de 32,2 e 21,7 kg/m².cm para os sistemas de revestimento convencional e mecanizado, respectivamente. Ambos os valores foram considerados satisfatórios por serem parecidos com os encontrados em pesquisas anteriores. Assim, análise indicou que o sistema de reboco convencional utilizou, em cada metro quadrado com 1 centímetro de espessura, 49,76% a mais que o estipulado pelo fornecedor da argamassa usinada. Enquanto isso, o sistema projetado de reboco necessitou de 14,2% mais material do que era apontado pelo fabricante da argamassa ensacada.

É importante lembrar que o consumo é afetado diretamente por alguns determinantes listados a seguir. Primeiramente, pela qualidade de execução feita pela mão de obra, isto é, pelo nível de treinamento e experiência que o pedreiro tem com as técnicas construtivas. Além disso, o fator que acaba influenciando o consumo prático de um sistema é seu índice de perdas de argamassa nas etapas de armazenamento, transporte e execução. E, por último, outro agente é a espessura que as taliscas executadas na alvenaria possuem a fim de garantir seu alinhamento e o prumo. Portanto, os resultados do índice de consumo valem exclusivamente para essa pesquisa devido a suas condições próprias ao longo das semanas de observação. Fica recomendado então, realizar novos estudos em outros canteiros de obras a fim de comparar novas informações, permitindo assim, conclusões mais coesas a partir de diferentes condições agindo nos sistemas projetado e convencional de revestimento em argamassa.

Na análise do terceiro índice de desempenho, o índice de perdas de argamassa no sistema, observou-se que esse parâmetro é determinante no comportamento dos índices relacionados ao consumo, por modificar a quantidade média de argamassa usada por metro quadrado de área revestida, e também aos custos de execução, visto que as perdas ocasionam a elevação da quantidade de argamassa utilizada na execução do reboco, adicionando assim, novas das requisições de compra de argamassa que muitas vezes não eram previstas no orçamento. Dessa maneira, o estudo conseguiu mensurar, a partir de uma metodologia baseada e pesquisas anteriores, o índice de perdas globais do sistema construtivo, assim como as perdas provocadas por espessuras excessivas de revestimento.

. Entretanto, para as outras perdas ao longo do processo relacionadas ao armazenamento e transporte da argamassa, ficou impraticável realizar uma medição precisa da quantidade perdida visto que não era possível a presença do observador durante todos os momentos coletando restos de material no chão ou em sacos rasgados, por exemplo. Portanto, nesse estudo, a simplificação na maneira de obter esse tipo de perda se mostrou bastante relevante nesse estudo, e permitiu encontrar resultados coerentes com os calculados nos outros tipos de perda.

Dessa forma, a comparação entre os índices de perdas do sistema convencional e projetado indicaram que o primeiro ainda apresentou grandes potenciais de desperdício e perdas, principalmente devido a maior quantidade de transporte realizado por carrinho de mão ou jericas do local de armazenamento até o ponto de execução do reboco em si. Enquanto isso, o sistema mecanizado minimizou oportunidades de perda graças às bombas de projeção e o mangote que permitiram a movimentação da argamassa úmida ao longo do pavimento sem processos intermediários. Além disso, as equipes que executaram o reboco projetado manifestaram um maior domínio na técnica de reutilização a partir de um sarrafeamento prévio, removendo assim

o excesso de argamassa da alvenaria, coletando possíveis restos caídos no chão e despojando a argamassa novamente na bomba de projeção antes que seu tempo de vida útil viesse a vencer. Em razão desses fatores acima, para esse estudo de caso realizado, pode-se justificar o fato do sistema convencional ter gerado índices de perda 151% maior do que as equipes que executaram o reboco com bombas de projeção.

A última comparação técnica envolveu os custos de execução que cada sistema de revestimento de argamassa teve nesse estudo de caso. Dessa forma, considerando apenas os custos diretos na aquisição de argamassa e os custos de contrato com empreiteiras na execução do reboco, a realização de equações matemáticas em função da área revestida, para cada sistema construtivo de revestimento, forneceu resultados bastante coerentes e próximos ao que se era esperado por comparações de bibliografias anteriores.

Sabendo disso, a pesquisa concluiu que o custo para executar um metro quadrado a partir do método em reboco projetado foi 31% mais barato que pelo método convencional, visto que o primeiro foi dimensionado em R\$ 17,07 cada metro quadrado executado, enquanto o convencional alcançou um custo de R\$ 22,45 por unidade de área revestida. É importante ressaltar que os custos aqui dimensionados possuem relevância apenas para essa pesquisa, visto que negociações entre construtoras com empreiteiras e fornecedoras de argamassa são circunstanciais, isto é, sofrem variância dependendo da região geográfica, com a situação econômica do período e outros fatores diretos e indiretos.

Por último, englobando todos os 4 índices de desempenho, que para ambos sistemas foram devidamente analisados e comparados, os resultados indicaram que a diferença mais nítida entre os métodos mecanizado e convencional ocorreu no índice de perdas no processo construtivo, uma vez que foi atestado uma significativa vantagem do sistema projetado em consequência desse sistema exibir perdas 3 vezes menores em relação ao método convencional. Consequentemente, essa mesma redução impactou de forma positiva no índice de consumo de argamassa e de custos de execução do sistema projetado.

Entretanto, para o índice de produtividade, conclui-se que ainda existem oportunidades de aprimoramento no processo construtivo, talvez necessitando mais treinamentos em equipe a fim de garantir uma melhor sincronização da função de cada operário possui nas etapas de execução do reboco. Além disso, também nota-se a importância de realizar um correto dimensionamento das equipes, visto que a pesquisa apontou que um maior tamanho da equipe não garante, incondicionalmente, uma melhor produtividade do sistema construtivo.

10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

____.NBR 13528: Revestimentos de parede e tetos de argamassa inorgânica - Determinação da resistência de aderência a tração. Rio de Janeiro, 1995.

____.NBR 13529: Revestimentos de parede e tetos de argamassa inorgânica - terminologia. Rio de Janeiro, 1995.

____.NBR 13530: Revestimentos de parede e tetos de argamassa inorgânica -classificação. Rio de Janeiro, 1995.

____.NBR 7200: Execução de Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas-procedimento. Rio de Janeiro,1996.

____.NBR 13749: Revestimentos de parede e tetos de argamassa inorgânica – Especificação. Rio de Janeiro, 1996.

____.NBR 13281: Argamassa para assentamento de paredes e revestimentos de paredes e tetos – requisitos. Rio de Janeiro,2001.

AGOPYAN, V; SOUZA, U.E.; PALIARI, J.C; ANDRADE, A.C. Alternativas para a redução do desperdício de materiais nos canteiros de obras: relatório final. São Paulo: EPUSP/PCC, 1998.

BAUER, Roberto José Falcão. Patologia em Revestimentos de Argamassa Inorgânica. In: Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassas, Salvador, 1997.p.321-333.

CEOTTO, L.C ; BANDUK, R.C ; NAKAKURA, E.H. Revestimentos em Argamassa – Boas Práticas em Projeto, Execução e Avaliação. Porto Alegre: ANTAC 2005

CINCOTTO, M,A; SILVA, M.A; CARASEK,H; Argamassas de Revestimento: características, propriedade e método de ensaio. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1995.

COMUNIDADE CONSTRUÇÃO. Argamassa Projetada – Sistema de Revestimento Racionalizado. 2012.

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, F. N. Processo de Execução de Revestimento de Fachada de Argamassa: Problemas e Oportunidades de Melhoria. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

CRESCENIO, R. M; PARKESIAN, G.A ; BARROS, M,S,B; SABBATINI, F.H. Execução de revestimentos com argamassa projetada, In: 8º ENTAC. Salvador,2000.v.2

CUNHA, V.J.F. Produtividade na Indústria da Construção – Análise da Influência da Especificação de Materiais. Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2010/2011 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2011.

DUALIBE, R.P; CAVANI, G,R ; OLIVEIRA, M.C.B. Influência do tipo de projeção da argamassa na resistência de aderência a tração e permeabilidade a água. In: Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassas, I International Symposium on Mortars, 2005.

ISATTO, E, L; FORMOSO, C, T.; CESARE, C, M; HIROTA, E, H; ALVES, T, C, L; BERNADES, M, M, S; Lean construction: diretrizes e ferramentas para o controle de perdas na construção civil. Porto Alegre: SEBRAE/RS, 2000, 177p.

ISATTO, E.L. A nova filosofia da produção e da redução de perdas na construção civil . In: 7º Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, Florianópolis, 1998. Vol. 2

ISHITAWA, J. IE for the shop floor: production though process analysis. Portland: Productivity Press, 1991. 182p

LANTELME, E.M.V. Proposta de um sistema de indicadores de qualidade e produtividade para a construção civil.1994. Dissertação (Mestrado), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre, 1994.

LINARD, R.S.S; HEINECK, L.F.M; GEHBAUER, F . Produção de argamassas – Racionalização no transporte de materiais da produção a utilização. In. Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassas, Florianópolis, 2005. P 908-915

PALIARI, J.C; SOUZA, U.E.L.de ; ANDRADE, A.C. Estudo sobre consumo de argamassa de revestimento 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;

PARAVISI, S. Avaliação de Sistemas de Produção de Revestimentos de Fachada com Aplicação Mecânica e Manual de Argamassa. Dissertação (Mestrado em engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre, 2008.

PICCHI, F.A; AGOPYAN, V; Sistemas da qualidade na construção de edifícios. In: Boletim técnico da Escola Politecnica da USP, Departamento de Engenharia da Construção Civil, São Paulo, n. 104, 1993.

MACIEL, L.L; MELHADO, S.B. Diretrizes para o detalhamento do projeto de revestimento de argamassa de fachada. In: III Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassas, Vitória, 1999, p. 769-780.

MANUAL de revestimentos em argamassa. [São Paulo]: Associação Brasileira de Cimento Portland, [2003]

SANTOS ,C,C,N. Critério de projetabilidade para argamassas industrializadas de revestimento utilizando bomba de argamassa com eixo helicoidal,2003. 138p. Dissertação (Mestrado em Estruturas e Construção Civil) – Universidade de Brasília, Brasília.

SANTOS, A. dos. Medição de produtividade em canteiros utilizando a técnica da amostragem do trabalho. In: Gestão da qualidade na construção civil: uma abordagem para empresas de pequeno porte. 2 ed. Porto Alegre: Pqpc/RS, 1995 p.197 -222.

SANTOS, A. dos. Método de intervenção em obras de edificações enfocando o sistema de movimentação e armazenamento de materiais: um estudo de caso. 1995. 140. Dissertação (Mestrado em Engenharia_ - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

SINDUSCON (2010). Argamassa Projetada. Programa Inovação Tecnológica. Câmara Brasileira da Indústria da Construção. Salvador, 2010.

SHIMIZU, J.K; BARROS, M.M.S.B; CARDOSO, F.F. Análise da gestão da produção de revestimentos de argamassa: um estudo de caso. In: Simpósio de Engenharia de Produção: Gestão Ambiental e Sistemas Produtivos, Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 2001.

TECHNE. Acabamento projetado - Projeção de argamassas aumenta produtividade e qualidade dos revestimentos. Revista Techne, 2010. Disponível em: <http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/158/artigo287750-1.aspx>. Acesso em: 01 de Nov.2015.

YIN, R.K. Estudo de Caso: Planejamento e Métodos, 2ed. Porto Alegre: Bookman,2001.

ZANELATTO, K.C. Avaliação da técnica de execução no comportamento dos revestimentos de argamassa aplicados com projeção mecânica contínua. São Paulo, 2012.