

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO TECNOLÓGICO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

**DANIELA MATSCHULAT ELY**

**Intervenção para melhorias em serviços de  
construção: um estudo de caso baseado em  
princípios da construção enxuta**

Dissertação julgada adequada para a  
obtenção do título de Mestre em  
Engenharia Civil e aprovada em sua forma  
final pelo Programa de Pós-Graduação em  
Engenharia Civil - PPGEC da  
Universidade Federal de Santa Catarina -  
UFSC.

PROFESSOR ORIENTADOR: CRISTINE DO NASCIMENTO  
MUTTI

FLORIANÓPOLIS/SC

2011

Catálogo na fonte pela Biblioteca Universitária  
da  
Universidade Federal de Santa Catarina

E52i Ely, Daniela Matschulat

Intervenção para melhorias em serviços de construção [dissertação] : um estudo de caso baseado em princípios da construção enxuta / Daniela Matschulat Ely; orientadora, Cristine do Nascimento Mutti, co-orientadora, Lisiane Ilha Librelotto. - Florianópolis, SC: 2011.  
328 p.: il., grafs., tabs., plantas

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil.

Inclui referências

1.Engenharia civil. 2.Construção Enxuta.  
3.Desperdício de tempo. I. Mutti, Cristine do Nascimento. II.Librelotto, Lisiane Ilha. III. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. IV. Título.

CDU 624

**INTERVENÇÃO PARA MELHORIAS EM SERVIÇOS DE  
CONSTRUÇÃO: UM ESTUDO DE CASO BASEADO EM  
PRINCÍPIOS DA CONSTRUÇÃO ENXUTA**

Por

**DANIELA MATSCHULAT ELY**

Dissertação julgada adequada para a obtenção do Título de MESTRE em Engenharia Civil e aprovada em sua forma final pelo programa de Pós Graduação em Engenharia Civil – PPGEC da Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC.

---

Prof<sup>a</sup>. Dr. – Ing. Janaíde Cavalcante Rocha – Coordenadora do PPGEC

---

Prof. Cristine do Nascimento Mutti, PhD. - Orientador

---

Prof. Dr. Lisiane Ilha Librelotto – Co-Orientador

Banca examinadora:

---

Dr. Roberto de Oliveira – ECV/UFSC

---

Dr. Luiz Fernando Mählmann Heineck - UFC

---

Dr. Tarcisio de Abreu Saurin – UFRGS



## **AGRADECIMENTOS**

---

Aos meus pais, Gastão e Leonor, e minha irmã Maira, por todo amor, dedicação e confiança que sempre depositaram em mim e principalmente por sonharem este sonho juntamente comigo e por apoiarem na caminhada em realização de mais esta conquista.

As Professoras Cristine do Nascimento Mutti e Lisiane Ilha Librelotto, pela orientação dispensada, compartilhamento do conhecimentos e suas sugestões que contribuíram e enriqueceram este trabalho.

Aos amigos de ontem e de sempre e aqueles que surgiram ao longo deste período, especialmente a Cláudia, Luana, Rachel, Cristiane, Daniele e Diane.

A todos os colegas de mestrado e professores do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da UFSC.

À construtora que disponibilizou o espaço e colaboração para realização da pesquisa.

Ao apoio financeiro do CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior), pelo apoio financeiro através da concessão de bolsa.

“A implementação da nova filosofia pode ser iniciada com diferentes níveis de ambição. É uma mudança multidimensional e processo de aprendizagem, que pode ser iniciado pela seleção de poucos princípios e técnicas. Se estes são institucionalizados com sucesso, a adoção de outros princípios será mais facilmente aceita.”

(KOSKELA, 1992)

## SUMÁRIO

---

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
1.1	FENÔMENO DE ESTUDO .....	1
1.2	PROBLEMA DE PESQUISA.....	2
1.3	JUSTIFICATIVA.....	3
1.4	LÓCUS.....	6
1.5	PERGUNTA DE PESQUISA.....	7
1.6	OBJETIVOS.....	7
1.6.1	<i>Objetivo Geral</i> .....	7
1.6.2	<i>Objetivos específicos</i> .....	7
1.7	RELEVÂNCIA.....	8
1.8	MÉTODO DE TRABALHO .....	9
1.9	DELIMITAÇÃO DA PESQUISA.....	11
1.10	ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO .....	13
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>15</b>
2.1	CONSIDERAÇÕES INICIAIS .....	15
2.2	DESPERDÍCIO NA CONSTRUÇÃO CIVIL .....	20
2.3	<i>LEAN</i> .....	24
2.4	<i>LEAN CONSTRUCTION</i> .....	30
<b>3.</b>	<b>METODOLOGIA .....</b>	<b>37</b>
3.1	CARACTERÍSTICAS DOS SERVIÇOS .....	46
3.1.1	<i>Cerâmica de parede interna</i> .....	47
3.1.2	<i>Piso com revestimento cerâmico</i> .....	48

3.1.3	<i>Reboco de Parede interna</i> .....	49
3.1.4	<i>Contrapiso</i> .....	50
3.2	METODOLOGIA DE ANÁLISE DE DADOS .....	51
3.3	FERRAMENTAS PARA APLICAÇÃO DOS PRINCÍPIOS DA <i>LEAN CONSTRUCTION</i> .....	54
3.4	DISCUSSÃO.....	57
<b>4.</b>	<b>ESTUDO DE CASO.....</b>	<b>59</b>
4.1	CERÂMICA DE PAREDE INTERNA .....	62
4.1.1	<i>Descrição da execução da cerâmica de parede interna - canteiro de obras A.....</i>	62
4.1.2	<i>Síntese dos resultados coletados na execução da cerâmica de parede interna – canteiro de obras A.....</i>	69
4.1.3	<i>Análise dos dados e proposta de intervenção do revestimento cerâmico de parede interna com base nas ferramentas escolhidas .....</i>	71
4.2	PISO COM REVESTIMENTO CERÂMICO .....	82
4.2.1	<i>Descrição da execução do piso com revestimento cerâmico – canteiro de obras A .....</i>	82
4.2.2	<i>Síntese dos resultados coletados na execução do piso com revestimento cerâmico – canteiro de obras A .....</i>	88
4.2.3	<i>Análise dos dados e proposta de intervenção do piso com revestimento cerâmico com base nas ferramentas escolhidas .....</i>	89
4.3	REBOCO DE PAREDE INTERNA.....	100
4.3.1	<i>Descrição da execução do reboco de parede interna – canteiro de obras A .....</i>	100

4.3.2	<i>Síntese dos resultados coletados na execução do reboco de parede interna – canteiro de obras A.....</i>	103
4.3.3	<i>Análise dos dados e proposta de intervenção do reboco de parede interna com base nas ferramentas escolhidas.....</i>	104
4.4	CONTRAPISO .....	112
4.4.1	<i>Descrição da execução do contrapiso – canteiro de obras A ...</i>	112
4.4.2	<i>Síntese dos resultados coletados na execução do contrapiso – canteiro de obras A .....</i>	114
4.4.3	<i>Análise dos dados e proposta de intervenção do contrapiso com base nas ferramentas escolhidas .....</i>	116
4.4.4	<i>Descrição da execução do contrapiso – canteiro de obras B ...</i>	126
4.4.5	<i>Síntese dos resultados coletados na execução do contrapiso - canteiro de obras B .....</i>	132
4.4.6	<i>Comparação dos dados antes e depois da intervenção .....</i>	135
4.5	ANÁLISE DOS RESULTADOS .....	139
<b>5.</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>141</b>
5.1	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	146
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>148</b>
	<b>ANEXO A .....</b>	<b>168</b>
	<b>APÊNDICE A - PLANILHAS DE MEDIÇÃO DOS SERVIÇOS .....</b>	<b>176</b>
	<b>APÊNDICE B – DESCRIÇÃO DAS FERRAMENTAS .....</b>	<b>183</b>
	<b>APÊNDICE C - ROTEIRO EXEMPLO DE PLANO DE INTERVENÇÃO .....</b>	<b>214</b>

<b>APÊNDICE D - PLANTAS DE IDENTIFICAÇÃO DE PAREDES E LAYOUT DE MATERIAIS E FERRAMENTAS DA EXECUÇÃO DA CERÂMICA DE PAREDE INTERNA E DETALHE DAS PAREDES OBSERVADAS.....</b>	<b>229</b>
<b>APÊNDICE E - PLANTAS DE IDENTIFICAÇÃO DO LAYOUT DE MATERIAIS E FERRAMENTAS E PLANTA DE IDENTIFICAÇÃO DE CÔMODOS DA EXECUÇÃO DO PISO COM REVESTIMENTO CERÂMICO .....</b>	<b>237</b>
<b>APÊNDICE F - PLANTA DE IDENTIFICAÇÃO DE PAREDES DA EXECUÇÃO DO REBOCO DE PAREDE INTERNA.....</b>	<b>243</b>
<b>APÊNDICE G - PLANTAS DE IDENTIFICAÇÃO DE CÔMODOS DA EXECUÇÃO DO CONTRAPISO .....</b>	<b>246</b>
<b>APÊNDICE H – FLUXOGRAMAS .....</b>	<b>251</b>
<b>APÊNDICE I – RESUMO DOS DADOS COLETADOS .....</b>	<b>262</b>
<b>APÊNDICE J – NORMAS DE PROCEDIMENTO .....</b>	<b>271</b>
<b>APÊNDICE K – TRATAMENTO DE DADOS .....</b>	<b>292</b>

**LISTA DE QUADROS**

---

<b>QUADRO 1</b> – Exemplo de planilha de medição.....	41
<b>QUADRO 2</b> – Exemplo de planilha de tabulação de dados.....	43
<b>QUADRO 3</b> - Sugestão de ferramentas para aplicação dos princípios <i>lean construction</i> .....	54
<b>QUADRO 4</b> – Lista de verificação da execução do serviço de revestimento cerâmico de parede interna, canteiro de obras A.....	77
<b>QUADRO 5</b> – Descrição de competência do executor revestimento cerâmico de parede interna.....	81
<b>QUADRO 6</b> – Lista de verificação da execução do serviço de piso com revestimento cerâmico, canteiro de obras A.....	94
<b>QUADRO 7</b> - Descrição de competência do executor piso com revestimento cerâmico.....	98
<b>QUADRO 8</b> - Lista de verificação da execução do reboco de parede interna, canteiro de obras A.....	108
<b>QUADRO 9</b> - Descrição de competência do executor do reboco de parede interna.....	110
<b>QUADRO 10</b> - Lista de verificação da execução do contrapiso, canteiro de obras A.....	121
<b>QUADRO 11</b> - Descrição de competência do executor do contrapiso.....	125
<b>QUADRO 12</b> - Tabela de valores extremos.....	171
<b>QUADRO 13</b> – Distribuição cumulativa da normal padrão.....	172
<b>QUADRO 14</b> - Planilha de medição do revestimento cerâmico de parede interna.....	179

<b>QUADRO 15</b> - Planilha de medição do piso com revestimento cerâmico.....	180
<b>QUADRO 16</b> – Planilha de medição do contrapiso.....	181
<b>QUADRO 17</b> – Planilha de medição do reboco de parede interna. ...	182
<b>QUADRO 18</b> - Exemplo genérico de carta de processo.. .....	186
<b>QUADRO 19</b> - Exemplo de planilha de <i>last planner</i> no início do ciclo de planejamento a curto prazo. ....	189
<b>QUADRO 20</b> - Exemplo de lista de verificação.. .....	194
<b>QUADRO 21</b> – Exemplo de descrição de competência.....	206
<b>QUADRO 22</b> – Lista de verificação da execução do serviço de revestimento cerâmico de parede interna.....	224
<b>QUADRO 23</b> – Descrição de competência do executor de fôrmas....	227
<b>QUADRO 24</b> - Dimensões dos dentes da desempenadeira.....	276
<b>QUADRO 25</b> - Largura mínima das juntas de assentamento para pisos internos.....	281
<b>QUADRO 26</b> - Dimensões dos dentes da desempenadeira.....	282

**LISTA DE TABELAS**

---

<b>TABELA 1</b> – Exemplo de tabela de resumo de dados. ....	52
<b>TABELA 2</b> – Exemplo de tabela de resumo de tempos coletados. ....	53
<b>TABELA 3</b> – Exemplo de tabela de resumo de tempos por metro quadrado. ....	53
<b>TABELA 4</b> - Dados das paredes observadas na execução da cerâmica de parede interna, canteiro de obras A. ....	70
<b>TABELA 5</b> - Classificação das atividades na execução da cerâmica de parede interna, canteiro de obras A. ....	72
<b>TABELA 6</b> - CEP da execução da cerâmica de parede interna, canteiro de obras A em homem X hora por metro quadrado. ....	74
<b>TABELA 7</b> – Indicadores de produtividade da cerâmica de parede interna em homem X hora por metro quadrado. ....	76
<b>TABELA 8</b> - Dados dos cômodos observados na execução do piso com revestimento cerâmico, canteiro de obras A. ....	88
<b>TABELA 9</b> - Classificação das atividades na execução do piso com revestimento cerâmico, canteiro de obras A. ....	90
<b>TABELA 10</b> – CEP da execução do piso com revestimento cerâmico, canteiro de obras A em homem X hora por metro quadrado. ....	92
<b>TABELA 11</b> – Indicadores de produtividade do piso com revestimento cerâmico em homem X hora por metro quadrado. ....	94
<b>TABELA 12</b> - Dados das paredes observadas na execução do reboco de parede interna, canteiro de obras A em homem X hora por metro quadrado. ....	104

**TABELA 13** - Classificação das atividades na execução do reboco de parede interna, canteiro de obras A..... 105

**TABELA 14** – CEP da execução do reboco de parede interna, canteiro de obras A em homem X hora por metro quadrado. .... 106

**Tabela 15** – Indicadores de produtividade do reboco de parede interna em homem X hora por metro quadrado. .... 108

**TABELA 16** - Dados dos cômodos observados na execução do contrapiso, canteiro de obras A..... 116

**TABELA 17** - Classificação das atividades na execução do contrapiso, canteiro de obras A. .... 117

**TABELA 18** – CEP da execução do contrapiso, canteiro de obras A e em homem X hora por metro quadrado. .... 119

**TABELA 19** – Indicadores de produtividade do contrapiso em homem X hora por metro quadrado.. .... 121

**TABELA 20** - Dados dos cômodos observados na execução do contrapiso, canteiro de obras B. .... 134

**TABELA 21** – CEP da execução do contrapiso, canteiro de obras B em homem X hora por metro quadrado. .... 136

**TABELA 22** – Média e desvio padrão da produtividades antes e depois da intervenção. .... 138

**TABELA 23** – Valores críticos para  $D\alpha$ ..... 174

**TABELA 24** - Distribuição t, unilateral. .... 175

**TABELA 25** - Classificação das atividades execução de fôrmas de pilares..... 221

<b>TABELA 26</b> – Resumo dos tempos (segundo) por metro quadrado por atividade e total na execução da cerâmica de parede interna, canteiro de obras A.....	263
<b>TABELA 27</b> – Resumo dos tempos por metro quadrado por atividade e total na execução do piso com revestimento cerâmico, canteiro de obras A.....	264
<b>TABELA 28</b> – Resumo dos tempos por metro quadrado por atividade e total na execução do reboco de parede interna, canteiro de obras A...	265
<b>TABELA 29</b> – Resumo dos tempos por metro quadrado por atividades e total na execução do contrapiso, canteiro de obras A.....	266
<b>TABELA 30</b> – Resumo dos tempos por metro quadrado por atividades e total na execução do contrapiso, canteiro de obras B.....	269



## **LISTA DE FIGURAS**

---

<b>FIGURA 1</b> – Sequenciamento das atividades da pesquisa. ....	38
<b>FIGURA 2</b> - Ferramentas e sobras espalhadas pelo apartamento. ....	65
<b>FIGURA 3</b> - Estoque do andar de argamassa colante e cerâmica. ....	66
<b>FIGURA 4</b> - Recorte das paredes. ....	67
<b>FIGURA 5</b> - Improviso no uso de espaçadores.....	68
<b>FIGURA 6</b> - Irregularidades no reboco. ....	69
<b>FIGURA 7</b> - Porcentagem do tempo gasto em cada atividade na execução da cerâmica de parede interna, canteiro de obras A.....	73
<b>FIGURA 8</b> - Distribuição dos dados do CEP na execução da cerâmica de parede interna, canteiro de obras A.....	75
<b>FIGURA 9</b> – Bancada de corte. ....	84
<b>FIGURA 10 a</b> - Estoque de matéria-prima. ....	85
<b>FIGURA 11</b> – Fileira deixada para trás para o corte das peças de uma só vez. ....	87
<b>FIGURA 12</b> - Porcentagem do tempo gasto em cada atividade na execução do piso com revestimento cerâmico, canteiro de obras A.....	91
<b>FIGURA 13</b> - Distribuição dos dados do CEP na execução do piso com revestimento cerâmico, canteiro de obras A. ....	93
<b>FIGURA 14</b> – Talisca com espessura maior que 2,5 cm. ....	101
<b>FIGURA 15</b> – Sujeira antes e durante a execução do reboco de parede interna.....	102

<b>FIGURA 16</b> - Porcentagem do tempo gasto em cada atividade na execução do reboco de parede interna, canteiro de obras A. ....	106
<b>FIGURA 17</b> - Distribuição dos dados do CEP na execução do reboco de parede interna, canteiro de obras A. ....	107
<b>FIGURA 18</b> – Sujeira no cômodo. ....	113
<b>FIGURA 19</b> - Sujeira e água nos cômodos. ....	114
<b>FIGURA 20</b> - Porcentagem do tempo gasto em cada atividade na execução do contrapiso, canteiro de obras A. ....	118
<b>FIGURA 21</b> - Distribuição dos dados do CEP na execução do contrapiso, canteiro de obras A. ....	120
<b>FIGURA 22</b> – Canto do cômodo polvilhado com cimento. ....	128
<b>FIGURA 23</b> – Diferença de elevação das taliscas. ....	129
<b>FIGURA 24</b> – Canalização posicionada e fixada. ....	129
<b>FIGURA 25</b> – Proteção de madeira para a canalização. ....	130
<b>FIGURA 26</b> – Soleira. ....	131
<b>FIGURA 27</b> – Trabalhador realizando o serviço agachado. ....	131
<b>FIGURA 28</b> – Distribuição da argamassa pelo cômodo. ....	132
<b>FIGURA 29</b> - Porcentagem do tempo gasto em cada atividade na execução do contrapiso, canteiro de obras B. ....	135
<b>FIGURA 30</b> – Distribuição dos dados do CEP do canteiro de obras B e limites inferior, central e superior do canteiro de obras A. ....	137
<b>FIGURA 31</b> - Exemplo de símbolos de fluxo de processo. ....	190
<b>FIGURA 32</b> - Exemplo de gráfico de CEP. ....	198

<b>FIGURA 33</b> – Exemplo de fluxograma do estado atual da execução de fôrmas de pilar. ....	219
<b>FIGURA 34</b> – Exemplo de fluxograma do estado futuro da execução de fôrmas de pilar. ....	220
<b>FIGURA 35</b> - Identificação das paredes observados no canteiro de obras A.....	231
<b>FIGURA 36</b> – Identificação das paredes observadas e <i>layout</i> de materiais e ferramentas no canteiro de obras A, situação 1. ....	232
<b>FIGURA 37</b> - Identificação das paredes observadas e <i>layout</i> de materiais e ferramentas no canteiro de obras A, situação 2. ....	233
<b>FIGURA 38</b> - Identificação das paredes observadas e <i>layout</i> de materiais e ferramentas no canteiro de obras A, situação 3. ....	234
<b>FIGURA 39</b> - Identificação das paredes observadas e <i>layout</i> de materiais e ferramentas no canteiro de obras A, situação 4. ....	235
<b>FIGURA 40</b> - Identificação das paredes observadas e <i>layout</i> de materiais e ferramentas no canteiro de obras A, situação 5. ....	236
<b>FIGURA 41</b> - Identificação dos cômodos observados e <i>layout</i> de materiais e ferramentas no canteiro de obras A, situação 1. ....	239
<b>FIGURA 42</b> - Identificação dos cômodos observados e <i>layout</i> de materiais e ferramentas no canteiro de obras A, situação 2. ....	240
<b>FIGURA 43</b> - Identificação dos cômodos observados e <i>layout</i> de materiais e ferramentas no canteiro de obras A, situação 3. ....	241
<b>FIGURA 44</b> - Identificação dos cômodos observados e <i>layout</i> de materiais e ferramentas no canteiro de obras A, situação 4. ....	242

<b>FIGURA 45</b> - Identificação das paredes observadas no canteiro de obras A.....	245
<b>FIGURA 46</b> - Identificação dos cômodos observados no canteiro de obras A.....	249
<b>FIGURA 47</b> – Identificação dos cômodos observados no canteiro de obras B.....	250
<b>FIGURA 48</b> – Fluxograma do estado atual da execução da cerâmica de parede interna, canteiro de obras A.....	253
<b>FIGURA 49</b> – Fluxograma do estado futuro da execução da cerâmica de parede interna.....	254
<b>FIGURA 50</b> - Fluxograma do estado atual da execução do piso com revestimento cerâmico, canteiro de obras A.....	255
<b>FIGURA 51</b> – Fluxograma do estado futuro da execução de piso com revestimento cerâmico.....	256
<b>FIGURA 52</b> - Fluxograma do estado atual da execução do reboco de parede interna, canteiro de obras A.....	257
<b>FIGURA 53</b> - Fluxograma do estado futuro da execução do reboco de parede interna.....	258
<b>FIGURA 54</b> - Fluxograma do estado atual da execução do contrapiso, canteiro de obras A.....	259
<b>FIGURA 55</b> - Fluxograma do estado futuro da execução do contrapiso.....	260
<b>FIGURA 56</b> – Fluxograma do estado atual da execução do contrapiso, canteiro de obras B.....	261

## LISTA DE ABREVIATURAS

5S - Senso de utilidade, Senso de organização, Senso de limpeza, Senso de segurança e Senso de autodisciplina

AV – Análise de valor

CAM - *Computer Aided Manufacturing*

CEP – Controle Estatístico do Processo

FMEA - Análise dos Modos e Efeitos das Falhas

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IEES - Instituições Estaduais de Ensino Superior

ISO - *International Organization for Standardization*

LC – Linha Central

LI – Limite Inferior

LS – Limite Superior

NBR – Norma Brasileira

NR – Norma Regulamentadora

PAIC – Pesquisa Anual da Indústria da Construção

PCP – Planejamento e Controle da Produção

PPC - Percentual de Plano Completo

PCMSO - Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional

PDCA – Plan, Do, Check and Action

PBQP-H - Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat

RUP - Razão Unitária de Produtividade

SINAPI - Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices  
da Construção Civil

TRF – Troca Rápida de Ferramentas

TCPO - Tabelas de Composições de Preços para Orçamentos

QFD – Desdobramento da Função Qualidade

## RESUMO

---

As falhas nos serviços da construção civil causam diversos problemas, entre eles o desperdício de tempo. Neste estudo realiza-se a identificação de ferramentas que podem ser usadas para o cumprimento dos preceitos da teoria da *lean construction*. A partir do estudo da execução dos serviços de cerâmica de parede interna, piso com revestimento cerâmico, reboco de parede interna e contrapiso, em uma construtora que atua na grande Florianópolis-SC, identificam-se os problemas enfrentados pela mão de obra com a finalidade de avaliar a aplicação dos princípios da *lean construction* para a reduzir o desperdício de tempo. Com os problemas identificados foi sugerida uma intervenção a ser realizada em cada serviço. Na maioria das vezes o desperdício de tempo ocorria devido as atividades improdutivas. Logo, o principal foco para a redução do desperdício foi a eliminação dessas atividades. No serviço contrapiso, a intervenção foi realizada e acompanhada, comprovando a obtenção de melhorias.

Palavras chave: lean construction, serviços e desperdício de tempo.



## **ABSTRACT**

---

Flaws in the construction process cause several problems, one of which is waste of time. In this study tools that may be used to the accomplishment of the requirements of lean construction theory are identified. Through the study of tiling (internal walls and floor), floor filling an internal wall plaster in a construction site in Florianópolis-SC, problems related to labour are identified, in order to evaluate the application on lean construction principles to reduce waste of time. With the main problems identified in the study was suggest a intervention in each service. Most time the waste of time occurred due to unproductive activities. Therefore, the main focus for waste reduction was the elimination of these activities. In the counter service operations were performed and monitored, demonstrating tangible improvements.



## **1 INTRODUÇÃO**

---

Baseado na teoria *lean*, também conhecida como *lean production*, da manufatura o setor da construção está em busca do aprimoramento da gestão de processos com o uso da *lean construction*. Esta teoria começou a ser adaptada para a realidade da construção no começo da década de 90 e tem como objetivo a redução/eliminação de desperdício e a busca contínua pela melhoria. Com base nos princípios da *lean construction*, uma tabela foi formulada para a identificação de ferramentas que podem ser utilizadas na prática, para a aplicação dos preceitos da teoria.

Em um estudo de caso com intervenção em canteiros de obras de uma construtora da grande Florianópolis - Santa Catarina aplicou-se ferramentas para obtenção da redução do desperdício de tempo através do aprimoramento da execução de alguns serviços realizados pela mão de obra.

### **1.1 Fenômeno de estudo**

O fenômeno de estudo é a otimização da produção, através da utilização dos princípios da *lean construction* em serviços da construção civil.

## 1.2 Problema de pesquisa

“Um problema surge da descoberta de que algo não está em ordem com o nosso suposto conhecimento ou, ainda, a partir de uma observação lógica, da descoberta de uma contradição entre nosso suposto conhecimento e os fatos” (POPPER, 1985 *apud* FACHIN, 2006).

Em uma pesquisa realizada na cidade de Florianópolis-SC, observou-se que 14,22% do tempo gasto pelos operários na construção é em atividades improdutivas, ou seja, retrabalhos, paradas sem motivo e paradas por falta de material (LIBRELOTTO *et al.*, 2000). Santos, Neto e Santos (2008) apontam que de acordo com a literatura estrangeira apenas 33% do tempo da mão de obra são empregados em atividades produtivas, 33,5% são gastos em atividades auxiliares e 33,5% em atividades improdutivas.

Esta pesquisa visa propor a aplicação dos princípios *lean construction* no dia a dia da mão de obra, na execução de alguns serviços (cerâmica de parede interna, piso com revestimento cerâmico, reboco de parede interna e contrapiso), com finalidade de reduzir o desperdício de tempo, através do aprimoramento dos serviços. Pode-se inferir, quem em consequência desta intervenção, se venha a ter a diminuição do tempo de execução dos serviços, redução do desperdício de materiais, melhoria da gestão de processos, das condições de trabalho e satisfação dos clientes.

### 1.3 Justificativa

A indústria da construção civil passa por mudanças devido ao aumento do nível de exigência dos clientes e reivindicações por melhoria das condições de trabalho. Muitos dos problemas do setor são advindos de problemas gerenciais (ISATTO *et al.*, 2000). Logo, é necessário mudar a maneira de dirigir os processos produtivos se adaptando a filosofias gerenciais mais eficientes, como a *lean construction* (COSTA *et al.*, 2005).

Muitas soluções, como pré-fabricação, robotização e automação, já foram apresentadas e propiciam melhorias, mas elas são limitadas no campo da construção. Em parte, isso ocorre pelas peculiaridades deste setor, como alto nível de complexidade do processo, geração de produtos únicos, concentração temporária de recursos e uso intensivo de mão de obra, dentre outros. A filosofia da produção, *lean*, busca a aplicação de teorias e princípios básicos de gestão, ligados à melhoria dos processos de produção, com baixa utilização de tecnologias de *hardware* e *software*. Em termos de máquinas, robôs, sistemas computacionais de gestão ou de automação, são utilizadas soluções tecnológicas mais simples (HEINECK; MACHADO, 2001).

Grande parte dos processos pode ser melhorada desde que exista alguém que idealize uma maneira de fazê-lo e implementá-lo de modo eficaz. Se uma empresa deixar de atender a necessidade dos

clientes, ela vai deixar de existir (KRAJEWSKI; RITZMAN; MALHOTRA, 2009).

Existem poucos trabalhos que abordem a influência da aplicação dos princípios da *lean construction* diretamente na mão de obra no dia a dia e, detalhes do canteiro de obras. Segundo Azevedo (2010) os trabalhos da teoria *lean construction* abordam geralmente questões sobre o planejamento e desenho de fluxos de processo. O dia a dia da mão de obra nesse tema que ainda não foi muito abordado.

O modelo conceitual dominante na construção civil só leva em consideração atividades de conversão na composição do fluxo físico do processo, não analisando explicitamente os fluxos de materiais e mão de obra, ou seja, atividades que não agregam valor mesmo que elas consumam mais de 50% do tempo gasto pelos trabalhadores no canteiro de obras. Com esse tipo de consideração assume-se que o valor do produto só pode ser melhorado com o emprego de materiais melhores ou mão de obra mais qualificada (ISATTO *et al.*, 2000).

Segundo a Pesquisa Anual da Indústria da Construção (PAIC) de 2008, o setor era formado por 132 mil empresas, empregava formalmente cerca de 2,18 milhões de pessoas (IBGE, 2009). Em 2007 o gasto com pessoal foi de aproximadamente 30 bilhões de reais, o que corresponde a 29,96% do gasto na indústria da construção desse ano (IBGE, 2009). Tendo em vista a importância da

mão de obra no setor da construção, aperfeiçoar sua forma de trabalho é de grande valia.

O planejamento e controle da produção são instrumentos de aprendizagem, onde as empresas têm a chance de desenvolver a habilidade de identificar problemas e aprender com os mesmos (ISATTO *et al.*, 2000).

Novais (2006) constatou em sua tese, a ausência de preocupação com a motivação dos trabalhadores e a organização do sistema de execução, gestão e inserção de novas tecnologias.

Melhorias do serviço da mão de obra podem ser realizadas com uma intervenção. Essas melhorias podem estar relacionadas com a qualidade do produto final, com as condições de trabalho e com a redução de custos ou de prazos (ARAÚJO, 1995; SANTOS 1995 *apud* SOUZA; SILVA, 2003). Partindo do princípio que na construção civil é possível propiciar melhorias no processo a curto prazo e a baixo custo, sem a aplicação de mudanças radicais na tecnologia empregada (SANTOS *et al.*, 2000).

Após o momento inicial e familiarização de implantação de novos procedimentos e equipamentos, a qualidade do produto e a produtividade são melhoradas. A utilização de equipamentos adequados também melhora as condições de trabalho, favorece o zelo dos operários pela sua manutenção e colabora com mudança da ideia de improviso e desperdício (SCARDOELLI *et al.* 1994 *apud* FREITAS, POZZOBON e HEINECK, 1999).

As perdas devem ser medidas, pois permitem a avaliação da eficiência do sistema de produção, tornando os processos transparentes e possibilitando o estabelecimento de prioridades para as melhorias. Permite a definição de padrões de desempenhos através de indicadores de desempenho, possibilitando o estabelecimento de metas de melhorias. As medições também servem para motivar os trabalhadores no desenvolvimento de melhorias (ISATTO *et al.*, 2000).

De acordo com a teoria *lean* o foco das melhorias se dá inicialmente nos processos, para depois melhorar as pessoas e as máquinas. Devido a isso é um sistema que demora a ser implantado em todas as partes de uma empresa. Seria importante verificar se o *lean construction* funcionaria se o foco inicial ocorresse em alguns serviços, como a execução do piso com revestimento cerâmico, ou seja, aprimorar a forma de trabalho da mão de obra já que ela é uma parcela importante dos custos da construção civil. Esses foram os motivadores da pesquisa. Nessa pesquisa uma parte da mão de obra cumpre o papel de cliente, pois recebe o espaço e componentes para transformação e, a outra parte da mão de obra, que fornece o ambiente de trabalho e a matéria-prima, é o fornecedor.

#### **1.4 Lócus**

A pesquisa foi realizada em canteiros de obras de uma construtora de edificações da grande Florianópolis-SC.

## 1.5 Pergunta de pesquisa

É possível iniciar a aplicação dos princípios *lean construction* focando-se em serviços, com a obtenção de resultados relevantes para redução do desperdício de tempo?

## 1.6 Objetivos

### 1.6.1 OBJETIVO GERAL

Aplicar os princípios da *lean construction* em alguns serviços, como forma de melhorar a gestão dos processos em canteiro de obras de Florianópolis-SC e assim reduzir o desperdício de tempo.

### 1.6.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Listar ferramentas que podem ser aplicadas para que os princípios *lean construction* possam ser alcançados;
- Identificar problemas enfrentados pela mão de obra na execução dos serviços em uma construtora da grande Florianópolis-SC
- Testar a aplicação de ferramentas sob a ótica *lean construction* para reduzir o desperdício de tempo;
- Avaliar a aplicação dos princípios da *lean construction* em alguns serviços.

## 1.7 Relevância

É importante mostrar de forma prática como cada princípio pode ser alcançado, com base na teoria *lean construction*, através da elaboração de um quadro com a identificação de ferramentas que possibilitam o cumprimento de cada um dos onze princípios formulados por Koskela (1992). Com base nesse quadro, empresas do setor da construção facilmente poderão reconhecer como aplicar essa teoria.

Espera-se, com este trabalho, demonstrar que é possível a utilização dos princípios *lean construction* em alguns serviços e a alteração de procedimentos que não agregam valor à construção, com a finalidade de diminuir o desperdício existente nos canteiros de obras.

Ao medir as perdas é possível a visualização de imperfeições nos serviços da construção civil e com esse diagnóstico, implementar a adoção de medidas corretivas para aumentar a eficiência nos processos. Com esse estudo oferecem-se meios para aplicação dos conceitos da *lean construction* em empresas do setor da construção, na região da grande Florianópolis-SC, imersas na mesma realidade que a empresa estudada. Com base nos dados coletados espera-se diagnosticar e mensurar o desperdício de tempo gerado nas obras, para uma ulterior comparação entre as práticas habituais e a prática *lean construction*.

## 1.8 Método de trabalho

Nessa pesquisa foi realizado um estudo de caso exploratório. Ele tem como objetivo responder perguntas “como” e “por que”, na busca de entendimento de fenômenos contemporâneos num contexto da vida real, apresentando e analisando os dados de forma imparcial. Os dados são apresentados de forma analítica linear, pois o método utilizado foi avaliado com base nas descobertas feitas através dos dados coletados e conclusões foram feitas (YIN, 2005).

De acordo com Costa (2007), o referencial teórico serve como suporte para à formulação das questões e instrumentos de coleta e de guia de análise dos resultados, auxiliando em respostas como: Quais coisas observar? Que dados colher? Quais perguntas fazer? Que tipo de categorias construir?

Um estudo de caso é intensivo, busca a compreensão como um todo do assunto investigado, explicação sistemática dos fatos no contexto social relacionados a um número de variáveis (FACHIN, 2006). Um estudo de caso exploratório dá mais familiaridade com o problema tornando-o mais explícito (GIL, 2002). Ele permite a confirmação, modificação ou ampliação da área de conhecimento estudada (YIN, 2005).

Esta pesquisa não está comprometida com um só sistema de filosofia e realidade, usando suposições quantitativas e qualitativas. Além disso, permitiu a escolha de métodos, técnicas e procedimentos

para coletar e analisar dados. Para o entendimento do problema usou-se tanto métodos quantitativos como qualitativos, ou seja, um método misto. Para pesquisas que usam esse método, abrem-se portas para diferentes visões do mundo e varias suposições, além de diversas formas de coleta e análise de dados. O pesquisador baseia as alegações em elementos pragmáticos (por exemplo, orientado para consequência, centrado no problema e pluralista) e usa estratégia de coleta de dados sequencial, visando coletar tanto informações numéricas como de texto para obter dados qualitativos e quantitativos (CRESWELL, 2007).

A observação permite o estudo da realidade, uma vez que sem ela apenas seriam feitas conjecturas e adivinhações (CERVO; BERVIAN; SILVA, 2007). A observação direta ou não participante e a observação participante abordam os acontecimentos em tempo real no contexto em que o evento ocorre, a última também permite a percepção entre comportamentos e razões interpessoais (YIN, 2005).

A pesquisa, utiliza a observação sistemática não participante, pois foi planejada previamente e realizado um controle do tempo, estando o pesquisador na posição de observador e expectador, não havendo envolvimento com o objeto de observação. Utiliza também a observação sistemática participante, pois em alguns momentos o pesquisador além de planejar e controlar o tempo, se envolve com o objeto de pesquisa (CERVO; BERVIAN; SILVA, 2007).

Anotar os passos do trabalho do operário enquanto ele trabalha, é o modo mais prático de compreender como o serviço ocorre de modo real, já que nem sempre o modo teórico prescrito de se executar é o que acontece na prática (KRÜGER; HEINECK, 1999).

### **1.9 Delimitação da pesquisa**

Para Cervo, Bervian e Silva (2007, p. 74) “delimitar a pesquisa é selecionar um tópico ou parte a ser focalizada”, definindo os termos implicados e a enumeração dos elementos constitutivos ou explicativos, pode-se ainda fixar circunstâncias, principalmente tempo e espaço e, indicar um ponto de vista que se vai focalizar.

Um estudo de caso que busca abranger as características mais importantes do tema que será pesquisado, juntamente com seu progresso e desenvolvimento, já partindo de pressupostos teóricos (PÁDUA, 2004).

O delineamento de uma pesquisa que envolva o Método do Estudo de Caso pode ser dividida em três fases: (a) a seleção do referencial teórico a ser estudado, juntamente com a escolha “do que” e “como” será realizada a coleta de dados; (b) a coleta e análise de dados e formulação de um relatório; (c) análise e interpretação dos resultados segundo o referencial teórico escolhido (YIN, 2005).

Para o estudo de caso foram escolhidos quatro serviços para acompanhamento. Os serviços observados deveriam estar

acontecendo em alguma obra da construtora e sua duração deveria compatível com o tempo para a realização da pesquisa.

O estudo trata da aplicação dos princípios da *lean construction*. Essa pesquisa se concentrará na execução de alguns serviços da obra, não estudando todo o processo da construção de um edifício, e sim na análise do envolvimento da mão de obra em processos, realizado no subsetor de edificações em uma construtora da grande Florianópolis-SC. O estudo não tem a pretensão de formular conclusões com caráter geral, mas a metodologia empregada pode ser aplicada em outras empresas e em outros processos. A aplicação das melhorias propostas na intervenção é limitada devido ao custo de sua implementação.

A abordagem escolhida para esta pesquisa é a de Koskela, que em 1992, formulou os onze princípios, mesmo existindo versões mais enxutas para resumir a teoria *lean construction*. Os onze princípios já são amplamente conhecidos, e usando-os é possível avaliar se eles realmente representam bem a teoria.

Os dados foram coletados em duas obras da mesma construtora em função do cronograma de realização dos serviços. Eles deveriam ocorrer no momento da coleta de dados sem e com a intervenção. Por isto não foi possível que a coleta fosse realizada na mesma obra. A comparação de resultados em dois canteiros de obras diferentes está pautada no fato da construtora possuir instruções de procedimento padrão que servem para todas as obras. Esses

procedimentos são baseados nas exigências do PBQP-H, como forma de reduzir a variabilidade dentro da empresa, tendo em vista que a construtora já foi certificada por esse programa e hoje optou por não aderir mais, mas manteve alguns procedimentos.

A coleta dos dados foi feita através da observação direta. Apesar de influenciar a produtividade dos funcionários, o ponto principal da pesquisa não é saber o quanto é produzido por metro quadrado e sim fazer uma comparação entre execuções com e sem a aplicação dos princípios *lean construction*, ressaltando-se que é notório que a observação direta pode interferir na produtividade dos funcionários. Para minimizar a interferência nos resultados para a mão de obra, a observação inicial tinha o objetivo de identificar maneiras de melhorar as condições de realização do trabalho, deixando claro que nada do que ocorria no dia a dia da execução do serviço seria reportado aos superiores. Assim a mão de obra não era identificada.

### **1.10 Estrutura da dissertação**

Esta dissertação é composta por cinco capítulos. No primeiro capítulo são apresentadas a introdução, fenômeno de estudo, problema de pesquisa, justificativa, *locus*, perguntas de pesquisa, objetivos, relevância, método de trabalho e delimitação da pesquisa.

No capítulo dois foi realizada uma revisão bibliográfica. Já o capítulo seguinte descreve a metodologia utilizada nesta pesquisa.

A análise dos dados coletados e dos resultados são exibidos no capítulo quatro. No capítulo cinco, as considerações finais sobre o trabalho são feitas. Ao final são apresentados referências, anexo e apêndices.

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

---

### **2.1 Considerações iniciais**

Atualmente, o que as organizações desejam é executar obras com qualidade, dentro do prazo e custos previstos (FACHINI; SOUZA, 2006; *apud* SILVEIRA; HEINECK; ALVES, 2008). As discontinuidades dos processos produtivos e serviços, da construção civil, podem acarretar baixa velocidade de produção, consumo exagerado de recursos e comprometimento no cumprimento de prazos (SANTOS; HEINECK, 2004).

Segundo Davis, Aquilano e Chase (2001) os fatores internos que podem afetar, a capacidade de uma empresa, são o projeto de produto e serviço, pessoal e empregados (treinamento do trabalhador, motivação, aprendizado, satisfação no emprego e outros), capacidade de manutenção de equipamentos, administração de materiais, sistemas de controle de qualidade e capacidade de administração.

Segundo Koskela (1992) é sabido que a produtividade da indústria da construção é menor que a da indústria e também sua segurança ocupacional, há falta de mão de obra e muitas vezes sua qualidade é considerada insuficiente. Os serviços são divididos, cada equipe realiza um tipo de trabalho não possibilitando a continuidade das atividades, acarretando em tempo de espera entre elas e

transferência de defeitos, pois as equipes não têm compromisso com as equipes seguintes (TAVARES *et al.*, 2004).

Ela também pode ser definida como a eficiência do esforço dos trabalhadores em executar produtos de construção, como mostrado na (SOUZA, 2006).

Para mensurar a produtividade da mão de obra pode-se utilizar o indicador razão unitária de produção (RUP), avaliado em Homens x hora (Hh) e a quantidade de serviço executada, através da equação (1). Quanto maior a RUP menor será a produtividade (SOUZA, 2006).

$$\text{RUP} = \frac{\text{número de homens} \cdot \text{horas trabalhadas}}{\text{quantidade de serviço}} \quad (1)$$

O setor da construção civil sofre com as mudanças devido à natureza única de seus empreendimentos, alto grau de variabilidade do processo, longo período de duração das etapas, complexidade do produto, alto número de insumos, entre outros (MELO, 1997 *apud* OLIVEIRA; BRANDLI; HEINECK, 1999). O subsetor de edificações ainda é caracterizado por possuir grande perda de material, retrabalho, baixa produtividade e baixa reação frente às mudanças (TAVARES *et al.*, 2004). A baixa escolaridade da mão de obra, falta de treinamento, irregularidade nos vínculos empregatícios, caráter migratório da mão de obra, alta rotatividade, características

do projeto, qualidade do canteiro de obras, gestão de pessoas e processos, métodos construtivos e estrutura organizacional são alguns dos motivos para pequenos índices de produtividade (POZZOBON; MODLER; KURZAWA, 2007). Christensen e Christensen (2010) ressaltam que os problemas também são advindos da falta de comunicação e utilização de conhecimento adquirido em experiências anteriores.

A indústria da construção está passando por pressões para que os empreendimentos sejam executados em menos tempo, com espaço e recursos reduzidos e mínimos impactos sobre o meio ambiente. Apesar dessas pressões ela tem se mostrado lenta na resposta destes desafios (DAVE *et al.*, 2008).

A gestão da construção possui muitos problemas, as práticas ainda precisam ser entendidas e resolvidas (LOVE *et al.*, 2002; WING *et al.* 1998 *apud* ALSEHAIMI; TZORTZOPOULOS; KOSKELA, 2009). Como resultado, a indústria da construção é considerada lenta, resultando em gasto de tempo e custo desnecessários. A causa dominante para esses problemas é a gestão de projeto (ALSEHAIMI; KOSKELA, 2008a *apud* (ALSEHAIMI, TZORTZOPOULOS e KOSKELA, 2009).

Recentemente os conceitos e técnicas de planejamento, programação e controle da produção, advindos das aplicações em fábricas, estão sendo também utilizados na área de serviços em empresas como construtoras, bancos, escolas, lanchonetes, que estão

sendo tratadas então como fabricantes de serviços. Tais empresas devem então cumprir uma série de funções operacionais como projeto de produto, controle de estoque, recrutamento e treinamento (BARROS FILHO; TUBINO, 1998 *apud* TAVARES *et al.*, 2004).

O projeto que chega às mãos do operário não possui informações de como deve ser executado para chegar ao produto final. Para que sua execução ocorra corretamente é apropriada a elaboração de procedimentos padronizados escritos e, por seu meio, a variabilidade pode ser reduzida. Igualmente importante é a racionalização, que proporciona o uso coerente de materiais, mão de obra, equipamentos e tempo, evitando ou minimizando a ociosidade e desperdício (KRÜGER; HEINECK, 1999).

Algumas alternativas já foram oferecidas a fim de melhorar a qualidade da construção tais como: pré-fabricação, modulação, CAM (*Computer Aided Manufacturing* - fabricação integrada ao computador). Algumas ideias para melhoria da construção vieram da manufatura como o *lean construction*. (KOSKELA, 1992).

Os problemas existentes na construção frequentemente são atribuídos à mão de obra, rotulada como displicente e incapaz, mas, inúmeras vezes, a ineficiência de seu trabalho é resultado da falta de instruções, ferramentas, materiais e/ou condições adequadas para a execução dos seus serviços (HANDA, 1988 *apud* SAURIN; FORMOSO, 2006), ou seja, existe uma insuficiência de planejamento (SAURIN; FORMOSO, 2006).

A mão de obra é o recurso mais importante na execução de obras de construção civil, porque é responsável por grande parte do consumo de recursos (SOUZA, 2000 *apud* POZZOBON; MODLER; KURZAWA, 2007).

A crescente busca pela qualidade e a competitividade motiva a procura por melhores produtos e processos construtivos. Para melhorar a qualidade é preciso capacitar a mão de obra que está presente em todo o processo de construção e também necessita-se de novas tecnologias e renovação ou inovação de processos.

Apesar de haver um crescente interesse por medição de desempenho, as empresas, não possuem sistemas de medição eficientes devido (COSTA; FORMOSO; LANTELME, 2002) a dificuldade de saber o que medir e como medir (NEELY, 1999 *apud* COSTA; FORMOSO; LANTELME, 2002), raramente são alinhadas ou interligadas as medidas e o processo de negócios (LINCH; CROSS, 1991 *apud* COSTA; FORMOSO; LANTELME, 2002) e a utilização de indicadores, como os contábeis, que só indicam resultados de ações já realizadas (KAPLAN; NORTON, 1992; NEELY, 1999; LETZA, 1996 *apud* COSTA; FORMOSO; LANTELME, 2002). Na indústria da construção ainda faltam modelos de medição de desempenho sob a ótica da *lean construction* (LORENZON; MARTINS, 2006)

Para que as medições aconteçam corretamente, alguns aspectos devem ser atentamente especificados. Slack, Chambers e

Johnson (2009) fornecem as seguintes definições para a transformação do produto:

- Processo: operações que geram produtos e serviços por meio da transformação.

- Serviço: resultado de um processo de transformação que geralmente é intangível e não pode ser estocado.

- Atividade: parte pequena do processo que é identificável e definida.

## **2.2 Desperdício na construção civil**

Quando se fala em desperdício (perda) na construção civil, logo se pensa em entulho, como restos de madeira, argamassa, blocos e outros, ou seja, material sem condições de reaproveitamento. Nem sempre este conceito é adequado, porque pode levar a entender que uma empresa sem entulho é uma obra eficiente, sem lugar para melhoria (ISATTO *et al.*, 2000).

Para Santos *et al.* (2000, p. 8) perdas são “qualquer ineficiência que se reflita no uso de equipamentos, materiais, mão de obra e equipamentos em quantidades superiores àquelas necessárias à produção da edificação”. Essas perdas têm como consequência a elevação de custos e qualidade final do produto ineficiente. Segundo Lima, Paulino e Oliveira (2003) ao se pensar em desperdício não se deve pensar apenas em perdas de matérias, o fator tempo, por exemplo, gasto por um funcionário parado à espera de um material

que está sendo transportado até seu posto de trabalho, também é considerado desperdício.

As atividades de produção podem ser classificadas como as que agregam valor e que não agregam valor. As atividades que agregam valor são aquelas que convertem o material e/ou a informação naquilo que é exigido pelo cliente. As atividades que não agregam valor (também chamado desperdício) são as que tomam o tempo, recursos ou o espaço, mas que não adicionam valor (KOSKELA, 1992).

Um processo é composto por atividades, elas por sua vez podem ser classificadas em (SANTOS *et al.*, 2000):

- atividades de conversão - são aquelas que envolvem o processamento dos materiais transformando-os em produtos acabados. São elas que normalmente agregam valor ao produto, pois transformam a matéria-prima naquilo que o cliente requisita. Atividades como retrabalho apesar de transformar não agrega valor.

- atividades de fluxo - são aquelas responsáveis por atividades como inspeção, movimento e espera dos materiais. Geralmente elas são negligenciadas na construção civil prova disso é que não são levadas em conta na hora do planejamento.

As perdas são resultado de processos de baixa qualidade, então para melhorar o processo é necessário melhorar as atividades de conversão e tentar eliminar as atividades de fluxo (FORMOSO *et al.*, 1997).

No *lean construction* as perdas estão relacionadas com a agregação ou não agregação de valor, não se limitando apenas à perda de materiais. Logo, as perdas também podem estar relacionadas à mão de obra, equipamentos, materiais e capital que estejam sendo usados acima da necessidade requerida pelos clientes. As parcelas que não agregam valor podem estar embutidas no processo, sendo necessário modificar o método de trabalho para sua eliminação (ISATTO *et al.*, 2000).

O Sistema Toyota de Produção identifica sete tipos de perdas (SHINGO, 1996):

- superprodução – pode ser quantitativa, quando é produzido mais do que o necessário e antecipada, quando a produção é feita antes que seja necessário;
- espera – quando não acontece nenhum processamento, inspeção ou transporte. ;
- transporte – movimentação de materiais é uma atividade que não agrega valor ao produto;
- processamento – elementos que poderiam ser melhorados no produto, através da Engenharia de Valor, e os métodos de fabricação que poderiam ser mais eficientes;
- estoque – produtos a espera de processamento ou superprodução;
- desperdício nos movimentos – pode ser movimentação humana e das máquinas;

- desperdício na elaboração de produtos defeituosos – o controle de produção do produto deve ser capaz impedir produtos com defeitos.

Koskela (2004) ainda acrescenta mais um desperdício a essa lista:

- *Making-do* – quando um serviço é realizado sem que todos os requisitos necessários para seu início tenham sido feitos ou quando um serviço continua a ser realizado mesmo que um dos itens para sua realização não esteja disponível.

Segundo Liu e Ballard (2009) as principais causas de atraso no fluxo de processos ocorrem devido ao não seguimento do planejamento, planejamento ineficaz, planejamento de atividades além da capacidade, atraso na entrega de materiais, más condições de trabalho e tempo.

A espera é um dos sete tipos de desperdício segundo (SHINGO, 1996), ele pode ser visto de duas maneiras diferentes: "O trabalho em espera", quando os servidores (pessoas ou equipamentos) estão ociosos por falta condições de trabalho, ou "à espera dos trabalhadores." quando os servidores não estão disponíveis quando as atividades devem ser feitas, acarretando a formação de fila. Logo, é evidente que em ambos os casos, recursos são consumidos sem a criação de valor (CHIN, 2009).

As paradas que envolvem a mão de obra podem ser divididas nas categorias de: preparação do trabalho (quando há falhas no

fornecimento de recursos), acesso de operários ao local de trabalho (quando mais de uma equipe trabalha num mesmo ambiente) e proteção dos operários (relacionado com a segurança dos trabalhadores) (SANTOS, 2004 *apud* SANTOS; NETO; SANTOS, 2008)

O material é um fator importante no fluxo de trabalho. Se ele está atrasado a programação dos serviços ou o dimensionamento de material usado está errado, o trabalhador fica ocioso e os serviços não podem ser concluídas a tempo, impactando no fluxo de trabalho a jusante (ARBULU *et al.*, 2005 *apud* LIU; BALLARD, 2009). Reduzir a variabilidade nas entregas de material reduz o atraso, permitindo que o trabalho ocorra sem interrupção devido à espera do mesmo (LIU; BALLARD, 2009). Outro fator importante que afeta o fluxo de trabalho é a falta de planejamento de execução das atividades (KOSKELA, 2002 *apud* LIU; BALLARD, 2009). A falta de planejamento de serviços predecessores leva a falta crônica de insumos (LIU; BALLARD, 2009)

### **2.3     *Lean***

Logo após a II Guerra Mundial a indústria de manufaturas foi impulsionada com o surgimento da energia atômica e a revolução tecnológica. Isso fez com que as empresas tivessem que investir constantemente em treinamentos, criando até hoje uma necessidade

de constante melhoria nos processos de formação nas empresas (POZZOBON; HEINECK; FREITAS, 2004).

O pensamento lean nada mais é que uma forma de se fazer o máximo possível consumindo a menor de quantidade recursos humanos, equipamentos e espaço, oferecendo aos clientes o que eles desejam (WOMACK; JONES, 1998)

A teoria *lean* foi formulada inicialmente por Shigeo Shingo e Taiichi Ohno na Toyota, e apresentada pela primeira vez no ano de 1945 no encontro Técnico da Associação Japonesa de Gerenciamento. Tem como objetivo capacitar as empresas a rápidas respostas as demandas do mercado com flexibilidade, custo, qualidade, atendimento e inovação (SHINGO, 1996).

Para Shingo (1996) a sobrevivência de uma empresa depende da redução de custos através da eliminação das perdas. Para isso ele aposta na demanda de produção contrapedido, onde a produção convencional em grandes lotes deve ser abandonada. Para que a produção contrapedido possa ser satisfeita é necessário a contínua eliminação da perda por superprodução.

“A Toyota transformou um sistema de produção tradicionalmente passivo e conciliatório, investigando as origens da produção convencional e derrubando crenças comumente aceitas para construir um novo sistema calcado em conceitos que jamais

havia sido antes utilizados” (SHINGO, 1996, p. 268).

O Sistema Toyota de Produção, visa a redução de custos através da eliminação total das perdas, eliminação da superprodução por meio do pensamento de não ter formação de estoque, obtenção da redução do custo de mão de obra usando mínima da força de trabalho humana, redução drástica dos ciclos de produção através do sistema de TRF (troca rápida de ferramentas) com finalidade da obtenção de estoque zero, produção em pequenos lotes, a equalização, sincronização e fluxos de peças unitárias (SHINGO, 1996).

Na demanda contrapedido, possibilita-se o estoque zero. Os problemas são vistos de uma perspectiva baseada nos princípios fundamentais, defendendo-se a ideia de que a quantidade produzida deve ser igual a quantidade demandada (SHINGO, 1996).

A Toyota recomenda a utilização de uma quantidade maior de equipamentos dos suas concorrentes, pois assumem que é melhor que se tenha máquinas paradas do que operadores, porque eles custam mais caro (Shingo, 1996).

Segundo Shingo (1996) existem cinco elementos que podem ser identificados no processo:

- processamento - mudança física do material ou na sua qualidade (montagem ou desmontagem);
- inspeção - checagem com um padrão estabelecido;

- transporte - mudança de local de materiais e produtos;
- espera (tempo onde não acontecem processamento, inspeção e transporte) do processo: quando um lote inteiro fica esperando enquanto outro é processado;

- espera do lote - quando peças esperam o processamento/inspeção/transporte de outra do mesmo lote, ou a espera de peças para processamento/inspeção/transporte até que peças do mesmo lote sejam fabricadas.

Para Shingo (1996), à partir desses cinco elementos as melhorias devem ser feitas:

- processo – melhorar a qualidade do produto e dos métodos de fabricação;

- inspeção - o objetivo é prevenir a recorrência de defeitos, logo o importante é inspecionar para corrigir e não apenas para mensurar as falhas;

- transporte - é considerado uma atividade que não agrega valor ao produto. O correto é tentar eliminá-lo e não simplesmente melhorá-lo. Isto pode ser alcançado pela melhora do layout dos processos;

- espera do processo - assim como no transporte o correto é eliminá-lo. Este tipo de espera gera estoques que servem para compensar pontos fracos, pois quanto maior o estoque mais difícil é achar a causa do problema. Para que os estoques sejam eliminados é necessário corrigir as instabilidades;

- espera de lote - eliminação das esperas de lote: A redução no tempo de produção é conseguida através do transporte individual de cada item até o processo seguinte. Para que isso ocorra são necessários mecanismos de transporte eficientes e um bom layout, fazendo com que o processo flua facilmente. Suas vantagens são a redução do tempo de ciclo e o número de horas-homem de transporte.

O pensamento enxuto veio da observação de estadunidenses nas fábricas japonesas e, em 1992, Lauri Koskela escreveu um relatório da nova filosofia na realidade da construção civil, onde listou onze princípios da construção enxuta (HEINECK, ROCHA, *et al.*, 2009).

Já Womack e Jones (1998) resumem os princípios *lean*, da seguinte forma:

1 - especificar e aumentar o valor dos produtos sob ótica do cliente - identificar o que é valor para o cliente, garantindo que o ele espera seja produzido;

2 - identificar a cadeia de valor para cada produto e remover os desperdícios – conhecer a cadeia de valor (todas as ações que agregam ou não valor para condução do produto pelos fluxos de transformação) para identificar os desperdícios e eliminá-los;

3 - fazer o valor fluir pela cadeia - eliminar obstáculos que dificultam o processamento do produto através do controle do fluxo e planejamento;

4 - o cliente puxa a produção – efetuar a produção de acordo com a demanda (*Just in time*), sem trabalhar com previsões;

5 - gerenciamento rumo à perfeição – buscar continuamente elementos que possam ser melhorados.

Logo o *lean* pode ser determinado pela compreensão do processo, fluidez, fluxo puxado, busca do valor e da perfeição (HEINECK; ROCHA *et al.*, 2009).

Essa teoria da produção prega a redução ou eliminação das atividades de fluxo, pois não agregam valor ao produto. Na manufatura e na construção, as antigas teorias consideravam apenas as atividades de conversão, negligenciando as atividades de fluxo, gerando um fluxo complexo e cheio de incertezas (KOSKELA, 1992).

Esta prática está ligada a uma filosofia de gestão, com conceitos abrangentes que possibilitam o uso em várias circunstâncias. Ela está em busca da eliminação de erros e desperdícios. Também leva em consideração a perda de tempo, satisfação do cliente, energia gerencial e desgaste das relações humanas (HEINECK; ROCHA *et al.*, 2009b).

A prática *lean* “é uma forma de inovar, aprender, provocar permanentemente a iniciativa dos trabalhadores, a fim de buscarem milhares de soluções para pequenos problemas do dia a dia” (HEINECK; ROCHA, *et al.*, 2009b).

O maior desperdício é o de tempo, pois um material desperdiçado pode ser reciclado, o tempo não volta mais. O *lean* preocupa-se com o tempo entre as etapas de um processo, buscando a sincronia e engrenamento de atividades (HEINECK; ROCHA *et al.*, 2009b).

## **2.4     *Lean Construction***

Na década de 90 um novo referencial teórico começou a ser construído na gestão de processos, adaptando os princípios *lean production* (Produção Enxuta) (Koskela, 1992), para a construção civil com o *lean construction*. Nos últimos cinco/seis anos houve um maior impulso no uso em empresas construtoras, proprietários, associações industriais e instituições públicas (ALVES, 2010). O *lean construction* incorpora o conceito de gerenciamento de obras, visando a racionalização de processos e estudos. Indica o desenvolvimento produtivo do setor da construção civil com a adoção de seus princípios (LIMA; UGULINO, 2009).

Para uma utilização dos pensamentos *lean* na construção civil Koskela (1992), fez uma adaptação dos princípios *lean* para onze princípios *lean construction*:

1 - reduzir atividades que não agregam valor - diminuir o desperdício, reduzindo as atividades que não agregam valor ao produto. Algumas atividades que não agregam valor, como

planejamento e prevenção de acidentes, mas geram valor para os clientes internos;

2 - melhorar o valor do produto de acordo com as exigências do cliente - saber quais são as exigências dos clientes interno e final e realizá-las;

3 - reduzir a variabilidade - garantir a qualidade de um produto, buscar a padronização das atividades, gerando a diminuição de atividades que não agregam valor;

4 - reduzir o tempo de ciclo - tempo de ciclo = tempo de processamento + tempo da inspeção + tempo de espera + tempo do movimento. Diminuir o tempo de ciclo, força a reduzir o tempo de inspeção e de espera, ou seja, as atividades que não agregam valor.

5 - simplificar e minimizar o número de etapas e componentes - diminuir a complexidade dos produtos e processos, diminuindo o número de componentes do produto e o número de etapas em um fluxo de material ou de informação;

6 - melhorar a flexibilidade de saída: através de equipes polivalentes, reduzir o tamanho dos lotes, etc., aumentando a flexibilidade ao cliente;

7 - aumentar a transparência do processo - buscar com que todos saibam o que devem fazer, pois a falta de transparência do processo aumenta a propensão a erros, reduz sua visibilidade, e diminui a motivação para a melhoria;

8 - foco no controle sobre todo processo - evitar a segmentação dos fluxos dos processos para buscar a melhoria contínua e, verificar se os diferentes interesses da empresa são convergentes;

9 - buscar a melhoria contínua no processo - reduzir o desperdício e aumentar o valor do produto deve ocorrer de forma contínua;

10 - balancear a melhoria do fluxo com melhoria de conversão - melhorar tanto o fluxo quanto a conversão, pois fluxos melhores requerem menos capacidade de conversão, facilitam a implementação de novas tecnologias e melhor tecnologia de conversão gera menos fluxo e conseqüentemente menos variabilidade;

11 - *benchmark* - buscar as melhores práticas através da avaliação de processos, avaliação da concorrência e buscar adaptar e aplicar as melhores técnicas.

Os princípios de Koskela (1992) podem ser entendidos como a simplificação de operações, e diminuição do tempo de ciclo e a variabilidade, aumento da transparência e foco no processo como um todo (HEINECK *et al.*, 2009b).

Heineck *et al.* (2005 *apud* HEINECK *et al.*, 2009b) escolheram três grandes princípios *lean* na realidade da edificação:

- ciclo – busca um lote pequeno para que as atividades ocorram em ciclos repetitivos;

- fluxo – as operações não devem parar, funcionando em fluxo, de modo que mesmo que eles sejam intermitentes, as experiências adquiridas não sejam perdidas;

- coordenação – é uma mistura de programação, direção e controle das atividades, para que a obra aconteça apesar das dificuldades naturais do ambiente da construção civil.

Em busca de uma teoria que pudesse ser usada na construção, Koskela (2000) estudou os aspectos das principais teorias da produção e com outros estudiosos, concluiu que não existia uma teoria tanto na produção e gestão de operações em geral, quanto na construção. Ele ressalta a existência de três principais teorias da produção, uma que usa o conceito de transformação, outra que usa o conceito de fluxo e a última, o conceito de geração de valor. Com isso Koskela em sua tese de doutorado, no ano de 2000, resumiu a produção enxuta em três grandes princípios: transformação, fluxo e valor (HEINECK *et al.*, 2009a).

O que diferencia a filosofia tradicional de gestão e a produção enxuta é que na primeira a produção é feita em etapas e na última a produção é vista como um fluxo de produtos, desde a matéria-prima até o produto acabado (ISATTO, 2000).

Na visão antiga, o processo de transformação é visto como um sistema de entradas e saídas, onde o processo de produção não é tratado (KOSKELA, 2000). Na produção enxuta, a transformação do produto deve ser bem feita, a qualidade deve ser observada na hora

da execução, os esforços produtivos de máquinas e operários devem ser otimizados (HEINECK *et al.*, 2009a).

Em sua tese, Koskela (2000) expôs que os fluxos de produção não podem parar, para isso um planejamento sistemático da produção deve ser feito (HEINECK *et al.*, 2009a). Um fluxo de trabalho mais confiável é importante para a produtividade, para o custo do projeto e sua duração. Diversos fatores podem influenciá-lo e reduzir sua confiabilidade afetando negativamente o desempenho da produtividade, então. É importante compreender o impacto destes fatores para tomar medidas a fim de conseguir um bom fluxo de trabalho (LIU; BALLARD, 2009).

O fluxo contínuo (em seu estado ideal) é aquele onde um item é processado e movido diretamente de um processo ao outro. Esse processamento só ocorre no item necessário para o próximo passo, pouco antes dele ser necessário, em um lote unitário (LUCRESIA JR. *et al. apud* LIMA; UGULINO, 2009)

No *lean construction* o valor está inteiramente ligado ao contentamento do cliente interno e externo, assim um processo que gera valor compreende o que o cliente requer. Esse processo é composto de atividades de conversão (atividades que agregam valor) e atividades de fluxo (atividades que não agregam valor) (KOSKELA, 1992).

“Cliente é qualquer pessoa que seja impactada pelo produto ou processo”. Podendo ser clientes externos ou internos. Os clientes

externos (cliente final) são aqueles que compram o produto, não importando a pessoa da empresa que o fez, ou seja, são impactados apenas pelo produto. Os clientes internos são impactados tanto pelo produto quanto pelas pessoas da empresa que o produzem (JURAN, 1992).

Como na construção civil o canteiro de obras (fábrica) é temporário a filosofia *lean* tem que ser adaptada. Esse novo conceito muda os sistemas gerenciais, que se tornam mais acessíveis e transparentes a todos os participantes do processo (HEINECK *et al.*, 2009).

Uma adaptação do *lean* para a realidade da construção civil (*lean construction*), proporciona uma solução adequada para os problemas do setor, pois utiliza pouca tecnologia de *hardware* e *software* no que diz respeito a máquinas, robôs, sistemas computacionais de gestão e automação, em detrimento a soluções simples baseadas no uso da mão de obra (HEINECK; MACHADO, 2002 *apud* POZZOBON; HEINECK; FREITAS, 2004). Algumas ferramentas e princípios são comuns às duas realidades e em algumas partes diferentes, mas o foco comum é a redução de desperdício, maximização do valor e melhoria contínua (SACKS *et al.*, 2008) sem acarretar em aumento de custos ou perda de qualidade (SHIMIZU; CARDOSO 2002:2 *apud* GARRIDO; PASQUIRE; THORPE, 2009). Para tal a construção enxuta busca dinamizar o desempenho do planejamento e controle da produção para geração

mínima de desperdício e majoração da agregação de valor (ABDELHAMID, SCHAFER *et al.*, 2009).

A implementação da nova filosofia pode ser iniciada com diferentes níveis de ambição. É uma mudança multidimensional e processo de aprendizagem, que pode ser iniciado pela seleção de poucos princípios e técnicas. Se estes são institucionalizados com sucesso, a adoção de outros princípios será mais facilmente aceita (KOSKELA, 1992, p. 56-57)

A diretriz básica da melhoria é assim: começar, definir os processos, medir os processos, encontrar e priorizar o potencial da melhoria, implementar melhorias e acompanhar o progresso (IMAI, 1986; ROBSON, 1991; PLOSSL, 1991; KOBAYASHI, 1990; HARRINGTON, 1991; KAYDOS, 1991; RUMMLER; BRACHE, 1991; CAMP, 1989; MORAN *et al.* 1991 *apud* KOSKELA 1992).

### 3. METODOLOGIA

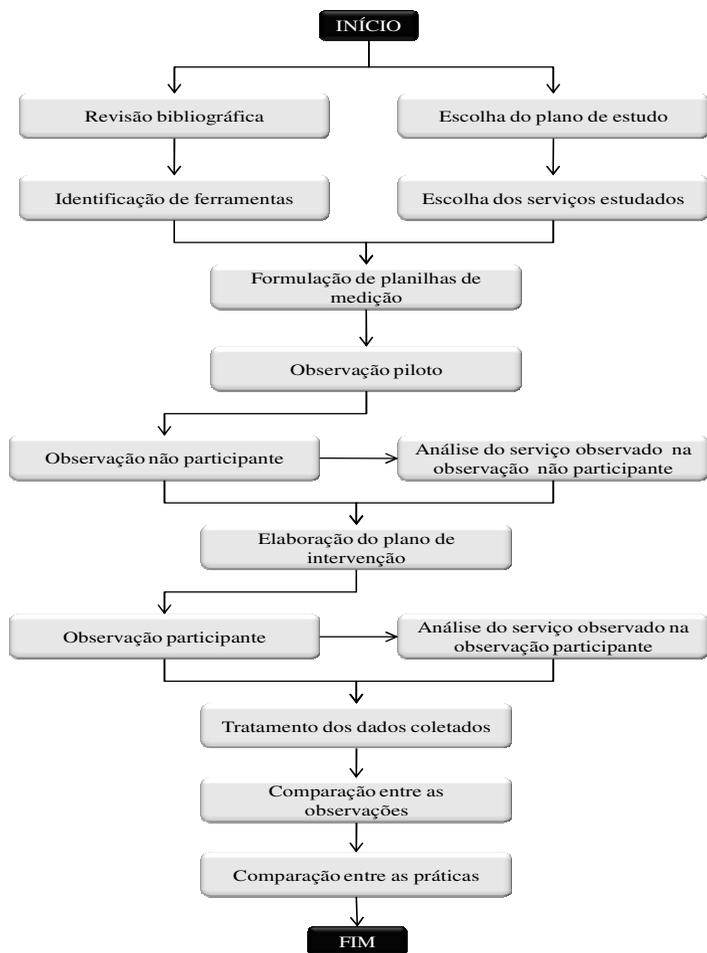
---

O método descrito nesse capítulo foi utilizado em uma construtora de médio porte da grande Florianópolis-SC. Ela possui procedimentos padronizados para todas as obras, pois já possuiu certificação nível A no Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat.

Na

figura 1 são expostas as etapas básicas da evolução da pesquisa. O foco do trabalho foi a redução do desperdício de tempo, agregação de valor e satisfação do cliente com base na teoria *lean construction*.

Em um primeiro momento um estudo da bibliografia sobre os temas construção, *lean production* e *lean construction*, foi realizado. Foi feita consulta aos acervos de bibliotecas e conversa com docentes, com a finalidade da construção do conhecimento sobre o assunto.



**FIGURA 1** – Sequenciamento das atividades da pesquisa.

Logo após a fase inicial da revisão bibliográfica, um plano foi elaborado para aplicação dos princípios da *lean construction* em alguns serviços dos canteiros de obras. Este plano compreende a investigação de possíveis maneiras para o aprimoramento de alguns processos da construção civil, reduzindo a variabilidade. A pesquisa age diretamente sobre a mão de obra, com coleta de dados, intervenção e análise dos resultados coletados em duas obras.

O objetivo da pesquisa é a medição do tempo gasto pelos oficiais na execução de alguns serviços, logística das matérias primas e os operários envolvidos, para avaliar o desempenho da construtora e propor melhorias segundo os princípios *lean construction* para a eliminação/diminuição do desperdício de tempo. As medições de tempo da execução do serviço correspondem a observação apenas do trabalho dos oficiais (por exemplo: o serviço de cerâmica de parede interna tem como executor principal o oficial).

Os tempos medidos correspondem apenas as atividades listadas para cada serviço. Os tempos gastos nas das refeições, idas ao banheiro e deslocamentos até os postos de trabalho não fazem parte dos dados coletados. As áreas explicitadas correspondem áreas líquidas dos cômodos/paredes. As ferramentas são meios que podem ajudar na melhoria da execução dos serviços

Dentro do pensamento da teoria em estudo, os processos são chamados serviços. O trabalhador que realiza o serviço é cliente das

atividades anteriores e dos fornecedores de materiais e é fornecedor dos serviços posteriores e cliente final do empreendimento.

Para que o plano fosse aplicado, foram identificadas algumas ferramentas existentes na literatura que pudessem auxiliar no cumprimento dos princípios da teoria de estudo no dia a dia da execução dos processos pela mão de obra.

O passo seguinte foi a escolha dos serviços a serem observados. Para tal, os serviços deveriam estar ocorrendo durante o período de coleta de dados e que eles tivessem duração que possibilitasse a observação em tempo compatível para essa pesquisa.

Os serviços escolhidos foram:

- cerâmica de parede interna;
- piso com revestimento cerâmico;
- contrapiso;
- reboco de parede interna.

Depois de escolher os serviços foi a vez de formular de planilhas de medição que fizessem com que a coleta de dados ocorresse de forma fácil e clara. As planilhas (apêndice A) foram confeccionadas com base nas planilhas de medição da pesquisa “Alternativas para a redução do desperdício de materiais nos canteiros de obras” de Agopyan *et al.* (1998).

Nas planilhas de medição, cada serviço foi dividido em atividades para facilitar a mensuração dos tempos de execução. Como algumas atividades possuíam um pequeno tempo, como

deslocamento para o corte de peças, elas foram englobadas como uma única atividade. Nas planilhas de medição foram anotadas as seguintes informações: data da observação, apartamento, cômodo ou parede, ambiente, bem como a hora do início e fim de cada passo observado, podendo conter mais informações pertinentes a cada serviço (exemplo: número de cortes nas peças cerâmicas).

Os dados do tempo de execução de cada parede/cômodo foram coletados em planilhas de medição que seguiam o modelo do quadro 1. Nele o oficial começou a executar o serviço pela atividade 1, das 7:45:16 até as 7:50:34, das 7:50:35 até as 7:52:43 realizou a atividade 3, das 7:52:44 até as 8:03:00 trabalhou na atividade 2, as 8:03:01, voltou a executar a atividade 1, até as 8:10:28, das 8:10:29 até 8:14:51 novamente trabalhou na atividade 2 e por fim das 8:14:52 até as 8:16:21 executou a atividade 1, concluindo o serviço na parede/cômodo observado.

**QUADRO 1** – Exemplo de planilha de medição.

Local:

Apto:

Data:

Cômodo/Parede:

Atividade 1		Atividade 2		Atividade 3	
Início	Fim	Início	Fim	Início	Fim
7:45:16	7:50:34	7:52:44	8:03:00	7:50:35	7:52:43
8:03:01	8:10:28	8:10:29	8:14:51		
8:14:52	8:16:21				

Observações:

Os dados coletados foram tabulados como no quadro 2. A soma das diferenças em cada atividade, fornece o tempo total da atividade por parede/cômodo, por exemplo, a atividade 1 consumiu quatorze minutos e quatorze segundos para ser executada . O somatório dos tempos totais de cada atividade fornece o tempo total do serviço por parede/cômodo, ou seja, o tempo total do exemplo ilustrado é de vinte e dois minutos e treze segundos . A cada troca de atividade um passo é contabilizado, no exemplo a atividade 1 teve três passos, a atividade 2 teve dois passos e a atividade 3 teve um passo. O coluna diferença corresponde da subtração da hora de início pelo horário do fim do passo.

**QUADRO 2** – Exemplo de planilha de tabulação de dados.

Número de passos	Atividade 1			Atividade 2			Atividade 3		
	Início	Fim	Diferença	Início	Fim	Diferença	Início	Fim	Diferença
1	7:45:16	7:50:34	0:05:18			0:00:00			0:00:00
2			0:00:00			0:00:00	7:50:35	7:52:43	0:02:08
3			0:00:00	7:52:44	8:03:00	0:10:16			0:00:00
4	8:03:01	8:10:28	0:07:27			0:00:00			0:00:57
5			0:00:00	8:10:29	8:14:51	0:04:22			0:00:00
6	8:14:52	8:16:21	0:01:29			0:00:33			0:00:00

Tempo

total

0:14:14

0:05:51

0:02:08

Passos

3

2

1

A coleta de dados foi realizada sempre pelo mesmo observador, diminuindo assim a variabilidade e subjetividade de julgamento. Os trabalhadores observados poderiam ser diferentes dentro de cada serviço e a cada obra, mas os procedimentos são padronizados para todas as obras da construtora.

A observação e documentação dos dados ocorreu em três etapas distintas: a observação piloto (obra A), observação não participante (obra A) e por último a observação participante (obra B), geralmente no período da manhã.

Na primeira etapa, foi feita uma observação piloto, realizada a fim de testar a planilha de medição e modificá-la se necessário. Para facilitar a identificação das partes medidas, os cômodos e paredes foram nomeados no projeto arquitetônico.

Na segunda etapa, os funcionários foram observados executando os serviços listados anteriormente, sem receberem nenhum tipo de informação além das que a construtora costumava fornecer. Os dados foram coletados com auxílio de planilhas de medição, cronômetro e fotografias. Foi informado aos trabalhadores que a observação visava apenas buscar formas de facilitar o serviço.

Além dos tempos de execução dos processos, também foram observados o ambiente de trabalho, materiais e ferramentas, logística dos materiais e ferramentas, sequenciamento de execução, condições de recebimento dos ambientes para o início do trabalho, condições de entrega dos ambientes no término do trabalho, quantidade de

funcionários envolvidos e forma de execução dos serviços, para a análise do trabalho antes da intervenção.

Os tipos de desperdício nos serviços analisados no trabalho foram aqueles que afetam a produtividade da mão de obra, ou seja, aumentavam o tempo necessário para sua realização

Com os dados e análise do trabalho antes da intervenção foram escolhidas ferramentas para o cumprimento dos princípios *lean construction*, para o aprimoramento do serviço na observação participante.

Em um terceiro momento os funcionários foram orientados para uma nova visão de planejamento de execução dos projetos. Rotinas de trabalho foram elaboradas de acordo com cada serviço observado. No início da etapa de execução, os funcionários foram orientados para realização de sua função e uma nova medição foi feita. Durante a execução do serviço, novamente foram medidos o tempo de execução, logística das matérias primas e o número de operários envolvidos para sua realização e uma análise do trabalho após a intervenção.

Os serviços que estavam ocorrendo no canteiro de obras B, no período de observação, eram o contrapiso e o reboco de parede interna. O serviço que sofreu intervenção foi o contrapiso pois as modificações necessárias eram mais simples e estavam mais de acordo com os procedimentos da empresa. A intervenção nos demais serviços de cerâmica de parede interna e piso com revestimento

cerâmico não foram observados pois não havia matéria-prima disponível no canteiro de obras (por falta de fornecimento das fábricas).

Cada serviço foi dividido em atividades e os dados obtidos através das medições são:

- tempo parcial por atividade do serviço (soma das parciais de cada atividade);

- tempo total de cada atividade do serviço (soma dos tempos parciais do serviço);

- tempo total do serviço por parede/cômodo;

- número de passos de cada atividade;

- número total de passos por atividade (soma das parciais das atividades);

- número total de passos do serviço por parede/cômodo.

Após o fim das observações os dados foram tratados, desta forma, eliminando números que não representavam corretamente a amostra. Após, foi realizada uma comparação entre as duas observações, a fim de avaliar a aplicação dos princípios *lean construction* e uma comparação entre as práticas habituais e práticas da teoria estudada.

### **3.1 Características dos serviços**

Cada serviço foi dividido em atividades conforme observado nos canteiros de obras estudados.

### 3.1.1 CERÂMICA DE PAREDE INTERNA

O serviço foi subdividido em atividades, de acordo com o praticado na obra:

- **Limpar** - regularizar o reboco antes da aplicação da cerâmica e limpar a cerâmica após sua aplicação.

- **Nivelar** - instalar a linha de nylon, para definir o nível final de aplicação.

- **Transportar materiais e ferramentas** - transportar a matéria-prima do estoque do andar até seu local (estoque local) de aplicação, buscar ou trocar a ferramenta que está sendo utilizada e transportar de outro cômodo as ferramentas que serão utilizadas.

- **Misturar argamassa** - transportar o saco de argamassa colante do estoque local, despejar seu conteúdo na caixa de argamassa, carregar o balde de água do estoque local e despejar seu conteúdo na caixa de argamassa, transportar a ferramenta de mistura dentro do cômodo e misturar a argamassa colante com a água.

- **Cortar** - caminhar até a ferramenta de corte, medir a dimensão do corte, recortes e redução da dimensão da peça.

- **Espalhar argamassa** - manusear a argamassa colante na caixa de argamassa e aplicá-la na parede.

- **Aplicar cerâmica** - manusear a cerâmica do estoque local e aplicá-la. Quando a peça tiver que ser cortada o ato de manusear a cerâmica do estoque local passa a fazer parte da atividade de corte.

- **Esperar** - tempo parado por falta de matéria-prima para realizar a atividade e funcionário parado sem motivo aparente.

Observação: o descarte das sobras de cerâmica não fez parte da atividade limpeza, pois ela é feita após o término da aplicação da cerâmica em todos os cômodos do apartamento. Neste serviço a atividade de rejuntamento não fazia parte do processo analisado.

### 3.1.2 PISO COM REVESTIMENTO CERÂMICO

O serviço foi subdividido nas seguintes atividades:

- **Limpar** - regularizar o contrapiso antes da aplicação do revestimento cerâmico e limpar o revestimento cerâmico após sua aplicação.

- **Nivelar** - instalar a linha de nylon.

- **Transportar materiais e ferramentas** - transportar a matéria-prima do estoque do andar até seu local (estoque local) de aplicação, buscar ou trocar a ferramenta que está sendo utilizada e transportar de outro cômodo as ferramentas que serão utilizadas.

- **Misturar argamassa** - pegar o saco de argamassa colante do estoque local, despejar seu conteúdo na caixa de argamassa, pegar o balde de água do estoque local e despejar seu conteúdo na caixa de argamassa, pegar a ferramenta de mistura no cômodo e misturar a argamassa colante com a água.

- **Cortar** - caminhar até a ferramenta de corte, medição da dimensão do corte, recortes e redução da dimensão da peça.

- **Espalhar argamassa** – manusear a argamassa da caixa de argamassa e aplicá-la no chão.

- **Aplicar cerâmica** - manusear o revestimento cerâmico do estoque local e aplicá-lo. Quando a peça tiver que ser cortada o ato de manusear o azulejo do estoque local passa a fazer parte da atividade de corte.

- **Esperar** - tempo parado por falta de matéria-prima para realizar a atividade e funcionário parado sem motivo aparente.

Observação: o descarte das sobras de revestimento cerâmico não faz parte da atividade limpeza, pois ela é feita após o término da aplicação do revestimento cerâmico em todos os cômodos do apartamento.

### 3.1.3 REBOCO DE PAREDE INTERNA

O serviço foi subdividido nas seguintes atividades:

- **Aplicar argamassa** - manusear argamassa do chão e aplicá-la na parede.

- **Sarrafeiar** - passar a régua na parede para nivelar a argamassa com as taliscas.

- **Alisar** - passar uma esponja úmida na argamassa sarrafeada.

- **Retirar taliscas** - com uma colher de oficial retirar as taliscas.

- **Esperar** - tempo parado por falta de matéria-prima para realizar a atividade e funcionário parado sem motivo aparente.

- **Limpar** - agrupar os restos de argamassa que caíram no chão após sua aplicação, sarrafeamento e alisamento.

- **Misturar argamassa** – homogeneizar a argamassa que caiu no chão após aplicação, sarrafeamento e alisamento.

- **Transportar materiais e ferramentas** - transportar as chapas de compensado que forram o chão, bancos, baldes de água e demais ferramentas dentro do próprio cômodo.

#### 3.1.4 CONTRAPISO

O serviço foi subdividido nas seguintes atividades:

- **Molhar** - manusear a água do balde no estoque local e molhar a laje com uma brocha.

- **Espalhar** - espalhar a argamassa com a pá, no cômodo.

- **Socar** - compactar a argamassa com o soquete.

- **Sarrafejar** - passar a régua na argamassa socada deixando-a no nível.

- **Alisar** - desempenar a argamassa.

- **Esperar** - tempo parado por falta de matéria-prima para realizar a atividade e funcionário parado sem motivo aparente.

Na observação participante duas novas atividades foram acrescentadas ao serviço de contrapiso, são elas:

- **Polvilhar** - espalhar pó de cimento nos cantos dos cômodos e misturá-lo com a água usada para molhar a laje.

- **Soleira** - retirar a argamassa do vão da porta, para dar altura a soleira.

Observação: nesta fase não foi computada a atividade de limpeza. A limpeza prévia era responsabilidade do ajudante e nenhuma vez o oficial teve que esperar a limpeza ser feita. Não era necessária uma limpeza posterior ao término do cômodo, pois a matéria-prima excedente era utilizada no cômodo contíguo.

O transporte das gericas com argamassa era realizado pelo ajudante.

### **3.2 Metodologia de análise de dados**

Os dados coletados correspondem ao trabalho executado pelo oficial de cada serviço. As melhorias sugeridas tem como objetivo reduzir o desperdício de tempo se possível melhorando todo o serviço e senão delegando atividades a pessoas com menor grau de especialização do que o oficial.

O início da análise ocorreu com a tabulação dos dados coletados na obra, por parede ou cômodo de acordo com o serviço. Cada dado foi obtido, anotando o início e fim de cada passo das atividades e a soma de todos os passos, geraram o tempo total e número de passos de um serviço por parede ou cômodo. As paredes e cômodos foram medidos para a obtenção de sua área. A área utilizada foi a líquida. Os dados coletados são apresentados conforme as tabela 1, tabela 2 e tabela 3.

**TABELA 1** – Exemplo de tabela de resumo de dados.

		Área (m <sup>2</sup> )	Número de passos	Número de passos por m <sup>2</sup>
Parede/ Cômodo	1	12,16	22	1,80
	2	8,78	12	1,37
	⋮	⋮	⋮	⋮
	n	4,5	9	2

Os dados foram analisados estatisticamente para retirada de valores espúrios e normalizados (quando necessário). Com esses dados foi possível analisar a produtividade (RUP) dos trabalhadores nos dois canteiros de obras estudados e através de comparação de duas médias concluir se a intervenção surtiu efeito na produtividade. A metodologia de análise dos dados esta descrita no apêndice K.

**TABELA 2** – Exemplo de tabela de resumo de tempos coletados.

		Atividade 1		Atividade 2		Atividade n		Tempo total
		Tempo	Número de passos	Tempo	Número de passos	Tempo	Número de passos	
Parede/ Cômodo	1	0:02:04	3	0:12:34	6	0:12:02	13	0:26:40
	2	0:00:21	1	0:11:16	4	0:07:18	7	0:18:55
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
	n	0:00:56	1	0:09:16	3	0:06:36	5	0:15:52

**TABELA 3** – Exemplo de tabela de resumo de tempos por metro quadrado.

		Atividade 1	Atividade 2	Atividade n	Tempo total por metro quadrado
Parede/ Cômodo	1	0:00:10	0:01:02	0:00:59	0:02:11
	2	0:00:02	0:01:15	0:00:50	0:02:07
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
	n	0:00:12	0:02:03	0:01:28	0:03:43

### 3.3 Ferramentas para aplicação dos princípios da *Lean construction*

Para a aplicação dos princípios *lean construction* no dia a dia da mão de obra foi elaborado o quadro 3, com algumas ferramentas, disponíveis na literatura e que possibilitam a aplicação na obra. Nesse quadro, é especificado “o que” e “como” cada princípio pode ser seguido. A descrição destas ferramentas é apresentada no apêndice B

**QUADRO 3** - Sugestão de ferramentas para aplicação dos princípios *lean construction*.

1 Reduzir a parte de atividades que não agregam valor	
O que analisar	Como analisar
- Atividades	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mapeamento do fluxo de valor</li> <li>- Carta de processo</li> <li>- Identificação de atividades facilitadoras</li> <li>- <i>Last planner</i></li> <li>- Mapofluxograma</li> <li>- Fluxograma</li> <li>- Classificação das atividades</li> </ul>
2 Melhorar o valor do produto de acordo com as exigências do cliente	
O que analisar	Como analisar
- Necessidade dos clientes	<ul style="list-style-type: none"> <li>- QFD</li> <li>- Trilogia de Juran</li> <li>- Entrevista</li> <li>- <i>Feedback</i></li> <li>- Lista de verificação</li> </ul>

**QUADRO 3** - Sugestão de ferramentas para aplicação dos princípios *lean construction* (continuação).

3 Reduzir a variabilidade	
O que analisar	Como analisar
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Produtividade</li> <li>- Desperdício</li> <li>- Qualidade final</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- PDCA</li> <li>- PCP</li> <li>- Compatibilização de projetos</li> <li>- FMEA</li> <li>- CEP</li> <li>- 6 <i>sigma</i></li> <li>- Diagrama de sequência</li> </ul>
4 Reduzir o tempo de ciclo	
O que analisar	Como analisar
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Atividades</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- PCP</li> <li>- <i>Kanban</i></li> <li>- 5S</li> <li>- Treinamento funcional</li> <li>- Células de trabalho</li> <li>- <i>Andon</i></li> <li>- Diagrama de sequência</li> <li>- Diagrama homem-máquina</li> </ul>
5 Simplificar e minimizar o número de etapas e componentes	
O que analisar	Como analisar
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Organização</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- PCP</li> <li>- <i>Kanban</i></li> <li>- <i>Layout</i></li> <li>- <i>Andon</i></li> <li>- Diagrama de sequência</li> </ul>
6 Melhorar a flexibilidade de saída	
O que analisar	Como analisar
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Equipe de trabalho</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Descrição de competência</li> <li>- Dimensionamento de equipe</li> <li>- Treinamentos para formação de polivalência</li> <li>- FMEA</li> </ul>

**QUADRO 3** - Sugestão de ferramentas para aplicação dos princípios *lean construction* (continuação).

7 Aumentar a transparência do processo	
O que analisar	Como analisar
- Processo	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Layout</i></li> <li>- Gestão da comunicação em obra</li> <li>- Controle do cronograma da obra</li> <li>- Indicadores de desempenho</li> <li>- <i>Last planner</i></li> <li>- 5S</li> <li>- ISO 9000</li> <li>- PBQP-H</li> <li>- Controle do consumo de mão de obra</li> <li>- <i>Andon</i></li> <li>- Diagrama homem-máquina</li> </ul>
8 Foco no controle sobre o todo processo	
O que analisar	Como analisar
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Qualidade</li> <li>- Custo</li> <li>- Entrega</li> <li>- Moral</li> <li>- Segurança</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Last planner</i></li> <li>- AV</li> <li>- NR 7</li> <li>- NR 18</li> <li>- Entrevista</li> <li>- Amostragem por atributo</li> <li>- CEP</li> </ul>
9 Buscar a melhoria contínua no processo	
O que analisar	Como analisar
- Análise do processo	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Diagrama causa e efeito</li> <li>- PDCA</li> <li>- CEP</li> <li>- ISO 9000</li> <li>- PBQP-H</li> </ul>
10 Balancear a melhoria do fluxo com melhoria da conversão	
O que analisar	Como analisar
- Processo	- Avaliação de desempenho

**QUADRO 3** - Sugestão de ferramentas para aplicação dos princípios *lean construction* (continuação).

11 Benchmark	
O que analisar	Como analisar
- Concorrência - Equipe de trabalho	- Análise de mercado - Indicadores de desempenho - Entrevista

As ferramentas utilizadas na intervenção foram: entrevista, layout, treinamento funcional, CEP, classificação das atividades, fluxograma das atividades, lista de verificação, PCP, indicadores de desempenho e descrição de competência. Elas foram aplicadas conforme o roteiro modelo elaborado do apêndice C.

Cabe ressaltar que a escolha dessas ferramentas é apenas uma possibilidade e outras podem ser utilizadas. Os clientes beneficiados, pelos princípios do *lean construction*, são os clientes internos, ou seja, a mão de obra.

### 3.4 Discussão

O tipo de desperdício que foi estudado neste trabalho diz respeito à perda de tempo que a mão de obra enfrenta ao executar seu serviço. Para otimizar e gerir os processos os princípios *lean construction* foram usados. Com eles é possível estudar os aspectos do processo, transformação, fluxo e valor.

Apesar de já trazer contribuições, essa ainda é uma teoria em constante evolução e aperfeiçoamento. Uma vasta gama de

possibilidades de aplicação de seus princípios existe e, o que foi apresentado nesse capítulo, é apenas uma delas. As ferramentas para intervenção em obra apresentadas nem seLuanampre exigem grandes investimentos financeiros e sim disposição e colaboração dos administradores e de sua equipe.

As ferramentas utilizadas para a intervenção foram escolhidas devido à simplicidade de aplicação e baixo custo de implantação. Os procedimentos de execução servem para regulamentar e ajudar a controlar a execução dos serviços.

#### **4. ESTUDO DE CASO**

---

O estudo de caso foi realizado em uma empresa que atua na grande Florianópolis, Santa Catarina. A empresa está no mercado há mais de duas décadas e já foi certificada com a ISO 9001 e PBQP-H NÍVEL A e seus canteiros de obras possuem um certo grau de organização. Atua no ramo da construção, incorporação e venda de imóveis de prédios residenciais e comerciais. Tem como objetivo o cumprimento de prazos e transparência com seus clientes. Esta empresa já entregou mais de duzentos e quarenta mil metros quadrados e possui mais de cinquenta mil metros quadrados de obras em andamento.

##### **Canteiro de obras A**

Nesse canteiro foram executadas três torres “A”, “B” e “C”, as duas primeiras são iguais. A torre objeto do estudo de caso foi a torre “C”, tendo em vista que as outras torres já estavam com o cronograma de serviço mais adiantado. Neste canteiro a observação realizada foi a não participante.

Os canteiros de obras da construtora possuíam almoxarifado, refeitório, central de argamassa, elevador e os materiais ficam distribuídos pela obra. O empreendimento estudado na observação não participante possui seis pavimentos tipo, com apartamentos de dois e três dormitórios com uma suíte, cozinha e sala.

As matérias-primas possuíam locais específicos de armazenamento, mas nem sempre arrumados de forma organizada. Em muitos pontos havia acúmulo de entulhos, que por vezes atrapalhavam a circulação dos funcionários. Os materiais eram transportados verticalmente através do elevador, operado por funcionário responsável por sua movimentação.

A comunicação entre o funcionário executor do serviço ou ajudante ao seu dispor com o operador do elevador, para o transporte de matérias-primas durante o dia, ocorria à voz alta na porta no elevador. Já no início dos turnos essa conversa era feita pessoalmente antes dos funcionários subirem aos seus postos de trabalho.

Os funcionários sempre usavam capacete, sapatão e cinto de segurança (quando necessário), os demais equipamentos de segurança não eram utilizados. Um mestre de obras e um almoxarife estavam sempre presentes no canteiro de obras.

As paredes da cozinha, área de serviço e banheiros eram cobertas com revestimento cerâmico do piso até o teto e todo o piso dos apartamentos era revestido. O contrapiso era feito sobre a laje e em alguns ambientes servia para regularização e embutimento de algumas tubulações. O reboco de parede era feito em camada única sobre o chapisco.

A quantidade de serviço observada neste canteiro de obras foi:

- Cerâmica de parede interna: 63,75 metros quadrados em aproximadamente dezanove horas.

- Piso com revestimento cerâmico: 138,74 metros quadrados em aproximadamente vinte e quatro horas.

- Contrapiso: 159,42 metros quadrados em aproximadamente nove horas e trinta minutos.

- Reboco de parede interna: 104,24 metros quadrados em aproximadamente vinte horas e trinta minutos.

### **Canteiro de obras B**

Esse empreendimento possuía uma torre, com quatorze pavimentos tipo. Cada pavimento tipo era composto por oito apartamentos com uma suíte mais um dormitório ou uma suíte e mais dois dormitórios, sala, cozinha, área de serviço e banheiro social.

A estrutura do canteiro de obras era composta de almoxarifado, para o estoque de materiais pequenos, refeitório, central de argamassa, dois elevadores e os materiais grandes distribuídos pela obra. A obra era organizada de forma que as matérias-primas dispostas no canteiro não atrapalhavam o bom funcionamento do serviço. A argamassa para reboco de parede era adquirida pronta, não sendo necessário sua mistura em obra.

A comunicação entre o funcionário executor do serviço ou ajudante ao seu dispor com o operador do elevador, para o transporte de matérias-primas durante o dia, também ocorria à voz alta na porta no elevador. Já no início dos turnos essa conversa era feita pessoalmente antes dos funcionários subirem aos seus postos de trabalho.

Os funcionários sempre usavam capacete, sapatão e cinto de segurança (quando necessário), os demais equipamentos de segurança não eram utilizados. Um mestre de obras e um almoxarife estavam sempre presentes no canteiro de obras.

O contrapiso era feito sobre a laje e em alguns ambientes servia para regularização e embutimento de algumas tubulações. A quantidade de serviço observada neste canteiro de obras foi:

- Contrapiso: 153,94 metros quadrados em aproximadamente oito horas.

A seguir são apresentados detalhes sobre observações realizadas, resumo dos dados coletados, procedimento de intervenção e análise de dados.

#### **4.1 Cerâmica de parede interna**

##### **4.1.1 DESCRIÇÃO DA EXECUÇÃO DA CERÂMICA DE PAREDE INTERNA - CANTEIRO DE OBRAS A**

A mão de obra deste serviço era própria, remunerada por produção. O oficial trabalhava sozinho, recebia auxílio somente no transporte de materiais do estoque da obra até o estoque local (estoque no apartamento ou andar trabalhado).

O objetivo desta coleta de dados foi medir o tempo que o oficial levava para a execução do assentamento da cerâmica de parede interna. As medições ocorrem com uma planilha,

especialmente formulada para este serviço. Na planilha (quadro 14, apêndice A) consta o tamanho da peça, a parede, o cômodo, o apartamento medido e um espaço para observações (como as condições do serviço executado anteriormente) e as atividades do serviço. A localização das paredes observadas e *layout* de materiais e ferramentas estão identificadas e numeradas no apêndice D, figura 35.

A disposição dos materiais e ferramentas variava de acordo com o cômodo que estava sendo trabalhando, exigindo que o trabalhador se movimentasse de diferentes formas. Os estoques possuíam cerâmica, baldes de água e sacos de argamassa colante. No canteiro de obras A foram identificadas cinco diferentes disposições para as paredes observadas:

- Situação 1 - *layout* da distribuição de materiais e ferramentas na execução da cerâmica de parede 1, do apartamento A (figura 36, apêndice D).

- Situação 2 - *layout* da distribuição de materiais e ferramentas na execução da cerâmica de parede 2, do apartamento A (figura 37, apêndice D).

- Situação 3 - *layout* da distribuição de materiais e ferramentas na execução da cerâmica de paredes 3 e 4, do apartamento C (figura 38, apêndice D).

- Situação 4 - *layout* da distribuição de materiais e ferramentas na execução da cerâmica de paredes 8, 9 e 10, do apartamento C (figura 39, apêndice D).

- Situação 5 - *layout* da distribuição de materiais e ferramentas na execução da cerâmica de paredes 5, 6 e 7, do apartamento C (figura 40, apêndice D).

As paredes observadas requeriam diferentes tipos de recortes na cerâmica: recortes para reduzir a seção das peças, recortes retangulares para caixas de luz e recortes redondos para tubulação de água, esgotos e ventilação.

Para a execução do serviço nenhum projeto era consultado, o trabalhador escolhia o andar e parede que ia fazer. Os recortes para reduzir a seção das peças eram feitos com máquina de corte manual e os recortes redondos eram feitos com uma makita.

A execução do serviço ocorria da seguinte forma:

- As ferramentas que necessitavam ser transportadas encontravam-se no mesmo cômodo em que se estava trabalhando.

- As ferramentas grandes, como serra e máquina para corte de cerâmica, ficavam espalhadas pelo apartamento (figura 2), pois as bancadas para corte das peças ocupavam um espaço maior do que o cômodo em que se estava trabalhando.

- Os assentadores não possuíam uma ferramenta específica de corte circular para registro.

- Geralmente quando uma coluna ou linha de peças cerâmicas tinha que ser cortada, a medição e corte das peças ocorria uma de cada vez.



**FIGURA 2** - Ferramentas e sobras espalhadas pelo apartamento.

- As paredes apresentavam problema de prumo, exigindo a aplicação desuniforme da camada de argamassa colante e corte inclinado de peças que deveriam ter o corte reto.

- O espalhamento da argamassa não era feito de uma maneira padronizada, às vezes as ranhuras eram verticais e as vezes horizontais.

- A matéria-prima necessária para execução da atividade sempre estava disponível no apartamento (estoque do andar), mas

não no cômodo em que seria utilizada (figura 3). Não havia um procedimento padrão para o estoque dos materiais nos andares.



**FIGURA 3** - Estoque do andar de argamassa colante e cerâmica.

- A dimensão, recortes das paredes (figura 4 a e b), registros e caixas de luz exigiam muitos cortes de peças.

- A mistura da argamassa colante era feita pelo próprio assentador, a mão, sem qualquer tipo de dosagem segundo especificação do fabricante. O fato da argamassa conter muita água dificultava a aplicação da cerâmica.

- Muitas peças com defeitos encontravam-se nas caixas. Isso exigia do oficial a inspeção das peças. A fragilidade de algumas peças fazia com que as mesmas quebrassem ao serem aplicadas. - O

assentamento era iniciado pelo meio da parede, pois segundo os oficiais facilitava a definição do nível.



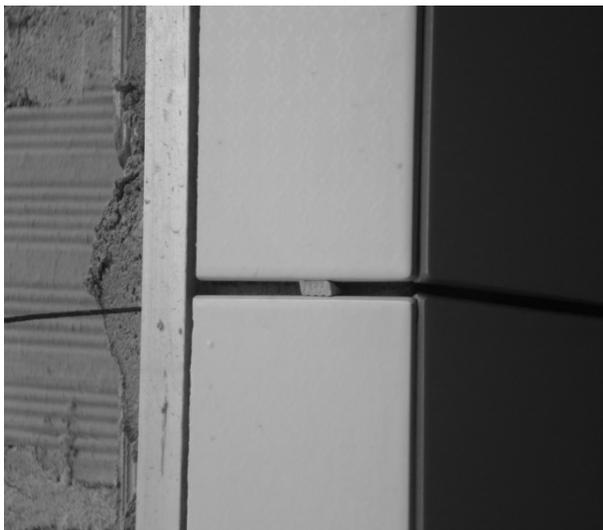
(a)

(b)

**FIGURA 4** - Recorte das paredes.

- Nem sempre eram utilizadas formas de espaçar as peças para garantir a equidistância. Quando algum material era usado para fazer o espaçamento não eram usados espaçadores e sim materiais improvisados (figura 5).

- Em algumas partes da parede o reboco apresentava irregularidades que precisavam ser retiradas antes da aplicação das peças.



**FIGURA 5** - Improviso no uso de espaçadores.

- Em alguns caixas de luz, registros e tubulações havia um acúmulo de argamassa (figura 6).

- A limpeza da cerâmica depois de sua aplicação era feita de forma rápida com panos. Algumas vezes a limpeza era feita de uma só vez em toda a parede e às vezes era feita de forma descontínua.

- Não existia um recipiente para acúmulo de rejeitos que ficavam espalhados pelo apartamento (figura 2).



**FIGURA 6** - Irregularidades no reboco.

#### 4.1.2 SÍNTESE DOS RESULTADOS COLETADOS NA EXECUÇÃO DA CERÂMICA DE PAREDE INTERNA – CANTEIRO DE OBRAS A

O erro da amostra da execução da cerâmica de parede interna foi calculado conforme a fórmula (1) resultando num valor de 11,77%.

Nesse serviço foram observadas doze paredes, que no tempo total não apresentaram valores espúrios. No teste de normalidade no serviço pode ser considerada normal com confiabilidade de 95%.

Os dados coletados são apresentados na ordem em que foram mensurados. Um resumo dos dados está sintetizado na tabela 4, com

a área, número de vezes que o trabalhador trocava de atividade (número de passos), número de passos por metro quadrado e a quantidade de cortes devido aos registros redondos e caixas de luz.

Na tabela 26 (apêndice I) estão expostos os tempos consumido por metro, por trabalhador por quadrado em cada atividade e serviço por parede.

**TABELA 4-** Dados das paredes observadas na execução da cerâmica de parede interna, canteiro de obras A.

		Área (m <sup>2</sup> )	Número de passos	Número de passos por m <sup>2</sup>
Parede	1	14,49	314	21,68
	2	6,19	49	7,92
	3	2,32	32	13,77
	4	3,40	86	25,26
	5	3,02	36	11,90
	6	6,48	33	5,09
	7	3,02	62	20,50
	8	6,48	61	9,41
	9	7,10	68	9,57
	10	3,05	33	10,83
	11	5,19	58	11,17
	12	3,00	36	12,00

#### 4.1.3 ANÁLISE DOS DADOS E PROPOSTA DE INTERVENÇÃO DO REVESTIMENTO CERÂMICO DE PAREDE INTERNA COM BASE NAS FERRAMENTAS ESCOLHIDAS

Para a compreensão e melhor visualização do funcionamento do processo um fluxograma do estado atual foi elaborado conforme a figura 48 (apêndice H), com as seguintes atividades:

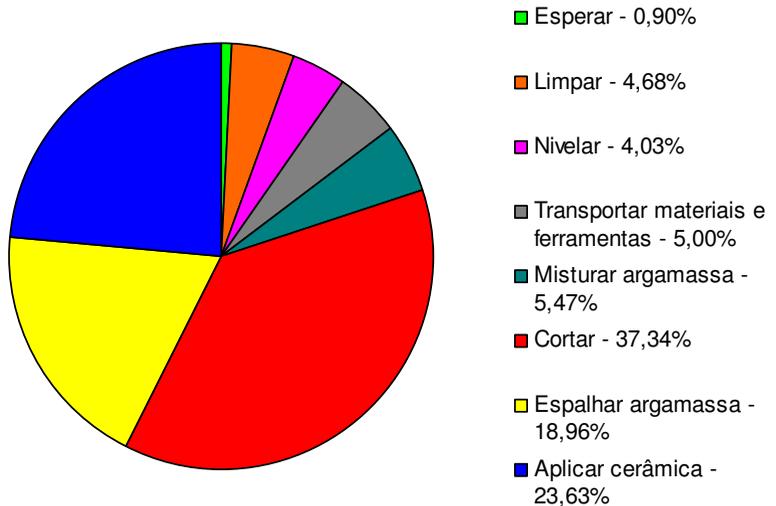
- Misturar argamassa
- Nivelar
- Limpar
- Espalhar argamassa
- Corte:
  - a) Medir corte
  - b) Transportar até o local de corte
  - c) Cortar
  - d) Transportar até o local de uso
- Transportar materiais e ferramentas
- Aplicar cerâmica

A partir desta identificação das partes componentes do serviço foi possível a classificação das atividades em produtivas (atividades de conversão), improdutivas e auxiliares (atividades de fluxo), como mostrado na tabela 5, quanto sua agregação de valor ao produto.

**TABELA 5** - Classificação das atividades na execução da cerâmica de parede interna, canteiro de obras A.

Atividade	Produtiva	Improdutiva	Auxiliar
Esperar		X	
Limpar		X	
Nivelar			X
Transportar materiais e ferramentas		X	
Misturar argamassa			X
Medir corte			X
Transportar até o local de corte			X
Cortar			X
Transportar até o local de uso			X
Espalhar argamassa	X		
Aplicar cerâmica	X		

A figura 7 evidencia as porcentagens do tempo gasto em cada atividade. Com ela constatou-se que as atividades produtivas correspondem a 42,59% do tempo gasto no serviço. A atividade de misturar argamassa poderia ser realizada por um ajudante, já que não exige qualificação, o que diminuiria o tempo de não agregação de valor do oficial em 5,47%. Somando essa atividade auxiliar com eliminação das atividades improdutivas haveria uma redução de 16,05% do tempo do serviço, o que é uma quantidade considerável.



**FIGURA 7** - Porcentagem do tempo gasto em cada atividade na execução da cerâmica de parede interna, canteiro de obras A.

Dentre essas atividades a com maior percentual é cortar, isso deve-se ao fato das paredes exigirem muitos cortes dimensionais, para registros e caixas de luz. Quando as melhorias nas atividades improdutivas e produtivas forem realizadas, a atividade de corte é uma boa opção para uma nova intervenção. Diminuindo o número de cortes através de um planejamento da execução (paginação), projetos com dimensões compatíveis com as dimensões da cerâmica, paredes executadas no prumo e esquadro, o tempo de ciclo do serviço pode ser diminuído.

Com os tempos medidos a empresa passa a ter dados de produtividade. A partir da aplicação do CEP nos dados de cada

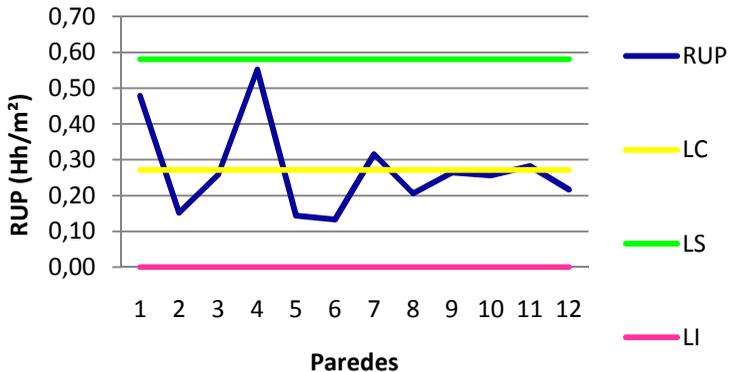
parede (tabela 6) é possível detectar a existência de problemas no processo, possibilitando a identificação das causas e sua solução.

**TABELA 6** - CEP da execução da cerâmica de parede interna, canteiro de obras A em homem X hora por metro quadrado.

Parede	RUP	LS	LI	LC
1	0,48			
2	0,15			
3	0,26			
4	0,55			
5	0,14			
6	0,13	0,58	0,00	0,27
7	0,32			
8	0,21			
9	0,26			
10	0,26			
11	0,28			
12	0,22			

Com a distribuição dos dados no gráfico (figura 8) percebe-se duas tendências, em um momento inicial o processo parece controlado com pontos alternando acima e abaixo da LC. Em um segundo momento ele ainda está controlado, mas aparentemente ocorre uma modificação no processo, já que os pontos se concentram abaixo da LC. Essa mudança foi positiva pois diminuiu a necessidade de homens hora por metro quadrado. A variabilidade das

medições teve como motivo a falta de um sequenciamento lógico na execução do serviço e outras causas listadas na lista de verificação.



**FIGURA 8** - Distribuição dos dados do CEP na execução da cerâmica de parede interna, canteiro de obras A.

Os dados dos passos por metro quadrado da tabela 4, reforçam a existência de variabilidade no processo, pois há uma grande variação nos índices das paredes.

Confrontando a RUP da amostra com os índices de produtividade do SINAPI e dados da literatura (Santos, Saffaro, Bressiani e Heineck, 2003) (tabela 7), nota-se que a maior RUP do canteiro de obras A é inferior aos outros, indicando maior rapidez na execução do serviço. Isso pode ocorrer porque nos dados da literatura estão associados todas as atividades do serviço-mãe, como rejuntamento, ele também não especifica qual o tamanho da cerâmica pelo qual esse índice é gerado. Já o índice fornecido pelo

SINAPI se aproxima mais com a LC da amostra. Ele também é composto da atividade de rejuntamento, mas inclui o serviço de um ajudante o que não ocorre no canteiro de obras A. Com esses dados chega-se à conclusão de que a obra em estudo possui um índice de produtividade razoável comparado aos demais, o que não significa que não se deva sempre buscar formas de reduzir os desperdícios e maximizar a agregação de valor.

**TABELA 7** – Indicadores de produtividade da cerâmica de parede interna em homem X hora por metro quadrado. Fonte: autora; adaptado de Santos, Saffaro, Bressiani e Heineck, 2003; SINAPI, 2010.

RUP						
Amostra			Literatura			SINAPI
LI	LC	LS	LI	LC	LS	LC
0,00	0,27	0,58	0,60	1,00	1,80	0,36

Uma verificação visual dos itens listados no quadro 4, elucida as condições de realização do serviço. A elaboração da lista de verificação foi baseada nas exigências das normas NBR 8214:1983, NBR 13754:1996 e NR 18 (apêndice J). As condições ideais de trabalhos são representadas pela resposta “Sim”.

**QUADRO 4** – Lista de verificação da execução do serviço de revestimento cerâmico de parede interna, canteiro de obras A.

Revestimento cerâmico de parede interna	Sim	Não	Às vezes
<b>Revestimento cerâmico</b>			
Está corretamente armazenado?			X
É retirado da embalagem imediatamente antes do uso?	X		
É adequado para sua finalidade?	X		
A base está livre de poeira, engobes pulverulentos ou partículas?	X		
Esta de acordo com as especificações da embalagem?	X		
Existe quantidade de material suficiente?	X		
<b>Água de amassamento</b>			
Apresenta-se visualmente livre de impurezas?	X		
<b>Argamassa colante</b>			
A mistura respeita a proporção indicada pelo fabricante?		X	
A mistura se apresenta sem grumos, pastosa e aderente?	X		
É respeitado o tempo máximo em aberto?	X		
Existe quantidade de material suficiente?	X		
<b>Superfície de aplicação</b>			
Está limpa?			X
Está seca?	X		
As canalizações estão embutidas e testadas?	X		
Caixilhos e batentes devidamente fixados?	X		
As paredes estão com prumo aceitável?			X
<b>Condições do ambiente</b>			
A temperatura é superior a 5 °C?	X		

**QUADRO 4** – Lista de verificação da execução do serviço de revestimento cerâmico de parede interna, canteiro de obras A (continuação)

Revestimento cerâmico de parede interna	Sim	Não	Às vezes
<b>Execução do serviço</b>			
Os revestimentos cerâmicos estão corretamente alinhados?			X
Depois de assentando quando impactado produz som cavo?	X		
O revestimento cerâmico é cortado com ferramenta cortante de metal duro ou diamante?	X		
As perfurações são feitas com ferramentas adequadas?		X	
O revestimento cerâmico está bem aderido?	X		
A argamassa é espalhada com desempenadeira metálica dentada formando cordões com tamanho de 3 a 4 mm?	X		
O excedente de argamassa é recolocado no recipiente e misturado novamente para sua utilização?	X		
As irregularidades do revestimento cerâmico são totalmente preenchidas pela argamassa colante?	X		
O assentamento ocorre de baixo para cima?		X	
Uma sequência lógica de execução é respeitada?		X	

Nesse serviço a maioria dos itens observados estava dentro do esperado. O oficial (cliente das atividades anteriores) recebia as paredes muitas vezes fora das condições ideais para o trabalho. Quando ele desempenhava o papel de fornecedor não realizava o serviço da melhor forma possível. Como exemplo, não era respeitada

uma sequência lógica de assentamento e usava ferramentas inadequadas, o que ocasionava problemas no fluxo do trabalho e qualidade do produto final. O fato da mistura da argamassa não respeitar as proporções indicadas pelo fabricante fazia com que o executor tivesse que se adaptar a várias consistências e ele acabava tendo que usar menos ou mais força, prejudicando a produtividade e qualidade do seu serviço.

Os itens que não estão dentro do esperado, juntamente com as outras ferramentas, servem como base para a melhoria do processo e da qualidade do produto para o cliente final (o comprador).

O PCP nesse trabalho orienta quais as necessidades de mudança no processo para uma intervenção, esclarecendo como o trabalho deve ser feito, o que deve ser feito, por quem deve ser feito e como deve ser controlado. Com o PCP também é possível a obtenção de indicadores de produtividade. Para a intervenção são indicados os seguintes procedimentos:

- verificar a disponibilidade de um funcionário (ajudante) para pronto atendimento da mistura da argamassa, para que o oficial não tenha que fazer esta atividade;

- estudar o *layout* dos materiais e ferramentas no cômodo e apartamento de trabalho, diminuindo as distâncias percorridas;

- no meio do dia fazer uma quantificação das paredes (observador e oficial) e verificar (observador) as condições das paredes a serem trabalhadas no próximo dia de trabalho;

- ao final do dia, planejar junto com o funcionário (oficial) as demandas de material do dia seguinte;

- verificar a disponibilidade de um funcionário (ajudante) para realizar a conformidade do ambiente a ser trabalhado no próximo dia, para que o oficial não tenha, por exemplo, que tirar restos de reboco da parede;

- verificar a disponibilidade de um funcionário (ajudante) para transportar, aos ambientes de uso, os materiais a serem empregados no trabalho no próximo dia;

- verificar a disponibilidade de um funcionário (ajudante) para efetuar a limpeza final do ambiente;

- acompanhar o trabalho (observador) para medir os tempos e verificar as atividades, para a comparação da RUP com o que é esperado no CEP.

A delimitação de quais são as obrigações do oficial está na descrição de competência (quadro 5). Ele só deve fazer o que está descrito em seu cargo, se ele cumprir atividade de um ajudante, por exemplo, é um desperdício, pois ele possui mais qualificação do que as atividades do ajudante exigem.

**QUADRO 5** – Descrição de competência do executor revestimento cerâmico de parede interna.

**TÍTULO DO CARGO**

Oficial do revestimento cerâmico de parede interna

**SUMÁRIO DO CARGO**

Responsável pela aplicação e corte das placas de revestimento cerâmico na parede, aplicação da argamassa colante, medição e corte do revestimento cerâmico e nivelamento do revestimento cerâmico. As peças devem ficar aderidas, em prumo e com as juntas alinhadas. Após o término de seu serviço o ambiente deve ficar limpo e livre de rejeitos.

**RELAÇÕES TRABALHISTAS**

Reporta-se ao mestre de obras.

Supervisiona: seu ajudante.

Trabalha com o ajudante, mestre de obras e operador do elevador.

**QUALIFICAÇÕES**

Saber aplicar, medir e cortar o revestimento cerâmico, misturar e espalhar a argamassa colante.

Requisitos físicos: A: Ter resistência física para trabalhar durante a jornada de trabalho.

B: Acuidade visual para desempenhar funções relacionadas

**RESPONSABILIDADES**

1. Aplicar o revestimento cerâmico na parede de forma que ela fique nivelada, as peças bem aderidas e as juntas alinhadas.
2. Usar os equipamentos de segurança.
3. Não desperdiçar matéria-prima.
4. Executar o revestimento conforme o projeto.
5. Só iniciar suas atividades se os serviços planejados anteriores estiverem concluídos.

Com a eliminação das atividades improdutivas e a atividade auxiliar de mistura da argamassa, conforme descrito no PCP, o fluxograma do estado futuro apresenta as seguintes atividades (

figura 49, apêndice H):

- Nivelar
- Espalhar a argamassa
- Corte:
  - a) Medir corte
  - b) Transportar até o local de corte
  - c) Cortar
  - d) Transportar até o local de uso
- Aplicar cerâmica

## **4.2 Piso com revestimento cerâmico**

### **4.2.1 DESCRIÇÃO DA EXECUÇÃO DO PISO COM REVESTIMENTO CERÂMICO – CANTEIRO DE OBRAS A**

A mão de obra deste serviço era própria, remunerada por produção. O oficial trabalhava sozinho, recebia auxílio somente no transporte de materiais do estoque da obra até o estoque local (estoque no apartamento ou andar trabalhado).

O objetivo desta coleta de dados foi medir o tempo que o oficial levava para a execução do assentamento do piso com revestimento cerâmico. As medições ocorrem com uma planilha, especialmente formulada para este serviço, para medir o tempo gasto no assentamento do piso. Na planilha (quadro 15, apêndice A) consta o tamanho da peça, o cômodo, o apartamento medido e um espaço

para observações (como as condições do serviço executado anteriormente) e as atividades do serviço.

A localização dos cômodos observados e o *layout* de materiais e ferramentas é apresentado no apêndice E. Os cômodos observados requeriam diferentes tipos de recortes na cerâmica, recortes para reduzir a seção das peças e recortes trabalhados para o encaixe da cerâmica nas paredes.

A disposição dos materiais e ferramentas variava de acordo com o cômodo em que estava sendo trabalhado, exigindo que o trabalhador se movimentasse de diferentes formas. No canteiro de obras A foram identificadas quatro diferentes disposições para os cômodos observados:

- Situação 1 - *layout* da distribuição de materiais e ferramentas na execução do piso com revestimento cerâmico nos cômodos 1, 3, 4, 5, 8 e 11, do apartamento D (figura 41, apêndice E).

- Situação 2 - *layout* da distribuição de materiais e ferramentas na execução do piso com revestimento cerâmico nos cômodos 2 e 10, do apartamento D (figura 42, apêndice E).

- Situação 3 - *layout* da distribuição de materiais e ferramentas na execução do piso com revestimento cerâmico nos cômodos 7, 9 e 12, do apartamento B (figura 43, apêndice E).

- Situação 4 - *layout* da distribuição de materiais e ferramentas na execução do piso com revestimento cerâmico no cômodo 6, do apartamento B (figura 44, apêndice E).

Para a execução do serviço nenhum projeto era consultado. Os recortes para reduzir a seção das peças eram feitos com máquina de corte manual e os recortes trabalhados eram feitos com uma serra mármore.

A execução do serviço ocorria da seguinte forma:

- As ferramentas ficavam espalhadas pelo apartamento, pois as bancadas para corte (figura 9) das peças ocupavam um espaço muito grande no cômodo em que se estava trabalhando.



**FIGURA 9** – Bancada de corte.

- As ferramentas que necessitavam ser transportadas encontravam-se no mesmo cômodo em que se estava trabalhando.

- Os materiais necessários para execução da atividade sempre estavam disponíveis no pavimento. Às vezes se encontravam no apartamento, mas não existia um procedimento padrão de estoque (figura 10a e b). Algumas vezes o material não estava no apartamento em que iria ser utilizado. Desta forma o assentador ia diversas vezes à área do elevador para buscar o material necessário para o seu trabalho (figura 42, apêndice E).



**FIGURA 10 a** - Estoque de matéria-prima.



**FIGURA 10b** - Estoque de matéria-prima.

- Geralmente quando uma linha de peças tinha que ser cortada, a medição e corte das peças acontecia uma de cada vez. A dimensão das paredes exigia muitos cortes de peças. Poucas vezes uma fileira era deixada para trás, desta forma os cortes necessários eram feitos de uma só vez (figura 11).

- Geralmente o contrapiso se encontrava sujo e irregular fazendo com que o assentador tivesse que efetuar uma limpeza antes do início de suas atividades e exigindo a aplicação desuniforme da camada de argamassa colante.

- Não eram utilizados espaçadores para garantir a equidistância das peças.



**FIGURA 11** – Fileira deixada para trás para o corte das peças de uma só vez.

- As paredes apresentavam problema de esquadro e o corte em peças que deveria ser reto tinha que ser feito inclinados.

- O espalhamento da argamassa não era feito de uma maneira padronizada, as ranhuras não tinham sentido único.

- A mistura da argamassa colante era feita pelo próprio assentador, a mão, sem qualquer tipo de medida de acordo com as especificações do fabricante. O fato da argamassa conter muita água dificultava a aplicação do revestimento cerâmico.

- Muitas peças com defeitos encontravam-se nas caixas, exigido a inspeção das mesmas. A fragilidade de algumas peças fazia com que quebrassem na aplicação.

- A limpeza do revestimento cerâmico depois de sua aplicação era feita de forma rápida com panos. Algumas vezes a limpeza era feita de uma só vez em toda a parede e às vezes era feita de forma fragmentada.

- Nem sempre existia um padrão para sequência de assentamento do revestimento cerâmico.

#### 4.2.2 SÍNTESE DOS RESULTADOS COLETADOS NA EXECUÇÃO DO PISO COM REVESTIMENTO CERÂMICO – CANTEIRO DE OBRAS A

Para os dados coletados no serviço de piso com revestimento cerâmico o erro da amostra foi de 8,15%, calculado conforme a fórmula (1).

Ao todo, nesse canteiro de obras, foram observados quinze cômodos, sendo que dois são valores espúrios. Com 95% de confiabilidade a amostra possui distribuição normal.

A ordem de apresentação dos dados representa a sequência em que os cômodos foram observados. A tabela 8 resume os dados coletados nesse serviço, área, número total de passos, número total de passos por metro quadrado e número de peças que tiveram que ser cortadas por cômodo. A RUP por cômodo e total do serviço é mostrado na tabela 27 (apêndice I).

**TABELA 8** - Dados dos cômodos observados na execução do piso com revestimento cerâmico, canteiro de obras A.

		Área (metro quadrado)	Número total de passos	Número de passos por metro quadrado	Número de peças cortadas
Cômodo	1	14,40	110	7,64	27
	2	9,24	99	10,71	23
	3	8,96	81	9,04	0
	4	8,43	67	7,95	0
	5	14,4	91	6,32	0
	6	9,24	76	8,22	22
	7	9,24	83	8,98	26
	8	3,69	37	10,03	0
	9	14,29	120	8,40	23
	10	9,24	101	9,31	24
	11	3,18	38	11,95	0
	12	7,19	72	10,01	16
	13	3,32	50	11,01	0

#### 4.2.3 ANÁLISE DOS DADOS E PROPOSTA DE INTERVENÇÃO DO PISO COM REVESTIMENTO CERÂMICO COM BASE NAS FERRAMENTAS ESCOLHIDAS

Assim como no serviço anterior, foram identificadas as atividades que faziam parte do processo e elaborado um fluxograma do estado atual (figura 50, apêndice H), com as atividades descritas a seguir:

- Limpar
- Nivelar

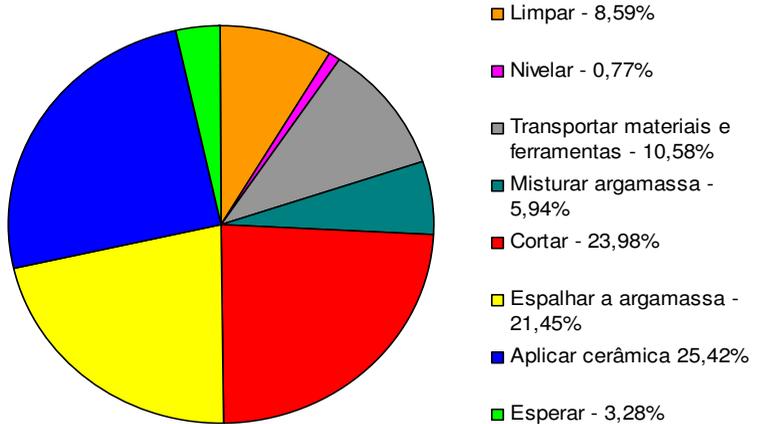
- Transportar materiais e ferramentas
- Cortar:
  - a) Medir corte
  - b) Transportar até o local de corte
  - c) Cortar
  - d) Transportar até o local de uso
- Espalhar a argamassa
- Aplicar cerâmica
- Misturar argamassa

A tabela 9 mostra a classificação das atividades de acordo com sua agregação de valor, assim como ocorreu no serviço de cerâmica de parede interna.

**TABELA 9** - Classificação das atividades na execução do piso com revestimento cerâmico, canteiro de obras A.

Atividade	Produtiva	Improdutiva	Auxiliar
Limpar		X	
Nívelar			X
Transportar materiais e		X	
Misturar argamassa			X
Medir corte			X
Transportar até o local de corte			X
Cortar	X		
Transportar até o local de uso			X
Espalhar a argamassa	X		
Aplicar cerâmica	X		
Esperar		X	

A porcentagem do tempo gasto em cada atividade é mostrado na figura 12. As atividades produtivas consomem a maior parte do tempo (70,84%), mas as improdutivas gastam uma parcela significativa do tempo (22,45%). Logo, a orientação para uma primeira etapa de melhoria no serviço seria a retirada das atividades improdutivas mais a atividades auxiliar de mistura de argamassa que poderia ser realizada por alguém menos qualificado que o oficial, totalizando, teoricamente, a economia de 28,39% do tempo de serviço do oficial.



**FIGURA 12** - Porcentagem do tempo gasto em cada atividade na execução do piso com revestimento cerâmico, canteiro de obras A.

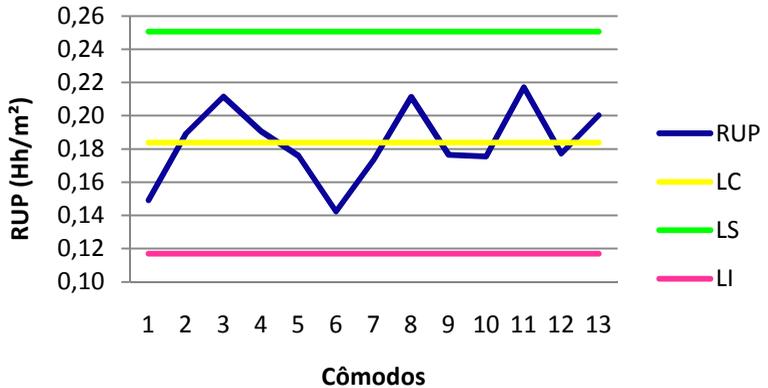
Das atividades produtivas, cortar poderia ser melhorada, da mesma forma que a atividade cortar do serviço de cerâmica de parede interna.

Com os tempos medidos a empresa passa a ter dados de produtividade. A partir da aplicação do CEP nos dados de cada cômodo (tabela 10) é possível detectar a existência de problemas no processo, possibilitando a identificação das causas e sua solução.

**TABELA 10** – CEP da execução do piso com revestimento cerâmico, canteiro de obras A em homem X hora por metro quadrado.

Cômodo	RUP	LS	LI	LC
1	0,15			
2	0,19			
3	0,21			
4	0,19			
5	0,18			
6	0,14			
7	0,17	0,25	0,12	0,18
8	0,21			
9	0,18			
10	0,18			
11	0,22			
12	0,18			
13	0,20			

Esse processo encontra-se dentro de controle conforme mostra a figura 13, tendo em vista que as RUPs de toda a amostra se alternam acima e abaixo da LC ao decorrer do tempo.



**FIGURA 13** - Distribuição dos dados do CEP na execução do piso com revestimento cerâmico, canteiro de obras A.

A diferença dos passos por metro quadrado (tabela 8) do processo mostra que aparentemente este serviço não é tão variável quanto o revestimento cerâmico de parede interna.

A comparação dos índices de produtividade da literatura (SANTOS, SAFFARO, BRESSIANI E HEINECK, 2003) com a RUP da amostra (tabela 11) permite perceber que o último possui índice menores. Mesmo que os dados da literatura sejam provenientes de mais atividades a diferença entre os índices é grande, indicando que a construtora tem um processo mais controlado que as concorrentes. Produtividades melhores que os concorrentes não devem servir como desmotivador para deixar de sempre buscar formas de reduzir os desperdícios e maximizar a agregação de valor.

**TABELA 11** – Indicadores de produtividade do piso com revestimento cerâmico em homem X hora por metro quadrado. Fonte: autora; de Santos, Saffaro, Bressiani e Heineck, 2003.

RUP					
Amostra			Literatura		
LI	LC	LS	LI	LC	LS
0,12	0,18	0,25	0,50	0,80	1,50

Uma lista de verificação criada, com base nas exigências das normas NBR 13753:1996, NBR 9817:1987 e NR 18 (apêndice J), serve para deixar claros alguns aspectos do serviço. Ela foi feita através de uma verificação visual dos itens listados a seguir (quadro 6). As condições ideais de trabalhos são representadas pela resposta “Sim”.

**QUADRO 6** – Lista de verificação da execução do serviço de piso com revestimento cerâmico, canteiro de obras A.

Revestimento cerâmico de piso	Sim	Não	Às vezes
<b>Revestimento cerâmico</b>			
Está corretamente armazenado?			X
É retirado da embalagem imediatamente antes do uso?	X		
A base está livre de poeira, engobes pulverulentos ou partículas?	X		
É adequado para sua finalidade?	X		
Está protegido de choques e contato com materiais abrasivos?			X
Existe quantidade de material suficiente?	X		
<b>Água de amassamento</b>			
Apresenta-se visualmente livre de impurezas?	X		

**QUADRO 6** – Lista de verificação da execução do serviço de piso com revestimento cerâmico, canteiro de obras A (continuação).

Revestimento cerâmico de piso	Sim	Não	Às vezes
<b>Argamassa colante</b>			
O amassamento da argamassa ocorre em pequenos volumes?	X		
A mistura da argamassa ocorre em recipiente limpo e protegido do sol?	X		
A mistura respeita a proporção indicada pelo fabricante?		X	
É respeitado o tempo máximo em aberto?	X		
Existe quantidade de material suficiente?	X		
<b>Superfície de aplicação</b>			
Está limpa?			X
Está seca?	X		
Está plana?			X
A superfície é rugosa?	X		
Os revestimentos de parede estão prontos?	X		
A base está devidamente curada?	X		
A impermeabilização (se necessário) está pronta?	X		
As canalizações estão embutidas e testadas?	X		
Caixilhos devidamente fixados?	X		
<b>Condições do ambiente</b>			
A temperatura é superior a 5 °C?	X		
<b>Execução do serviço</b>			
É feito um planejamento para o menor número de cortes?			X
O assentamento começa pelos cantos mais visíveis ou juntas de movimentação e sem interrupções?	X		
A base é umedecida quando o revestimento for aplicado em locais sujeitos a insolação e ventilação?			X

**QUADRO 6** – Lista de verificação da execução do serviço de piso com revestimento cerâmico, canteiro de obras A (continuação).

Revestimento cerâmico de piso	Sim	Não	Às vezes
<b>Execução do serviço</b>			
As juntas de assentamento possuem tamanho correto?	X		
As juntas de dessolidarização possuem o tamanho correto?	X		
O revestimento cerâmico está bem aderido?	X		
A argamassa é espalhada com desempenadeira metálica dentada formando cordões com tamanho de 3 a 4 mm?	X		
O excedente de argamassa é recolocado no recipiente de mistura e misturado novamente para sua utilização?	X		
As irregularidades do contrapiso e reentrâncias do tardo são totalmente preenchidas pela argamassa colante?	X		
Revestimentos cerâmicos com área superior a 600 cm <sup>2</sup> são chapiscados um dia antes?		X	
Revestimentos cerâmicos com área maior ou		X	
A cota confere com a do projeto?	X		
O revestimento cerâmico respeita o nível de			X
A planeza do piso é respeitada?			X
As juntas das peças encontram-se com			X
Uma sequência lógica de execução é			X

A maioria dos itens listados acima está dentro das condições ideais. O contrapiso algumas vezes apresentava irregularidades e como o oficial não tinha em sua equipe um ajudante ele acabava realizando a regularização, ou seja, executava uma atividade que não

agregava valor ao seu serviço, atrapalhando seu fluxo de trabalho. O fato da mistura da argamassa não respeitar as proporções indicadas pelo fabricante fazia com que o executor tivesse que se adaptar a várias consistências, acabava tendo que usar menos ou mais força, prejudicando a rapidez e qualidade do seu serviço.

O PCP para a melhoria do serviço de piso com revestimento cerâmico é descrito nos seguinte itens:

- Verificar a disponibilidade de um funcionário (ajudante) para pronto atendimento da mistura da argamassa, para que o oficial não tenha que fazer esta atividade.

- Estudar e aplicação do *layout* dos materiais e ferramentas no cômodo e apartamento de trabalho.

- No meio do dia fazer uma quantificação dos cômodos (observador e oficial) e verificação (observador) das condições dos cômodos a serem trabalhados no próximo dia de trabalho.

- Ao final do dia, planejar junto com o funcionário (oficial) as demandas de material do dia seguinte.

- Verificar a disponibilidade de um funcionário (ajudante) para realizar da conformidade do ambiente a ser trabalhado no próximo dia.

- Verificar a disponibilidade de um funcionário (ajudante) para transportar, aos ambientes de uso, os materiais a serem empregados no trabalho no próximo dia.

- Verificar a disponibilidade de um funcionário (ajudante) para limpeza final do ambiente.

- Acompanhar o trabalho (observador) para medir os tempos e verificar as atividades para a comparação da RUP com o que é esperado no CEP.

Com a descrição de competência (quadro 7) o funcionário deve ser instruído sobre o que sua função requer, limitando as atividades que deve cumprir.

**QUADRO 7** - Descrição de competência do executor piso com revestimento cerâmico.

**TÍTULO DO CARGO**

Oficial do piso com revestimento cerâmico

**SUMÁRIO DO CARGO**

Responsável pela aplicação e corte das placas de revestimento cerâmico no piso, aplicação da argamassa colante, medição e corte do revestimento cerâmico e nivelamento do revestimento cerâmico. As peças devem ficar aderidas, em prumo e com as juntas alinhadas. Após o término de seu serviço o ambiente deve ficar limpo e livre de rejeitos.

**RELAÇÕES TRABALHISTAS**

Reporta-se ao mestre de obras.

Supervisiona: o seu ajudante.

Trabalha com o ajudante, mestre de obras e operador do elevador.

**QUALIFICAÇÕES**

Saber aplicar, medir e cortar o revestimento cerâmico e misturar e espalhar a argamassa colante.

Requisitos físicos: A: Ter resistência física para trabalhar durante a jornada de trabalho.

B: Acuidade visual para desempenhar funções relacionadas

**QUADRO 7** - Descrição de competência do executor piso com revestimento cerâmico (continuação).

**RESPONSABILIDADES**

1. Aplicar o revestimento cerâmico no contrapiso de forma que o piso fique nivelado, as peças bem aderidas e as juntas alinhadas.
2. Usar os equipamentos de segurança.
3. Não desperdiçar matéria-prima.
4. Executar o revestimento conforme o projeto.
5. Só iniciar suas atividades se os serviços planejados anteriores estiverem concluídos.

Retirando as atividades improdutivas e a atividade auxiliar de mistura de argamassa o fluxograma do estado futuro (figura 51, apêndice H) seria composto pelas atividade listadas a seguir:

- Nivelar
- Cortar:
  - a) Medir corte
  - b) Transportar até o local de corte
  - c) Cortar
  - d) Transportar até o local de uso
- Espalhar argamassa
- Aplicar cerâmica

### **4.3 Reboco de parede interna**

#### **4.3.1 DESCRIÇÃO DA EXECUÇÃO DO REBOCO DE PAREDE INTERNA – CANTEIRO DE OBRAS A**

A mão de obra deste serviço era própria, remunerada por produção. O oficial trabalhava com um ajudante que transportava os carrinhos de argamassa do elevador até os cômodos, ajudava a recolher as sobras que caíam no chão após o sarrafeamento e fazia a remistura dessas sobras.

O objetivo desta coleta de dados foi medir o tempo que o oficial levava na execução do reboco interno de parede. As medições foram feitas com uma planilha, especialmente formulada para este serviço. Na planilha (quadro 17, apêndice A) consta o cômodo, a parede, o apartamento medido e um espaço para observações (como as condições do serviço executado anteriormente) e as atividades do serviço. A localização das paredes observadas é apresentada no apêndice F (figura 45).

A execução do serviço ocorria da seguinte forma:

- As paredes encontravam-se fora de prumo, fazendo com que a espessura do reboco fosse muitas vezes superior a 2,5 cm (figura 14).
- O oficial algumas vezes, principalmente no começo do dia, tinha que esperar a matéria-prima chegar, ficando parado.

- O local de trabalho era entregue sujo com restos das atividades anteriores, dificultando a movimentação, com isso o ajudante muitas vezes deixava de ajudar o oficial para limpar o local (figura 15). O ajudante nem sempre ajudava o oficial a juntar as sobras do sarrafeamento para que pudessem ser aplicadas novamente.



**FIGURA 14** – Talisca com espessura maior que 2,5 cm.

- O ajudante nem sempre estava atento para fornecer argamassa ao oficial quando ele estava rebocando a parte superior da parede, ou seja, em cima do banco. Isso fazia com que o oficial tivesse que ficar descendo e subindo do banco para pegar a argamassa.

- Tanto o ajudante quanto o oficial, às vezes, dividiam ferramentas como a pá, o que acabava atrapalhando o serviço.

- A função do ajudante e do oficial não era bem definida, existiam atividades que os dois faziam.



**FIGURA 15** – Sujeira antes e durante a execução do reboco de parede interna.

- A argamassa nem sempre chegava com a mesma consistência, o que fazia com que o oficial ou o ajudante tivessem que misturá-la novamente.

- A argamassa que caía do sarrafeamento era novamente misturada, tanto pelo oficial quanto pelo ajudante.

#### 4.3.2 SÍNTESE DOS RESULTADOS COLETADOS NA EXECUÇÃO DO REBOCO DE PAREDE INTERNA – CANTEIRO DE OBRAS A

O erro da amostra foi de 9,53%, calculado conforme a fórmula (1). Para tal forma observadas a execução do reboco de parede interna, quinze paredes foram observadas, destas três eram valores espúrios. Com 95% de confiabilidade, o serviço pode ser considerado normal.

A ordem em que os dados são dispostos representa a sequência de coleta. O tempo de algumas atividades é compartilhado por mais de uma parede, pois mais de uma é feita ao mesmo tempo devido ao tempo de cura da argamassa.

A tabela 12 mostra um resumo dos dados coletados. O resumo dos tempos por metro quadrado por atividade e total na execução do reboco de parede interna são exibidos na tabela 28 (apêndice I).

**TABELA 12** - Dados das paredes observadas na execução do reboco de parede interna, canteiro de obras A em homem X hora por metro quadrado.

	Área (metro quadrado)	Número de passos	Número de passos por metro quadrado	
Cômodo	1	6,30	8,53	1,35
	2	6,02	9,42	1,56
	3	6,58	13,64	2,07
	4	15,96	15,41	0,97
	5	4,26	13,09	3,07
	6	14,14	17,94	1,27
	7	6,04	10,97	1,82
	8	3,78	12,25	3,24
	9	6,16	12,67	2,06
	10	8,54	15,08	1,77
	11	6,16	9,55	1,55
	12	13,72	11,45	0,83

#### 4.3.3 ANÁLISE DOS DADOS E PROPOSTA DE INTERVENÇÃO DO REBOCO DE PAREDE INTERNA COM BASE NAS FERRAMENTAS ESCOLHIDAS

A figura 52 (apêndice H) apresenta o fluxograma do estado atual com as seguintes atividades:

- Limpar;
- Esperar;
- Misturar;
- Transportar materiais e ferramentas;
- Aplicar argamassa;

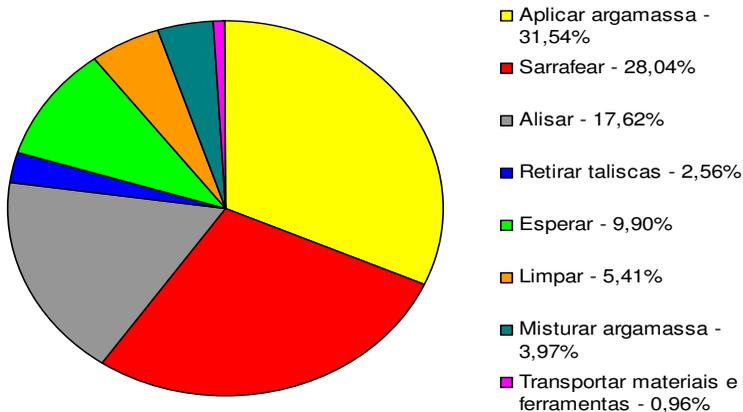
- Sarrafejar;
- Retirar taliscas;
- Alisar argamassa.

As atividades foram classificadas em produtivas, improdutivas e auxiliares, como mostra a tabela 13.

**TABELA 13** - Classificação das atividades na execução do reboco de parede interna, canteiro de obras A.

Atividade	Produtiva	Improdutiva	Auxiliar
Aplicar argamassa	X		
Sarrafejar	X		
Alisar	X		
Retirar taliscas			X
Esperar		X	
Limpar		X	
Misturar argamassa			X
Transportar materiais e ferramentas			X

Na figura 16 estão as porcentagens do tempo gasto em cada atividade. As atividades produtivas somam 77,20% do tempo gasto no serviço. A atividade esperar, gerada pela falha no dimensionamento homem-máquina, deve ser eliminada, já a atividade limpar e todas as auxiliares, exceto retirar taliscas, podem ser realizadas por um ajudante, pois não é necessária qualificação para sua execução.



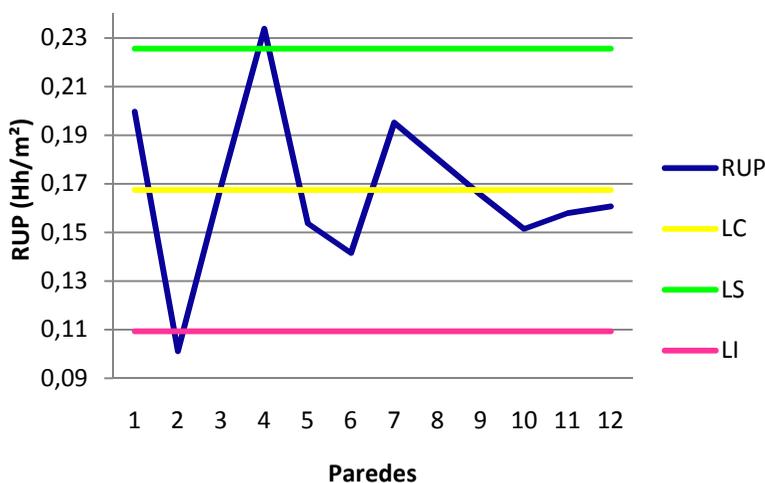
**FIGURA 16** - Porcentagem do tempo gasto em cada atividade na execução do reboco de parede interna, canteiro de obras A.

Com os dados obtidos foi formulada a tabela 14.

**TABELA 14** – CEP da execução do reboco de parede interna, canteiro de obras A em homem X hora por metro quadrado.

Parede	RUP	LS	LI	LC
1	0,20			
2	0,10			
3	0,17			
4	0,23			
5	0,15			
6	0,14			
7	0,14	0,21	0,12	0,16
8	0,18			
9	0,17			
10	0,15			
11	0,16			
12	0,16			

Através da análise da figura 17 é possível identificar dois momentos do processo do serviço de reboco de parede interna, ambos dentro do controle. A parte final da distribuição dos dados indica a melhoria do processo.



**FIGURA 17** - Distribuição dos dados do CEP na execução do reboco de parede interna, canteiro de obras A.

A produtividade encontrada na literatura é bem inferior à da amostra coletada (tabela 15). Essa diferença pode ser causada pela espessura do reboco e as atividades e pessoas consideradas na formulação do índice. Mesmo com bons índices a construtora tem que sempre procurar reduzir o desperdício.

**Tabela 15** – Indicadores de produtividade do reboco de parede interna em homem X hora por metro quadrado. Fonte: autora; de Santos, Saffaro, Bressiani e Heineck, 2003.

RUP					
Amostra			Literatura		
LI	LC	LS	LI	LC	LS
0,12	0,16	0,21	0,50	1,00	1,80

O observador realizou uma verificação visual dos itens listados a seguir (quadro 8). Este quadro foi baseado nas exigências das normas NBR 7200:1982, NBR 13749:1996 e NR 18 (apêndice J). A resposta “Sim” indica as condições ideais.

**QUADRO 8** - Lista de verificação da execução do reboco de parede interna, canteiro de obras A.

Reboco interno de parede	Sim	Não	As vezes
<b>Superfície de aplicação</b>			
As canalizações estão prontas e devidamente testadas?	X		
Os vãos de portas e janelas estão devidamente localizados e contramarcos (se for o caso) instalados?	X		
A base possui planeza adequada?			X
A base possui prumo adequado?			X
O chapisco foi aplicado (quando necessário)?	X		
A base está livre de infiltrações?	X		
A base está livre de pontas de ferro e rebarbas?	X		
Depressões, furos e rasgos estão preenchidos?	X		
A base está limpa?	X		
As taliscas foram colocadas?	X		
<b>Condições do ambiente</b>			
A temperatura ambiente é superior a 5 °C?	X		

**QUADRO 9** - Lista de verificação da execução do reboco de parede interna, canteiro de obras A (continuação).

Reboco interno de parede	Sim	Não	As vezes
<b>Condições do ambiente</b>			
Quando temperatura é maior que 30 °C e umidade do ar baixa, ventos fortes ou insolação forte direta, o revestimento é mantido úmido por 24h?	X		
<b>Execução do serviço</b>			
A argamassa é compatível com sua finalidade?	X		
Possui resistência mecânica adequada?	X		
Está livre de cavidades ou fissuras?			X
Sua espessura está conforme previsto?			X
Os equipamentos necessários estão disponíveis?	X		
Os recipientes de transporte são mantidos limpos?	X		
Uma sequência lógica de execução é respeitada?	X		

Os fornecedores das paredes não as entregavam em perfeitas condições, o que dificultava o trabalho, fazendo com que o reboco tivesse espessura variável. A camada grossa de argamassa gerava excessivas fissuras, prejudicando a qualidade do produto entregue ao próximo cliente.

Os passos a seguir orientam o PCP desse serviço:

- Verificar a disponibilidade de um funcionário (ajudante) para realizar a limpeza prévia dos cômodos;

- Verificar a disponibilidade de um funcionário esteja a disposição para a mistura da argamassa de forma que o oficial não fique esperando por matéria-prima;

- Verificar a disponibilidade de um funcionário (ajudante) para recolher as sobras do sarrafeamento, quando necessário;

- No meio do dia fazer uma quantificação dos cômodos e verificação (realizada pelo observador) das condições dos cômodos a serem trabalhados no próximo dia de trabalho.

- Ao final do dia, junto com o funcionário (oficial), planejar as demandas do dia seguinte.

- Verificação da disponibilidade de um funcionário (ajudante) para transporte de materiais e ferramentas aos ambientes de uso.

- Acompanhamento do trabalho (realizado pelo observador) para medição de tempos e verificação de atividades.

O quadro 9 apresenta a descrição detalhada das competências do executor do reboco de parede interna.

**QUADRO 9** - Descrição de competência do executor do reboco de parede interna.

**TÍTULO DO CARGO**

Oficial de reboco de parede interna

**SUMÁRIO DO CARGO**

Responsável por aplicar, sarrapear e alisar a argamassa, retirar taliscas sobre a parede limpa e com as canalizações devidamente testadas. O reboco de parede interna deve ficar isento de irregularidades, plano dentro dos limites permitidos e nivelado de acordo com as exigências do projeto. Após o término do serviço o ambiente deve ficar limpo e livre de rejeitos.

**QUADRO 9** - Descrição de competência do executor do reboco de parede interna (continuação).

**RELAÇÕES TRABALHISTA**

Reporta-se ao mestre de obras.

Supervisiona: seu ajudante.

Trabalha com o ajudante, mestre de obras e operador do elevador.

**QUALIFICAÇÕES**

Saber aplicar, socar, sarrafejar, alisar e nivelar a argamassa.

Requisitos físicos: A: Ter resistência física para trabalhar durante a jornada de trabalho.

B: Acuidade visual para desempenhar funções relacionadas

**RESPONSABILIDADES**

1. Aplicar a argamassa sobre a base de forma que o reboco de parede interna fique nivelado e aderido.

2. Usar os equipamentos de segurança.

3. Não desperdiçar matéria-prima.

4. Executar o reboco de parede interna conforme o projeto.

5. Só iniciar suas atividades se os serviços planejados anteriores estiverem concluídos.

O fluxograma do estado futuro (figura 53, apêndice H) apresenta as atividades:

- Aplicar argamassa;
- Sarrafejar;
- Retirar taliscas;
- Alisar argamassa.

## **4.4 Contrapiso**

### **4.4.1 DESCRIÇÃO DA EXECUÇÃO DO CONTRAPISO – CANTEIRO DE OBRAS A**

A mão de obra deste serviço é própria, remunerada por produção. O oficial trabalha com auxílio de um ajudante, que transporta os carrinhos de argamassa do elevador até os cômodos e limpa-os antes do início do serviço.

O objetivo desta coleta de dados é medir o tempo que o oficial leva para a execução do contrapiso. As medições ocorrem com uma planilha, especialmente formulada para este fim. Na planilha (quadro 16, apêndice A) consta o cômodo, o apartamento medido, um espaço para observações (como as condições do serviço executado anteriormente) e as atividades do serviço. A localização dos cômodos observados é apresentada no apêndice G (figura 46).

A execução do serviço ocorreu da seguinte forma:

- O oficial muitas vezes tinha que ficar esperando a argamassa chegar. A espera ocorria porque as betoneiras e o elevador forneciam argamassa para o reboco e contrapiso ao mesmo tempo, sendo que o reboco tinha prioridade.

- Os cômodos eram entregues sujos e o ajudante tinha que fazer a limpeza (figura 18). Algumas vezes os cômodos ficavam molhados por causa da chuva, mudando a sequência de execução dos apartamentos (figura 19).



**FIGURA 18** – Sujeira no cômodo.



**FIGURA 19** - Sujeira e água nos cômodos.

- Devido às dimensões dos cômodos eram necessários vários tamanhos de régua de alumínio, ou seja, várias ferramentas.

- As ferramentas possuíam pequenas dimensões e ficavam dispostas perto do executor.

- O oficial trabalhava em conjunto com um ajudante que buscava no elevador as giricas de argamassa.

- O contrapiso dos cômodos era feito em uma sequência, de maneira que o oficial não necessitava pisar em cima da argamassa recém espalhada.

- A laje possuía diferença de nível, exigindo diferentes espessuras de argamassa.

- As canalizações necessárias já estavam posicionadas e algumas vezes fixadas.

- Este serviço não gerava uma quantidade de resíduos significativa após a conclusão de cada cômodo.

- O trabalhador ficava na maior parte do tempo agachado.

#### 4.4.2 SÍNTESE DOS RESULTADOS COLETADOS NA EXECUÇÃO DO CONTRAPISO – CANTEIRO DE OBRAS A

O erro da amostra coletada na execução do contrapiso, calculado de acordo com a fórmula (1), foi de 7,66%.

Quinze cômodos foram observados e na soma dos tempos das atividades, um valor espúrio foi encontrado e retirado da amostra. Quando testados quanto à normalidade a amostra pode ser considerada normal com 95% de confiança.

Os dados dos cômodos que foram observados no serviço de contrapiso, no canteiro de obras A, após a retirada de valores espúrios, são mostrados a seguir. A sequência de apresentação dos dados é compatível com a ordem de mensuração. A área, números de passos e número de passos por metro quadrado são apresentados na tabela 16. A tabela 29 (apêndice I), mostra os dados por metro quadrado, por homem, por atividade e total do contrapiso.

**TABELA 16** - Dados dos cômodos observados na execução do contrapiso, canteiro de obras A.

		Área (metro quadrado)	Número de passos	Número de passos por metro quadrado
Cômodo	1	4,0	37	9,24
	2	3,6	32	8,96
	3	5,7	16	2,80
	4	1,4	30	21,60
	5	4,1	15	3,70
	6	2,6	35	13,54
	7	8,2	30	3,64
	8	3,7	33	9,03
	9	7,5	24	3,19
	10	4,4	41	9,22
	11	3,6	32	8,90
	12	6,2	23	3,70
	13	3,0	41	13,54
	14	5,5	20	3,64

#### 4.4.3 ANÁLISE DOS DADOS E PROPOSTA DE INTERVENÇÃO DO CONTRAPISO COM BASE NAS FERRAMENTAS ESCOLHIDAS

As atividades do fluxograma do estado atual (figura 54, apêndice H) que foram identificadas na execução do contrapiso são:

- Molhar;

- Esperar;
- Espalhar argamassa;
- Socar;
- Sarrafeiar;
- Alisar.

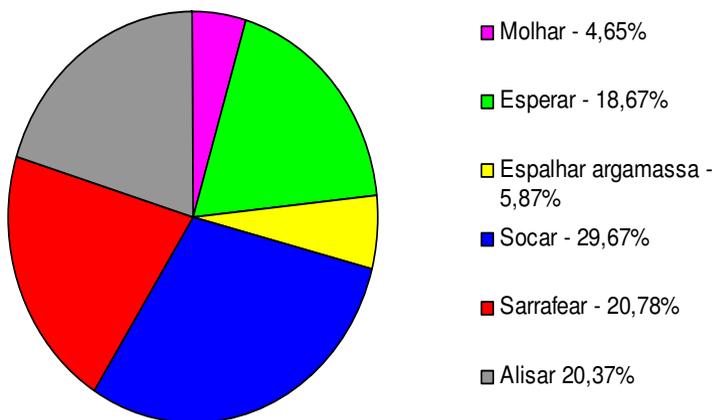
Depois da identificação das atividades que compõem os processos, elas podem ser classificadas como na tabela 17.

**TABELA 17** - Classificação das atividades na execução do contrapiso, canteiro de obras A.

Atividade	Produtiva	Improdutiva	Auxiliar
Molhar			X
Esperar		X	
Espalhar argamassa	X		
Socar	X		
Sarrafeiar	X		
Alisar	X		

Na figura 20 são mostradas as porcentagens do tempo que cada atividade do serviço exige. Existe apenas uma atividade improdutiva (esperar), mas ela é responsável por um quinto do tempo, logo eliminá-la do processo é importante. Fora essa eliminação o serviço não apresentava grande possibilidades de melhoria com baixo custo, o trabalhador não desperdiçava seu tempo em atividades que não agregavam valor. Pelo fato da argamassa ser misturada na mesma betoneira, para o serviço de reboco de parede

interna e contrapiso, o operário tinha que esperar. Isso evidencia o dimensionamento falho das proporções homem-máquina. Segundo a teoria *lean* e preferível que a máquina fique parada ao invés do homem.



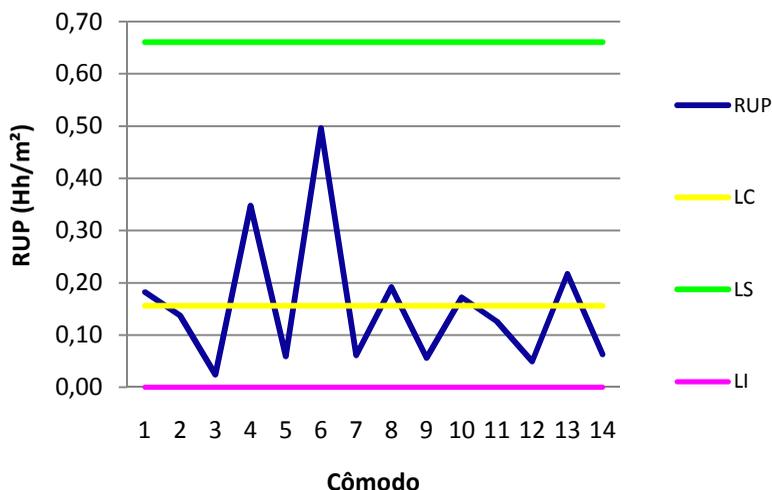
**FIGURA 20** - Porcentagem do tempo gasto em cada atividade na execução do contrapiso, canteiro de obras A.

Na tabela 18 são apresentados os dados para a formação do CEP.

**TABELA 18** – CEP da execução do contrapiso, canteiro de obras A e em homem X hora por metro quadrado.

Cômodo	RUP	LS	LI	LC
1	0,08			
2	0,05			
3	0,05			
4	0,02			
5	0,06			
6	0,09			
7	0,14			
8	0,08	0,19	0,00	0,07
9	0,13			
10	0,02			
11	0,05			
12	0,08			
13	0,05			
14	0,10			

De acordo com a figura 21 apesar do dados da amostra se encontrarem dentro dos limites o processo parece fora de controle, pois a produtividade se alterna em cima e embaixo da LC desordenadamente.



**FIGURA 21** - Distribuição dos dados do CEP na execução do contrapiso, canteiro de obras A.

Mesmo parecendo fora do controle a RUP da amostra (tabela 19) apresenta que o processo é mais eficiente que a literatura e o SINAPI. Essa diferença com os indicadores da literatura e do SINAPI podem ser por causa das atividades e equipe que são levadas em consideração em sua composição e como foram coletados. A busca constante pela melhoria e redução do desperdício não deve ser esquecida mesmo com indicadores de desempenho melhores que os da concorrência.

**TABELA 19** – Indicadores de produtividade do contrapiso em homem X hora por metro quadrado. Fonte: autora, de Santos, Saffaro, Bressiani e Heineck, 2003; SINAPI, 2010.

RUP						
Amostra			Literatura			SINAPI
LI	LC	LS	LI	LC	LS	LC
0,00	0,16	0,66	0,30	0,50	0,80	0,55

O observador fez uma verificação visual dos itens listados no quadro 10. Este quadro foi baseado nas exigências das normas NBR 13753:1996, NBR 9817:1987, NR 18 e boas práticas (apêndice J). As condições ideais de trabalhos são representadas pela resposta “Sim”.

**QUADRO 10** - Lista de verificação da execução do contrapiso, canteiro de obras A.

Contrapiso	Sim	Não	As vezes
<b>Superfície de aplicação</b>			
É limpa?	X		
Livre de umidade excessiva?	X		
Livre de materiais orgânicos?	X		
As canalizações foram testadas?	X		
<b>Execução do serviço</b>			
Possibilita o embutimento de canalizações	X		
Proporciona boa aderência?	X		
É capaz de absorver deformações sem afetar seu desempenho?	X		
Possui resistência mecânica para se manter íntegro durante as fases de execução e utilização?	X		
Resiste ao esmagamento?	X		

**QUADRO 10** - Lista de verificação da execução do contrapiso, canteiro de obras A (continuação).

Contrapiso	Sim	Não	As vezes
<b>Execução do serviço</b>			
É durável?	X		
É realizada na espessura especificada no projeto?	X		
A argamassa é distribuída em camadas de 5 cm?		X	
É aplicada na base uma mistura de aditivo e água?		X	
É polvilhado sobre a base após o aditivo e água?	X		
A argamassa é espalhada com auxílio de uma enxada?	X		
A argamassa é compactada com um soquete de madeira?	X		
A argamassa é sarrafeada com régua de alumínio apoiada sobre as taliscas?	X		
A argamassa é desempenada com desempenadeira de madeira ou alumínio?	X		
Uma sequência lógica de execução é respeitada?	X		

Grande parte dos itens se apresentam conforme o esperado. O contrapiso é um serviço simples, mas além de melhorar os itens que não foram executados de maneira ideal, pode-se buscar ferramentas mais ergonômicas para melhorar a produtividade do serviço.

Para realizar uma intervenção e saber o que é valor para o executor, em seu serviço, uma entrevista foi realizada, com as perguntas a seguir:

- A laje é entregue em perfeitas condições para você executar seu serviço?

Resposta – Estava satisfeito pois o ajudante limpava os cômodos antes de sua chegada. Achava normal as irregularidades na laje, mesmo sabendo de técnicas onde isso não ocorreria

- Os materiais estão disponíveis na hora que você precisa?

Resposta - Muitas vezes tinha que ficar esperando a argamassa, agora com o uso da argamassa misturada em central para a execução do reboco não tem mais que ficar esperando.

- Você tem todas as ferramentas que precisa para o trabalho?

Resposta – Achava que tinha todas as ferramentas necessárias. Se achasse que o trabalho estava não possuía o rendimento esperado ele poderia elaborar uma espécie de rodo para ajudar a espalhar a argamassa.

- Conhece alguma outra ferramenta que poderia facilitar seu trabalho?

Resposta – Somente essa ferramenta citada anteriormente.

- Você gosta do que faz? Por que?

Resposta – Gostava do serviço, mas preferia assentar piso com revestimento cerâmico.

- Você se sente seguro exercendo seu serviço?

Resposta – Sentia-se seguro com os equipamentos fornecidos e com a estrutura da obra.

- Como você se sente em seu ambiente de trabalho?

Resposta - Bem, pois gostava de trabalhar na empresa.

- Você acha que seu serviço ocorre em condições ideais?

Resposta – Com o pronto fornecimento da argamassa achava que nada podia melhorar.

Segundo a visão do oficial deste serviço o problema enfrentado é a demora no fornecimento de matéria-prima. Ele não julgava o local inseguro ou que alguma coisa possa ser melhorada.

Com o PCP são traçados os pontos que devem ser mudados para a minimização do desperdício, maximização do valor e medidas para o controle do processo de acordo com os seguinte passos:

- Verificar a disponibilidade de um funcionário (ajudante) para realizar a limpeza prévia dos cômodos;

- Verificar a disponibilidade de um funcionário que fique de prontidão para a mistura da argamassa de forma que o oficial não fique esperando por matéria-prima;

- No período vespertino fazer uma quantificação dos cômodos e verificação (realizada pelo observador) das condições dos cômodos a serem trabalhados no próximo dia de trabalho.

- Ao final do dia, fazer o planejamento junto com o oficial das demandas do dia seguinte.

- Verificar a disponibilidade de um funcionário (ajudante) para transporte aos ambientes de uso.

- Acompanhamento do trabalho (realizado pelo observador) para medição de tempos e verificação de atividades.

No quadro 11 a descrição de competência delimita quais são os deveres do oficial responsável pela execução do contrapiso. Ele só deve fazer o que é descrito para seu cargo, qualquer atividade extra é considerada desperdício.

**QUADRO 11** - Descrição de competência do executor do contrapiso.

**TÍTULO DO CARGO**

Oficial do contrapiso

**SUMÁRIO DO CARGO**

Responsável pela espalhar, socar, sarrafear e alisar a argamassa sobre a base limpa e com as canalizações devidamente testadas. O contrapiso deve ficar isento de irregularidades, planeza dentro dos limites permitidos e nivelado de acordo com as exigências do projeto. Após o termino de seu serviço o ambiente deve ficar limpo e livre de rejeitos.

**QUADRO 11** - Descrição de competência do executor do contrapiso.**RELAÇÕES TRABALHISTAS**

Reporta-se ao mestre de obras.

Supervisiona: seu ajudante.

Trabalha com o ajudante, mestre de obras e operador do elevador.

**QUALIFICAÇÕES**

Saber espalhar, socar, sarrafejar, alisar e nivelar a argamassa.

Requisitos físicos: A: Ter resistência física para trabalhar durante a jornada de trabalho.

B: Acuidade visual para desempenhar funções relacionadas

**RESPONSABILIDADES**

1. Aplicar a argamassa sobre a base de forma que o contrapiso fique nivelado e aderido.
2. Usar os equipamentos de segurança.
3. Não desperdiçar matéria-prima.
4. Executar o contrapiso conforme o projeto.
5. Só iniciar suas atividades se os serviços planejados anteriores estiverem concluídos.

O fluxograma do estado futuro, sem a atividade improdutiva é ilustrado na figura 55 (apêndice H).

#### 4.4.4 DESCRIÇÃO DA EXECUÇÃO DO CONTRAPISO – CANTEIRO DE OBRAS B

Nesta obra foi realizada a intervenção, com a finalidade de otimizar o serviço. Como o principal problema no serviço de contrapiso era a atividade de esperar buscou-se eliminá-la. Para tal, a mistura e o abastecimento de argamassa, em uma betoneira e um

elevador eram prioridade para o atendimento das necessidades do serviço de contrapiso.

A mão de obra deste serviço é própria, remunerada por produção. O oficial trabalha com auxílio de um ajudante, que transporta os carrinhos de argamassa do elevador até os cômodos e limpa-os antes do início do serviço.

O objetivo desta coleta de dados é medir o tempo que o oficial leva para a execução do contrapiso. As medições ocorrem com uma planilha, especialmente formulada para este fim. Na planilha (quadro 16, apêndice A) constam o cômodo, o apartamento medido, um espaço para observações (como as condições do serviço executado anteriormente) e as atividades do serviço. A localização dos cômodos observados é apresentada no apêndice G (figura 47).

O contrapiso foi executado pelo mesmo funcionário do canteiro de obras A. Essa obra possui o fornecimento de argamassa para reboco já comprada misturada, desta forma a betoneira e o elevador são exclusivos para o contrapiso, reduzindo o tempo de espera.

A execução do serviço ocorreu da seguinte forma:

- Uma betoneira e um elevador estavam inteiramente a disposição do empregado, não tendo que esperar pelo fornecimento da argamassa.
- Os cômodos eram entregues sujos e o ajudante tinha que fazer a limpeza.

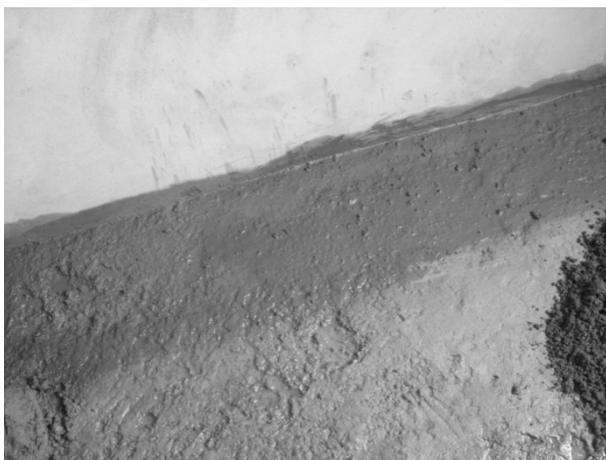
- Nos cantos dos cômodos era polvilhado cimento (figura 22). Algumas vezes o ajudante já molhava e polvilhava o cimento para o oficial.

- Devido às dimensões dos cômodos eram necessários diversos tamanhos de réguas de alumínio, ou seja, várias ferramentas.

- O ajudante era responsável pelo transporte das gericas, despejando a argamassa onde seu parceiro solicitava.

- A sequência de execução era planejada, evitando que se pisasse no contrapiso recém feito.

- A laje possuía diferença de nível, exigindo diferentes espessuras de argamassa, que podia ser observado pela diferença altura das taliscas (figura 23).



**FIGURA 22** – Canto do cômodo polvilhado com cimento.



**FIGURA 23** – Diferença de elevação das taliscas.

- As canalizações necessárias já estavam posicionadas e algumas vezes fixadas (figura 24).



**FIGURA 24** – Canalização posicionada e fixada.

- O oficial tomava cuidado para que as canalizações não quebrassem onde a gêrica passava, colocando uma proteção de madeira (figura 25).

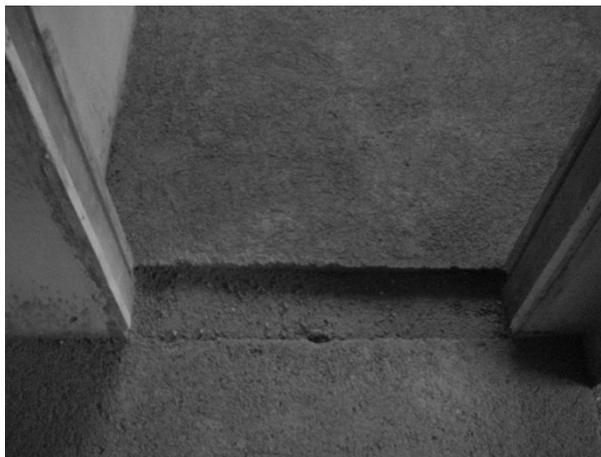


**FIGURA 25** – Proteção de madeira para a canalização.

- Este serviço não gerava uma quantidade de resíduos de materiais significativa após a conclusão de cada cômodo.

- As ferramentas possuíam pequenas dimensões e ficavam dispostas perto do executor.

- Quando o oficial já havia molhado, espalhado, socado, sarrafeado e alisado as partes próximas aos vãos das portas ele fazia a soleira (figura 26).



**FIGURA 26** – Soleira.

- O trabalhador ficava na maior parte do tempo agachado (figura 27).



**FIGURA 27** – Trabalhador realizando o serviço agachado.

- o ajudante quando despejava o conteúdo das gericas já o distribuía pelo cômodo (figura 28).



**FIGURA 28** – Distribuição da argamassa pelo cômodo.

- no começo do dia e após almoço a central de argamassa vai mandando a matéria-prima até que o oficial sinalize para suspender a produção;

-o oficial usava capacete, bota e luvas de borracha.

#### 4.4.5 SÍNTESE DOS RESULTADOS COLETADOS NA EXECUÇÃO DO CONTRAPISO - CANTEIRO DE OBRAS B

O erro da amostra coletada na execução do contrapiso, do canteiro de obras B, é de 7,87%, calculado com a fórmula (1).

No canteiro de obras B foram analisados vinte e um cômodos. Na soma dos tempos por cômodo nenhum valor espúrio foi identificado. O serviço apresenta distribuição normal, com 95% de confiabilidade.

No canteiro de obras B além da busca pela eliminação da atividade esperar do processo foram incorporadas duas novas atividades (soleira e polvilhar). O novo fluxograma desse serviço é mostrado na figura 56 (apêndice H). Os dados coletados são dispostos de acordo com o seqüência de coleta.

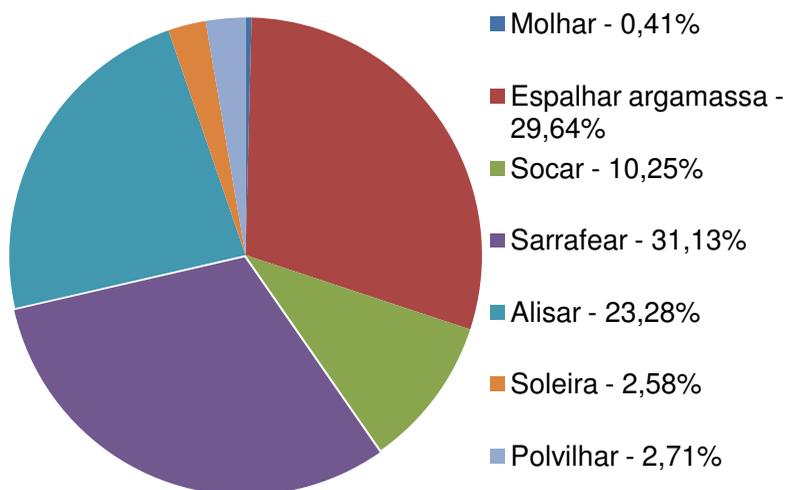
Na tabela 20 são resumidos a área, números de passos e número de passos por metro quadrado. A tabela 30 (apêndice I) mostra a RUP por cômodo e total do serviço.

**TABELA 20** - Dados dos cômodos observados na execução do contrapiso, canteiro de obras B.

		Área (metro quadrado)	Número de passos	Número de passos por metro quadrado
Cômodo	1	21,12	88	4,2
	2	8,57	27	3,2
	3	2,64	13	4,9
	4	3,71	17	4,6
	5	11,86	51	4,3
	6	3,35	23	6,9
	7	8,35	27	3,2
	8	1,96	18	9,2
	9	19,02	64	3,4
	10	8,57	35	4,1
	11	2,64	10	3,8
	12	2,88	18	6,3
	13	7,06	20	2,8
	14	8,90	21	2,4
	15	11,50	40	3,5
	16	2,91	21	7,2
	17	2,83	18	6,4
	18	1,76	21	11,9
	19	3,28	23	7,0
	20	9,06	27	3,0
	21	11,97	47	3,9

#### 4.4.6 COMPARAÇÃO DOS DADOS ANTES E DEPOIS DA INTERVENÇÃO

Com a intervenção, as porcentagens de tempo que cada atividade ocupava mudou, como pode ser visto na figura 29. A atividade improdutiva foi eliminada e a porcentagem de atividades auxiliares que antes era de 4,65% passou a ser 3,12%. Logo a porcentagem que agrega valor ao produto aumentou.



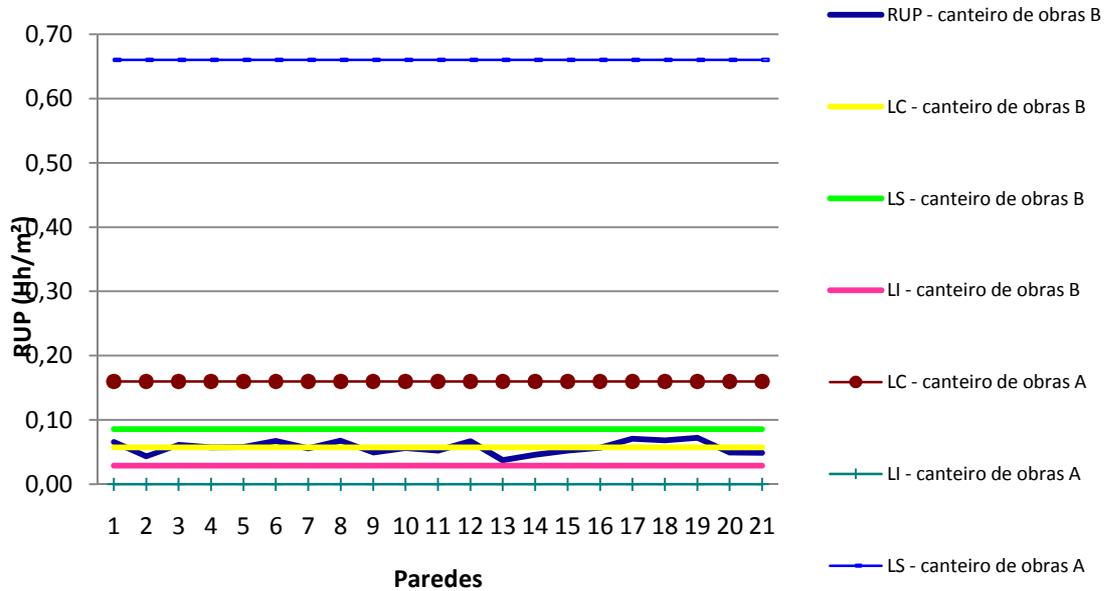
**FIGURA 29** - Porcentagem do tempo gasto em cada atividade na execução do contrapiso, canteiro de obras B.

Os dados para formação do CEP são mostradas na tabela 21.

**TABELA 21** – CEP da execução do contrapiso, canteiro de obras B em homem X hora por metro quadrado.

Parede	RUP	LS	LI	LC
1	0,07			
2	0,04			
3	0,06			
4	0,06			
5	0,06			
6	0,07			
7	0,06			
8	0,07			
9	0,05			
10	0,06			
11	0,05	0,09	0,03	0,06
12	0,07			
13	0,04			
14	0,05			
15	0,05			
16	0,06			
17	0,07			
18	0,07			
19	0,07			
20	0,05			
21	0,05			

Comparando os dados antes e depois da intervenção, notou-se que a média de tempo gasta por metro quadrado diminuiu, como pode ser visto na figura 30. Ainda na mesma figura percebe-se que o processo não está totalmente sob controle, pois a RUP se alterna acima e abaixo da LC sem padrão. Isto pode ser resultado de uma relação entre a produtividade e a área do cômodo trabalhado, questão que pode ser aprofundada em outros trabalhos.



**FIGURA 30** – Distribuição dos dados do CEP do canteiro de obras B e limites inferior, central e superior do canteiro de obras A.

Além da diminuição do tempo de execução a variabilidade do processo também diminuiu como mostra a tabela 22, pois os limites superior e inferior do canteiro de obras B estão mais próximos.

**TABELA 22** – Média e desvio padrão da produtividades antes e depois da intervenção.

	Canteiro de obras A	Canteiro de obras B
Média	0,07	0,06
Desvio padrão	0,04	0,01

Quando se faz o teste de hipótese para as duas amostras, pode-se afirmar, com 95% de confiabilidade, que a intervenção realizada no serviço serviu para melhorar a produtividade da mão de obra e aumentar o controle sobre o processo, reduzindo o desperdício de tempo da mão de obra. Isso quer dizer que a aplicação dos princípios da *lean construction* nos serviços é válido para reduzir o desperdício de tempo.

Mesmo que a intervenção tenha propiciado melhorias na execução do serviço, ainda existem possibilidades de melhoria. Algumas das melhorias podiam ser:

- maior rigor no nivelamento da laje, evitando que o contrapiso tenha grande variação de espessura;
- fazer as divisórias dos apartamentos com tecnologia, como gesso acartonado, diminuindo a necessidade de ferramentas de diversos tamanhos;

- desenvolver ferramentas mais ergonômicas, tornando o serviço mais fácil de ser executado;
- o ajudante deve realizar as atividades de molhar, polvilhar e espalhar, já que elas não exigem qualificação.

#### **4.5 Análise dos resultados**

Apesar da construtora já possuir um certo grau de organização, muito ainda pode ser feito para diminuir o tempo de execução dos serviços e buscar maneiras mais ágeis de executar os dos trabalhadores. Ela se mostrou engajada na aplicação de novas técnicas para melhorar seu desempenho, apesar de ser uma empresa de base familiar. Isso incentiva pesquisadores a buscarem soluções para os problemas da construção civil.

As atitudes observadas na mão de obra, embora desconfiada, mostraram o empenho na participação e colaboração para o desenvolvimento do projeto. Notou-se fortes indicativos da viabilidade da implantação a partir percepção da relevância do estudo para facilitar as condições de trabalho.

A falha de dimensionamento de homem-máquina, percebida na fase de coleta de dados, é uma fonte de atividades improdutivas que facilmente pode ser eliminada.

As ferramentas de gestão de processos escolhidas para a intervenção são apenas uma possibilidade, outras podem ser usadas,

uma nova combinação de ferramentas pode ser feita de acordo com os objetivos pretendidos pela empresa.

Quando se conhece a fundo todas as processo de produção é mais fácil visualizar as perdas e convencer partes resistentes de que há espaço para a busca contínua de melhorias.

Essa proposta de intervenção é o início do processo de melhoria. A construtora deve estar sempre em busca de novas maneiras de tentar reduzir o desperdício de tempo e maximização da geração de valor.

A escolha da abordagem *lean construction* atrelada com a visão inicial de Koskela (1992) serviu para testar a viabilidade do cumprimento de todos os princípios no crescimento da produtividade da mão de obra.

A intervenção no serviço de contrapiso mostrou que é possível reduzir o desperdício de tempo da mão de obra.

## 5. CONCLUSÃO

---

No decorrer da pesquisa bibliográfica não foram encontrados trabalhos que abordem a temática *lean construction* no dia a dia da mão de obra, tornando o tema merecedor de maior aprofundamento e propiciando uma visão prática da teoria. Tanto para o meio acadêmico quanto para as empresas de desenvolvimento público e privado há necessidade de que se explicitem mais as informações de produtividade, como foram adquiridos, o que consideram, materiais utilizados, número de passos em um serviço, uma vez que as existentes são generalizadas.

Optou-se pela utilização da forma original da teoria *lean construction* que é resumida em onze princípios para analisar se eles a resumem bem. No decorrer do trabalho concluiu-se que ela pode ser otimizada com a adoção de formas mais sintéticas, como citado no capítulo dois por Koskela (2000) e Heineck *et al.* (2005 *apud* HEINECK *et al.*, 2009b). Salienta-se que apesar de existirem abordagens mais resumidas, com a escolhida foi possível melhorar a eficiência do processo.

A utilização da teoria *lean construction* mostra que as técnicas tradicionais podem ser aprimoradas melhorando a produtividade, otimizando o consumo de materiais e conseqüentemente diminuindo os custos da construção.

Essa pesquisa buscou atender os preceitos da teoria *lean construction* de forma a buscar reduzir os desperdício através da sugestão e/ou implantação da otimização dos serviços, atender as necessidades dos clientes (nesse caso, os oficiais) e propor novas formas para melhoria, ou seja, busca ininterrupta pela perfeição.

Na literatura foram identificadas diversas ferramentas que podem auxiliar na prática *lean construction*. Elas demandam os mais variados custos e esforços. As escolhidas para aprofundamento nesse trabalho eram medidas simples que não necessitavam muito investimento financeiro por parte da construtora. A simplicidade da aplicação e baixo custo de implantação foram fatores decisivos na aceitação da aplicação do estudo.

A aplicação das ferramentas para a melhoria do serviço, além das vantagens descritas anteriormente, também serviu para a obtenção de índices de produtividade que facilitaram no planejamento e execução de obras futuras. Logo, a coleta dos dados promoveu um aumento da transparência nos serviços.

Algumas sugestões indicadas para a melhoria do processo nem sempre são as mais eficientes do ponto de vista da teoria *lean construction*, mas elas são meios para a busca da redução do desperdício. As intervenções indicadas levam em conta modificações apenas nos serviços observados, para obtenção de um grau de melhoria maior seria necessário que os serviços anteriores fossem entregues em níveis mais rigorosos de perfeição.

A execução dos serviços não possui padronização (sequenciamento), acarretando na variabilidade, que acabava atrasando a finalização do serviço. Esse problema ficou evidente quando os dados da RUP foram plotados no gráfico do CEP, pois não havia um padrão de produtividade, e a diferença de passos por metro quadrado entre os cômodos/paredes de cada serviço.

A criação da atividade inspeção, ao final dos serviços, apesar ser caracterizada como improdutiva mostra-se necessária nessa fase de desenvolvimento da empresa, de forma a garantir que clientes recebam seu ambiente de trabalho em condições ideais.

Um problema presente em todos os serviços observados foi a atividade esperar. Outras dificuldades eram as condições que o fornecedor entregava o cômodo/parede para o serviço e nem sempre os funcionários usavam as ferramentas adequadas, prejudicando a produtividade.

Quando o oficial executa atividades que poderiam ser realizadas por auxiliares há um desperdício, pois para a empresa o primeiro exige um custo maior. Por tanto serviços como limpeza devem ser feitos por auxiliares. Para a mão de obra a eliminação de algumas atividades representa a simplificação das operações, diminuição do tempo de ciclo e variabilidade.

O fato do oficial ficar esperando a matéria-prima para execução do serviço é mais desperdício do que a realização de previsão de demandas de materiais e ambientes. A partir do

momento em que a construção atingir um estado ideal a produção e entrega de matéria-prima será ágil, transformando-a em uma produção contrapedido sem a necessidade de planejamento de demandas.

Um fato importante para se obter a colaboração da mão de obra, durante a intervenção, era o fato dela ser própria e remunerada por produção. Se a mão de obra fosse paga por serviço e/ou terceirizada poderia se ter uma certa resistência quanto a qualquer tipo de investimento para organização de seu serviço e treinamento.

As variáveis controláveis modificadas na execução do serviço de contrapiso foram a forma como o serviço era executado, ou seja, retirada das atividades que não agregavam valor ao produto final, para verificar a obtenção de redução de desperdício. Com a mão de obra remunerada por produção, quando se diminui o tempo de execução, reduz-se o desperdício de tempo, quando uma atividade é repassada para alguém com menor nível de especialização se obtém uma redução do desperdício de custo, já quando se tem o controle sobre a forma de execução do processo tem-se a redução do desperdício de materiais.

É importante as construtoras ter consciência da necessidade de controlar a execução dos serviços, uma vez que um serviço mal feito prejudica os subsequentes com efeito cumulativo. A produtividade é um indicador dependente das condições em que o cliente (executor do serviço) recebe o ambiente de trabalho, matéria-prima,

ferramentas, mão de obra auxiliar, comunicação, segurança e motivação decorrente de sua satisfação com as condições de trabalho (remuneração, ambiente agradável e salutar de trabalho, bom relacionamento com os colegas e superiores, perspectiva de ascensão profissional, dentre outros).

Para atingir os objetivos propostos pelo pesquisador, além da implantação ocorrer com a mão de obra, a empresa tem que estar disposta e acreditar que efetuar mudanças no seu jeito de trabalhar servirá para aprimorar seu desempenho.

A mão de obra parecia apática e conformada com a existência de problemas, já que não é treinada, incentivada e focada na procura ininterrupta de soluções. Implementar tal prática tal prática seria importante para a obtenção de melhores resultados em termos de qualidade e produtividade.

Com a aplicação pontual da teoria *lean construction*, atrelada à análise do processo de transformação baseada no que é valor para o cliente interno, apresentou-se estatisticamente, com 95% de confiança, eficaz para a redução do desperdício de tempo e agregação de valor ao serviço, ou seja, é possível reduzir o desperdício de tempo com ferramentas sob a ótica *lean construction*.

Utilizar esse estudo é um instrumento que possibilita às construtoras a visualização clara das etapas de desenvolvimento de seu produto, fornecendo subsídios para correção e aprimoramento

das técnicas empregadas, uma vez que conhecer profundamente todas as etapas de seus processos é o caminho para a competência.

Começar com intervenções pontuais de tamanho reduzido pode contribuir para a empresa como um todo, pois a visualização de resultados gera a motivação para difundir os preceitos da teoria para toda a empresa. Logo, ela pode se tornar mais organizada, produtiva, lucrativa, ambientalmente correta e eficiente.

Durante o estudo foram surgindo questionamentos que merecem um aprimoramento, entre eles, como motivar o fornecedor (executor da atividade anterior) a entregar seu produto com a qualidade ideal para o cliente (executor da atividade seguinte) e melhorar a comunicação interna de forma prática, levando em consideração o nível de instrução e aptidão física da mão de obra envolvida.

## **5.1 Sugestões para trabalhos futuros**

- Estudar a relação entre produtividade e a área do cômodo/parede de trabalho.

- Desenvolver o mesmo estudo para os demais serviços.

- Testar a aplicação de outras ferramentas para a redução do desperdício de tempo.

- Adequar as ferramentas às várias abordagens dos princípios que resumem a teoria.

- Criar um método para a implantação da teoria *lean construction* em processos.
- Elaborar outras formas de utilizar a teoria em questão junto à mão de obra.
- Pesquisar a viabilidade e/ou interesse da implantação do plano em outras obras ou construtoras.
- Fazer um estudo similar voltado à redução do desperdício de materiais.
- Estudar maneiras de motivar a mão de obra a entregar o serviço em estado ideal, com mínimo desperdício.
- Procurar formas eficientes e abrangentes de melhorar a comunicação em obra.

## REFERÊNCIAS

---

AAKER, D. A. **Administração estratégica do mercado**. 7. ed. Porto Alegre: Artmed, 2005.

ABDELHAMID, T. S. et al. **Working through unforeseen uncertainties using the ooda loop: an approach for self-managed construction teams**. In: 17th International Group for Lean Construction, IGLC, Taipei, p.573-582, 13-19 July 2009. Disponível em: < <http://www.iglc.net/conferences/2009/Papers/>>. Acesso em: 01 abr. 2010.

AGOPYAN, V. et al. **Alternativas para a redução do desperdício de materiais nos canteiros de obras**. Relatório de pesquisa, v. 2, EPUSP/FINEP/ITQC. São Paulo, 1998.

ALVES, T. C. L.; MILBERG, C.; WALSH, K. D. **Exploring lean construction practice, research, and education**. In: 18th International Group for Lean Construction, Haifa, 14-16 July 2010. p. 386-395. Disponível em: <http://www.iglc.net/conferences/IGLC%2018/Conference%20Papers/>>. Acesso em: 19 ago. 2010.

ALSEHAIMI, A.; TZORTZOPOULOS, P.; KOSKELA, L. **Last planner system: experiences from pilot implementation in the middle east**. In: 17th International Group for Lean Construction, Taipei, 13-19 July 2009. p. 53-66. Disponível em: <

<http://www.iglc.net/conferences/2009/Papers/>>. Acesso em: 01 abr. 2010.

AVILA, A. V.; JUNGLES, A. E. **Gerenciamento na construção civil**. Chapecó: Argos, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7200 - Execução de revestimento de paredes e tetos de argamassas orgânicas - Procedimento**. Rio de Janeiro, ago. 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13753 - Revestimento de piso interno ou externo com placas cerâmicas e com utilização de argamassa colante - Procedimento**. Rio de Janeiro, dez. 1996.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13754 - Revestimento de paredes internas com placas cerâmicas e com utilização de argamassa colante - Procedimento**. Rio de Janeiro, dez 1996.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13749 - Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas - Especificação**. Rio de Janeiro, dez. 1996.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9817 – Execução de piso com revestimento cerâmico**. Rio de Janeiro, mai. 1987.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8214 - Assentamento de azulejos**. Rio de Janeiro, out. 1983.

AZEVEDO, M. J.; NUNES, F. R. M.; NETO, J. de P. B. **Analysis of strategic aspects in lean construction implementation**. In: 18th International Group for Lean Construction, Haifa, 14-16 July 2010. p. 386-395. Disponível em: <http://www.iglc.net/conferences/IGLC%2018/Conference%20Papers/>>. Acesso em: 19 ago. 2010.

BARROS, M. M. S. B. de; SABBATINI, F. H. **Tecnologia de produção de contrapisos para edifícios habitacionais e comerciais**. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP. São Paulo: Departamento de Engenharia de Construção Civil, 1991.

CALLEGARI, S. **Análise da compatibilização de projetos em três edifícios residenciais multifamiliares**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

CERVO, A. L.; BERVIAN, P. A.; SILVA, R. da. **Metodologia Científica**. 6. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007.

CHIN, C.-S. **Queueing theory and process flow performance**. In: 17th International Group for Lean Construction, Taipei, 13-19 July 2009. p. 247-256. Disponível em: <<http://www.iglc.net/conferences/2009/Papers/>>. Acesso em: 01 abr. 2010.

CHRISTENSEN, R. M.; CHRISTENSEN, T. N. **Lean construction facilitates learning on all organisational levels?** In: 18th International Group for Lean Construction, Haifa, 14-16 July 2010. p. 386-395. Disponível em: <http://www.iglc.net/conferences/IGLC%2018/Conference%20Papers/>>. Acesso em: 19 ago. 2010.

CICHINELLI, G. **Contrapiso - Todas as dicas para executar uma boa base de regularização**. Equipe de obra, 1. ed., São Paulo: PINI, abril 2005. Disponível em: <<http://www.equipededeobra.com.br/construcao-reforma/1/artigo27363-1.asp>>. Acesso em: 02 mar. 2010.

COSTA, A. C. F. **Diretrizes para o desenvolvimento da comunicação no gerenciamento de projetos enxutos da construção: uma perspectiva da linguagem ação**. Dissertação (mestrado em Engenharia Civil) - Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

COSTA, A. C. F. et al. **Gestão dos fluxos físicos nos processos construtivos de canteiros de obras - edificações**. In: IV Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção e I Encontro Latino-americano de Gestión y Economía de la Construcción, Porto Alegre, 2005. Disponível em: <[www.infohab.org.br](http://www.infohab.org.br)>. Acesso em: 10 jun. 2010.

COSTA, D. B.; FORMOSO, C. T.; LANTELME, E. M. V. **Critérios para desenvolvimento de sistemas de indicadores vinculados aos objetivos estratégicos de empresas da construção civil**. In: XXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 23-25 out., Curitiba, 2002.

COSTA, M. A. F. da; COSTA, M. de F. B. da. **Metodologia Científica: conceitos e técnicas**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2009.

CRESWELL, J. W. **Projeto de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto**. 2. Ed. Porto Alegre: Artmed, 2007.

CSILLAG, J. M. **Análise do valor: metodologia do valor**. 4. ed. São Paulo: Atlas S.A., 1995.

DAVE, B. et al. **A critical look at integrating people, process and information systems within the construction sector**. In: 16th International Group of Lean Construction, Manchester, 16-18 July

2008. p.795-808. Disponível em: <  
[http://www.iglc.net/conferences/2008\\_Manchester/ConferencePapers/](http://www.iglc.net/conferences/2008_Manchester/ConferencePapers/)>. Acesso em: 19 out. 2009.

DAVIS, M. M.; AQUILANO, N. J.; CHASE, R. B. **Fundamentos da administração da produção**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

ELLISON, S. L. R.; BARWICK, V. J.; FARRANT, T. J. D. **Practical statistics for the analytical scientist**. 2. ed. Cambridge: RSC, 2009.

FACHIN, O. **Fundamentos de metodololgia**. 5. ed. São Paulo: Saraiva, 2006.

FITZSIMMONS, J. A.; FITZSIMMONS, M. J. **Administração de serviços: operações, estratégia e tecnologia da informação**. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

FORMOSO, C. T. et al. **As perdas na construção civil: conceitos, classificações e seu papel na melhoria do setor**. Egatea: Revista da Escola de Engenharia, v.25, n. 3, Porto Alegre, p. 45-53, 1997. Disponível em:  
<[http://www.infohab.org.br/biblioteca\\_resultado.aspx](http://www.infohab.org.br/biblioteca_resultado.aspx)>. Acesso em: 27 abr. 2009.

FRANCELINO, T. R. *et al.* **Inovações tecnológicas e gerenciais em uma empresa construtora de pequeno porte sem a utilização de tecnologias caras.** In: XI Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Contruido, Florianópolis, 2006. Disponível em: <[http://www.infohab.org.br/biblioteca\\_resultado.aspx](http://www.infohab.org.br/biblioteca_resultado.aspx)>. Acesso em: 10 jun. 2010.

FREITAS, M. do C. D.; POZZOBON, C. E.; HEINECK, L. F. M. **Diagnóstico de mudanças voltadas à qualidade e produtividade dos canteiros de obra brasileiros.** In: 1º Simpósio Brasileiro de Gestão da Qualidade e Organização do Trabalho, Recife, 1999. Disponível em: <[http://www.infohab.org.br/biblioteca\\_resultado.aspx](http://www.infohab.org.br/biblioteca_resultado.aspx)>. Acesso em: 10 jun. 2010.

GARRIDO, J-. S.; PASQUIRE, C.; THORPE, T. **Value in construction from a lean thinking perspective: current state and future development.** In: International Group for Lean Construction, Taipei, 13-19 July 2009. p. 281-294. Disponível em: <<http://www.iglc.net/conferences/2009/Papers/>>. Acesso em: 01 abr. 2010.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GODOY, A. S. et al. **Gestão do fator humano: uma visão baseada em stakeholders**. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2008.

GONZALEZ, E. F. **Análise da implantação da programação de obra e do 5S em um empreendimento habitacional**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

GONZALEZ, E. F. **Aplicando 5S na construção civil**. 2. ed. Florianópolis: UFSC, 2009.

HEINECK, L. F. M. et al. **Aplicação dos conceitos lean construction na construção civil**. 1. ed. Fortaleza: Expressão Gráfica, v. 2, 2009a.

HEINECK, L. F. M. et al. **Introdução aos conceitos Lean: visão geral do assunto**. Fortaleza: Expressão Gráfica, v.1, 2009b.

HEINECK, L. F. M.; MACHADO, R. L. **A geração de cartões de produção na programação enxuta de curto prazo em obra**. In: 2º Simpósio Brasileiro de Gestão da Qualidade e Organização do Trabalho no Ambiente Construído, Fortaleza, 2001. Disponível em: < [http://www.infohab.org.br/biblioteca\\_resultado.aspx](http://www.infohab.org.br/biblioteca_resultado.aspx)>. Acesso em: 10 jun. 2010.

HELMAN, H.; ANDREY, P. R. P. **Análise de falhas: (Aplicação dos métodos FMEA e FTA)**. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, v. 11, 1995.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa Anual da Indústria da Construção**. 2009. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/industria/paic/2008/defaulttabpdf.shtm>>. Acesso em: 01 jun. 2010.

ISATTO, E. L.; et al. **Lean construction: diretrizes e ferramentas para o controle de perdas na construção civil**. Porto Alegre: SEBRAE/RS, 2000.

JURAN, J. M. **A qualidade desde o projeto: novos passos para o planejamento da qualidade em produtos e serviços**. São Paulo: Pioneira, 1992.

KALSAAS, B. T.; SKAAR, J.; THORSTENSEN, R. T. **Implementation of last planner in a medium-sized construction site**. In: 17th International Group for Lean Construction, Taipei, 13-19 July 2009. p.15-30. Disponível em: <<http://www.iglc.net/conferences/2009/Papers/>>. Acesso em: 01 abr. 2010.

KOSKELA, L. **Application of the New Production Philosophy to Construction**. Technical Report #72. Department of Civil

Engineering, Stanford University, California, 1992. Disponível em: <<http://laurikoskela.com/papers.asp>>. Acesso em: 17 jun. 2009.

KOSKELA, L. **An exploration towards a production theory and its application to construction**. Thesys (Doctor of Technology) - Helsinki University of Technology, Espoo, Finland, 2000. Disponível em: <<http://laurikoskela.com/papers.asp>>. Acesso em: 17 jun. 2009.

KOSKELA, L. **Making-do – The eighth category of waste**. In: 12th Annual Conference of the International Group of Lean Construction, IGLC, Denmark, 3-5 August 2004. p.1-10. Disponível em: <<http://www.iglc.net/conferences/2004/ConferencePapers/>>. Acesso em: 16 nov. 2010.

KRAJEWSKI, L. J.; RITZMAN, L. P.; MALHOTRA, M. K. **Administração da produção e operações**. Tradução Mirian Santos Ribeiro de Oliveira. 8. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009.

KRÜGER, J. A.; HEINECK, L. F. M. **A elaboração de manuais de procedimentos padronizados para a melhoria da qualidade e produtividade - ação de uma empresa de construção civil num ambiente de competitividade e globalização**. In: I Simpósio Brasileiro de Gestão da Qualidade e Organização do Trabalho,

Recife, 1999. Disponível em: <[www.infohab.org.br](http://www.infohab.org.br)>. Acesso em: 14 jun. 2010.

LEONG, M. S.; TILLEY, P. **A lean strategy to performance measurement – reducing waste by measuring ‘next’ customer needs**. In: 16th Annual Conference of the International Group of Lean Construction, IGLC, Manchester, 16-18 July 2008. p.757-768. Disponível em: <[http://www.iglc.net/conferences/2008\\_Manchester/ConferencePapers/](http://www.iglc.net/conferences/2008_Manchester/ConferencePapers/)>. Acesso em: 19 out. 2009.

LIBRELOTTO, L. I. **Modelo para avaliação da sustentabilidade na construção civil nas dimensões econômica, social e ambiental (ESA): aplicação no setor de edificações**. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

LIBRELOTTO, L. I. et al. **Análise do emprego dos tempos de mão de obra utilizando a técnica de amostragem do trabalho**. In: VIII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído - III ENTAC, Salvador, 2000. Disponível em: <[www.infohab.org.br](http://www.infohab.org.br)>. Acesso em: 13 abr. 2010

LILLIEFORS, H. W. **On the Kolmogorov-Smirnov test for normality with mean and variance unknown**. In: Journal of the

American Statistical Association, vol. 62, nº 318, 1967. Disponível em: <[http://gis.uml.edu/abrown2/ca/cswa\\_hydro/ref/2283970.pdf](http://gis.uml.edu/abrown2/ca/cswa_hydro/ref/2283970.pdf)>. Acesso em: 24 nov. 2010.

LIMA, G. J. F. de; PAULINO, A. A. D.; OLIVEIRA, M. L. L. de. **O desperdício na construção civil do Rio Grande do Norte: um estudo de caso em revestimento cerâmico**. In: III Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção, São Carlos, 2003. Disponível em: <[www.infohab.org.br](http://www.infohab.org.br)>. Acesso em: 07 jan. 2010.

LIMA, A. da C.; UGULINO, J. M. **Implementação do conceito de célula móvel de produção no ambiente da construção civil**. In: VI Simpósio Brasileiro de Gestão da Economia da Construção, João Pessoa, 21-23 out., 2009

LIU, M.; BALLARD, G. **Factors affecting work flow reliability – A case study**. In: 17th International Group for Lean Construction, Taipei, 13-19 July 2009. p.177-186. Disponível em: <<http://www.iglc.net/conferences/2009/Papers/>>. Acesso em: 01 abr. 2010.

LORENZON, I. A.; MARTINS, R. A. **Discussão sobre a medição de desempenho na lean construction**. In: XIII Simpósio de Engenharia de Produção, Bauru, 6-8 fev. 2006.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. **Programa Brasileiro da Qualidade e produtividade do Habitat**. 2010. Disponível em: <<http://www.pbqp-h.com.br/>>. Acesso em: 23 junho 2010.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. **NR 18 – Condições e meio ambiente de trabalho na indústria da construção**. Disponível em: <[http://www.mte.gov.br/legislacao/normas\\_regulamentadoras/nr\\_18.asp](http://www.mte.gov.br/legislacao/normas_regulamentadoras/nr_18.asp)>. Acesso em: 22 jun. 2010.

MONTGOMERY, D. C.; RUNGER G. C. **Estatística aplicada e probabilidade para engenheiros**. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

MOREIRA, D. A. **Administração da produção e operações**. 2. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2008.

MULLINS, L. J. **Gestão da hospitalidade e comportamento: organizacional**. 4. ed. Porto alegre: Bookman, 2004.

MURY, L. G. M. **Uma metodologia para adaptação e melhoria de produtos a partir da engenharia reversa**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.

NOVAIS, S. G. **Análise da influência dos sistemas da qualidade na competitividade de empresas de construção civil**. Tese

(Doutorado em Engenharia Civil) – Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

OLIVEIRA, M. C. G. de; HEINECK, L. F. M. **Caracterização da satisfação do usuário: proposições conceituais e metodológicas para o marketing imobiliário.** In: I Simpósio Brasileiro de Gestão da Qualidade e Organização do Trabalho, Pernambuco, 1999. v.1 p. 110-119. Disponível em:<[http://www.infohab.org.br/biblioteca\\_resultado.aspx](http://www.infohab.org.br/biblioteca_resultado.aspx)>. Acesso em: 15 abr 2010.

OLIVEIRA, M. C. G. de; BRANDLI, L. L.; HEINECK, L. F. M. **Caracterização do campo organizacional do subsetor de edificações: uma abordagem às estratégias de produção e marketing.** In: I Simpósio Brasileiro de Gestão da Qualidade e Organização do Trabalho, Recife, 1999. Disponível em:<[http://www.infohab.org.br/biblioteca\\_resultado.aspx](http://www.infohab.org.br/biblioteca_resultado.aspx)>. Acesso em: 15 abr 2010.

PADILHA, Ê. **Marketing para a engenharia, Arquitetura e Agronomia.** 3. ed. Brasília: CONFEA, 2001.

PÁDUA, E. M. M. de. **Métodologia da pesquisa: abordagem teórico-prática.** 10. ed. Campinas: Papyrus, 2004.

POZZOBON, C. E.; HEINECK, L. F. M.; FREITAS, M. D. C. D. **Atualizando o levantamento de inovações tecnológicas simples em obra.** In: I Conferência Latino-Americana de Construção Sustentável e X Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, São Paulo, jul. 2004. Disponível em: <[www.infohab.org.br](http://www.infohab.org.br)>. Acesso em: 10 jun. 2010.

POZZOBON, C. E.; MODLER, L. E. A.; KURZAWA, D. R. **A importância da gestão da produtividade da mão de obra para sistemas construtivos em implantação: estudo de caso em Ijuí/RS.** In: V Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção, Campinas, out. 2007. Disponível em: <[www.infohab.org.br](http://www.infohab.org.br)>. Acesso em: 10 jun. 2010.

SACKS, R. et al. **Analysis framework for the interaction between lean construction and building information modelling.** In: 17th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, Taipei, 13-19 July 2009. p. 221-234. Disponível em: <<http://www.iglc.net/conferences/2009/Papers/>>. Acesso em: 01 abr. 2010.

SANTOS, A. et al. **Método de intervenção para a redução de perdas na construção civil.** Porto Alegre: SEBRAE/RS, 2000.

SANTOS, D. de G. **Modelo de gestão de processos na construção civil para identificação de atividades facilitadoras.** Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

SANTOS, D. de G.; HEINECK, L. F. M. **Atividades de produção que permitem a continuidade dos serviços de produção durante o processo construtivo de edificações: caracterização.** I Conferência Latino-Americana de Construção Sustentável, X Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, São Paulo, 2004. Disponível em: <[www.infohab.org.br](http://www.infohab.org.br)>. Acesso em: 26 mai 2010.

SANTOS, D. de G.; HEINECK, L. F. M. **Metodologia para identificação ou incorporação de atividades facilitadoras para continuidade dos processos de produção, utilizando-se de ferramentas gerenciais visuais: estudo de caso na construção civil.** In: XXIV Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 3-5 nov., 2004.

SANTOS, D. de G.; NETO, J. C. de O.; SANTOS, C. F. dos. **Gerenciamento da construção civil: otimização de recursos humanos em obra industrializada.** In: XII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 7-10 out., Fortaleza, 2008.

SANTOS, D. de G.; SAFFARO, F. A.; BRESSIANI, L.; HEINECK, L.F. M. **Índices de produtividade: determinação de intervalos a partir de dados disponíveis na literatura.** In: III Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção, 16-19 set., São Carlos, 2003.

SAURIN, T. A.; FORMOSO, C. T. **Planejamento de canteiros de obra e gestão de processos.** Recomendações Técnicas HABITARE. In: Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, v.3, Porto Alegre, 2006.

SCHIMIDT, P.; SANTOS, J. L. dos; MARTINS, M. A. **Avaliação de empresas: foco na análise de desempenho para o usuário interno.** São Paulo: Atlas, 2006.

SCOARIZE, R.; TUBINO, D. F. **A necessidade da polivalência da mão de obra.** In: XXI Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Salvador, 2001. Disponível em: <[http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGERP2001\\_TR15\\_0346.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGERP2001_TR15_0346.pdf)>. Acesso em: 1 jul. 2010.

SHINGO, S. **O Sistema Toyota de Produção: do ponto de vista da engenharia de produção.** Tradução Eduardo Schaen. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 1996.

SILVA, A. S. F. da. **Uma metodologia para uso da polivalência no nivelamento da produção à demanda em sistemas de produção sob encomenda**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Caratina, Florianópolis, 2002.

SILVA, L. L. R.; SOUZA, U. E. L. de. **Métodos de intervenção para a melhoria da eficiência na execução de revestimentos de argamassa de fachada**. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, São Paulo: Departamento de Engenharia de Construção Civil, 2003.

SILVEIRA, R. F.; HEINECK, L. F. M.; ALVES, T. da C. L. **A perspectiva estratégica do projeto de produção para obras de construção civil**. In: XII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 7-10 out., Fortaleza, 2008.

SINAPI. **Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil**. 2010. Disponível em: <<https://www.sipci.caixa.gov.br/SIPCI/servlet/TopController?processo=insumos&acao=LoginInternetPublicoI&login=S&pageNumber=1&numeroNIS=000000000000>>. Acesso em: 10 dezembro 2010.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da produção**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

SOUZA, U. E. L. de. **Como reduzir perdas nos canteiros: manual de gestão do consumo de materiais na construção civil.** São Paulo: Pini, 2005.

SOUZA, U. E. L. de. **Como aumentar a eficiência da mão de obra: manual de gestão da produtividade na construção civil.** São Paulo: Pini, 2006.

TAVARES, C. B. P. et al. **A constituição de células de trabalho na programação de obras em edifícios.** In: I Conferencia Latino-Americana de Construção sustentável, X Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, São Paulo, 2004. Disponível em: <[www.infohab.org.br](http://www.infohab.org.br)>. Acesso em: 10 jun. 2010.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE LONDRINA. **Descrição de atividades.** Disponível em: <[http://www.uel.br/prorh/carreira/classe\\_1/engenheiro\\_civil.pdf](http://www.uel.br/prorh/carreira/classe_1/engenheiro_civil.pdf)>. Acesso em: 23 nov. 2010.

VOLLMANN, T. E. et al. **Sistema de planejamento e controle da produção: para o gerenciamento da cadeia de suprimentos.** 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2005.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **A mentalidade enxuta nas empresas: elimine o desperdício e crie riqueza.** Rio de Janeiro: Campus, 1998.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

## **ANEXO A**

---

**QUADRO 12** - Tabela de valores extremos. Fonte: adaptado de Ellison, Barwick e Farrant (2009).

Tamanho da amostra n	5% significância
3	1,155
4	1,481
5	1,715
6	1,887
7	2,02
8	2,126
9	2,215
10	2,29
11	2,355
12	2,412
13	2,462
14	2,507
15	2,549
16	2,585
17	2,62
18	2,651
19	2,681
20	2,709

**QUADRO 13** – Distribuição cumulativa da normal padrão. Fonte: Montgomery e Runger (2009).

<b>z</b>	<b>0</b>	<b>0,01</b>	<b>0,02</b>	<b>0,03</b>	<b>0,04</b>	<b>0,05</b>	<b>0,06</b>	<b>0,07</b>	<b>0,08</b>	<b>0,09</b>
<b>0</b>	0,500000	0,503989	0,507978	0,511967	0,515953	0,519939	0,523922	0,527903	0,531881	0,535856
<b>0,1</b>	0,539828	0,543795	0,547758	0,551717	0,555760	0,559618	0,563559	0,567495	0,571424	0,575345
<b>0,2</b>	0,579260	0,583166	0,587064	0,590954	0,594835	0,598706	0,602568	0,606420	0,610261	0,614092
<b>0,3</b>	0,617911	0,621719	0,625516	0,629300	0,633072	0,636831	0,640576	0,644309	0,648027	0,651732
<b>0,4</b>	0,655422	0,659097	0,662757	0,666402	0,670031	0,673645	0,677242	0,680822	0,684486	0,687933
<b>0,5</b>	0,691462	0,694974	0,698468	0,701944	0,705401	0,708840	0,712260	0,715661	0,719043	0,722405
<b>0,6</b>	0,725747	0,729069	0,732371	0,735653	0,738914	0,742154	0,745373	0,748571	0,751748	0,754903
<b>0,7</b>	0,758036	0,761148	0,764238	0,767305	0,770350	0,773373	0,776373	0,779350	0,782305	0,785236
<b>0,8</b>	0,788145	0,791030	0,793892	0,796731	0,799546	0,802338	0,805106	0,807850	0,810570	0,813267
<b>0,9</b>	0,815940	0,818589	0,821214	0,823815	0,826391	0,828944	0,831472	0,833977	0,836457	0,838913
<b>1</b>	0,841345	0,843752	0,846136	0,848495	0,850830	0,853141	0,855428	0,857690	0,859929	0,862143
<b>1,1</b>	0,864334	0,866500	0,868643	0,870762	0,872857	0,874928	0,876976	0,878999	0,881000	0,882977
<b>1,2</b>	0,884930	0,886860	0,888767	0,890651	0,892512	0,894350	0,896165	0,897958	0,899727	0,901475
<b>1,3</b>	0,903199	0,904902	0,906582	0,908241	0,909877	0,911492	0,913085	0,914657	0,916207	0,917736
<b>1,4</b>	0,919243	0,920730	0,922196	0,923641	0,925066	0,926471	0,927855	0,929219	0,930563	0,931888
<b>1,5</b>	0,933193	0,934478	0,935744	0,936992	0,938220	0,939429	0,940620	0,941792	0,942947	0,944083
<b>1,6</b>	0,945201	0,946301	0,947484	0,948449	0,949497	0,950529	0,951543	0,952540	0,953521	0,954486
<b>1,7</b>	0,955435	0,956367	0,957284	0,958185	0,959071	0,959941	0,960796	0,961636	0,962462	0,963273
<b>1,8</b>	0,964070	0,964852	0,965621	0,966375	0,967116	0,967843	0,968557	0,969258	0,969946	0,970621
<b>1,9</b>	0,971283	0,971933	0,972571	0,973197	0,973810	0,974412	0,975002	0,975581	0,976148	0,976705
<b>2</b>	0,977250	0,977784	0,978308	0,978822	0,979325	0,979818	0,980301	0,980774	0,981237	0,981691

**QUADRO 14-** Distribuição cumulativa da normal padrão (continuação). Fonte: Montgomery e Runger (2009).

<b>x</b>	<b>0</b>	<b>0,01</b>	<b>0,02</b>	<b>0,03</b>	<b>0,04</b>	<b>0,05</b>	<b>0,06</b>	<b>0,07</b>	<b>0,08</b>	<b>0,09</b>
<b>2,1</b>	0,982136	0,982571	0,982997	0,983414	0,983823	0,984222	0,984614	0,984997	0,985371	0,985738
<b>2,2</b>	0,986097	0,986447	0,986791	0,987126	0,987455	0,987776	0,988089	0,988396	0,988696	0,988989
<b>2,3</b>	0,989276	0,989556	0,989830	0,990097	0,990358	0,990613	0,990863	0,991106	0,991344	0,991576
<b>2,4</b>	0,991802	0,992024	0,992240	0,992451	0,992656	0,992857	0,993053	0,993244	0,993431	0,993613
<b>2,5</b>	0,993790	0,993963	0,994132	0,994297	0,994457	0,994614	0,994766	0,994915	0,995060	0,995201
<b>2,6</b>	0,995339	0,995473	0,995604	0,995731	0,995855	0,995975	0,996093	0,996207	0,996319	0,996427
<b>2,7</b>	0,996533	0,996636	0,996736	0,996833	0,996928	0,997020	0,997110	0,997197	0,997282	0,997365
<b>2,8</b>	0,997445	0,997523	0,997599	0,997673	0,997744	0,997814	0,997882	0,997948	0,998012	0,998074
<b>2,9</b>	0,998134	0,998193	0,998250	0,998305	0,998359	0,998411	0,998462	0,998511	0,998559	0,998605
<b>3</b>	0,998650	0,998694	0,998736	0,998777	0,998817	0,998856	0,998893	0,998930	0,998965	0,998999
<b>3,1</b>	0,999032	0,999065	0,999096	0,999126	0,999155	0,999184	0,999211	0,999238	0,999264	0,999289
<b>3,2</b>	0,999313	0,999336	0,999359	0,999381	0,999402	0,999423	0,999443	0,999462	0,999481	0,999499
<b>3,3</b>	0,999517	0,999533	0,999550	0,999566	0,999581	0,999596	0,999610	0,999624	0,999638	0,999650
<b>3,4</b>	0,999663	0,999675	0,999687	0,999698	0,999709	0,999720	0,999730	0,999740	0,999749	0,999758
<b>3,5</b>	0,999767	0,999776	0,999784	0,999792	0,999800	0,999807	0,999815	0,999821	0,999828	0,999835
<b>3,6</b>	0,999841	0,999847	0,999853	0,999858	0,999864	0,999869	0,999874	0,999879	0,999883	0,999888
<b>3,7</b>	0,999892	0,999896	0,999900	0,999904	0,999908	0,999912	0,999915	0,999918	0,999922	0,999925
<b>3,8</b>	0,999928	0,999931	0,999933	0,999936	0,999938	0,999941	0,999943	0,999946	0,999948	0,999950
<b>3,9</b>	0,999952	0,999954	0,999956	0,999958	0,999959	0,999961	0,999963	0,999964	0,999966	0,999967

**TABELA 23** – Valores críticos para  $D_\alpha$ . Fonte: Lillierfors (1967).

Sample size N	Level of significance for $D = \text{Max}  F * (X) - S_N(N) $				
	.20	.15	.10	.05	.01
4	.300	.319	.352	.381	.417
5	.285	.299	.315	.337	.405
6	.265	.277	.294	.319	.364
7	.247	.258	.276	.300	.348
8	.233	.244	.261	.285	.331
9	.223	.233	.249	.271	.294
10	.215	.224	.239	.258	.284
11	.206	.217	.230	.249	.275
12	.199	.212	.223	.242	.268
13	.190	.202	.214	.234	.261
14	.183	.194	.207	.227	.257
15	.177	.187	.201	.220	.250
16	.173	.182	.195	.213	.245
17	.169	.177	.189	.206	.239
18	.166	.173	.184	.200	.235
19	.163	.169	.179	.195	.231
20	.160	.166	.174	.190	.203
25	.149	.153	.165	.180	.187
30	.131	.136	.144	.161	
Over 30	$\frac{.736}{\sqrt{N}}$	$\frac{.768}{\sqrt{N}}$	$\frac{.805}{\sqrt{N}}$	$\frac{.886}{\sqrt{N}}$	$\frac{1.031}{\sqrt{N}}$

**TABELA 24** - Distribuição t, unilateral. Fonte: adaptado de Montgomery e Runger, 2009.

$\nu$	$\alpha$				
	0,1	0,05	0,025	0,01	0,005
1	3,078	6,314	12,706	31,821	63,657
2	1,886	2,920	4,303	6,965	9,925
3	1,638	2,353	3,182	4,541	5,841
4	1,533	2,132	2,776	3,747	4,604
5	1,476	2,015	2,571	3,365	4,032
6	1,440	1,943	2,447	3,143	3,707
7	1,415	1,895	2,365	2,998	3,499
8	1,397	1,860	2,306	2,896	3,355
9	1,383	1,833	2,262	2,821	3,250
10	1,372	1,812	2,228	2,764	3,169
11	1,363	1,796	2,201	2,718	3,106
12	1,356	1,782	2,179	2,681	3,055
13	1,350	1,771	2,160	2,650	3,012
14	1,345	1,761	2,145	2,624	2,977
15	1,341	1,753	2,131	2,602	2,947
16	1,337	1,746	2,120	2,583	2,921
17	1,333	1,740	2,110	2,567	2,898
18	1,330	1,734	2,101	2,552	2,878
19	1,328	1,729	2,093	2,539	2,861
20	1,325	1,725	2,086	2,528	2,845
21	1,323	1,721	2,080	2,518	2,831
22	1,321	1,717	2,074	2,508	2,819
23	1,319	1,714	2,069	2,500	2,807
24	1,318	1,711	2,064	2,492	2,797
25	1,316	1,708	2,060	2,485	2,787
26	1,315	1,706	2,056	2,479	2,779
27	1,314	1,703	2,052	2,473	2,771
28	1,313	1,701	2,048	2,467	2,763
29	1,311	1,699	2,045	2,462	2,756
30	1,310	1,697	2,042	2,457	2,750
40	1,303	1,684	2,021	2,423	2,704
60	1,296	1,671	2,000	2,390	2,660
120	1,289	1,658	1,980	2,358	2,617
$\infty$	1,282	1,645	1,960	2,326	2,576

## **APÊNDICE A - PLANILHAS DE MEDIÇÃO DOS SERVIÇOS**













## **APÊNDICE B – DESCRIÇÃO DAS FERRAMENTAS**

---



Os itens do Quadro 3 da coluna “como analisar” são explicados a seguir:

- **Mapeamento do fluxo de valor:** tem como objetivo identificar os pontos de desperdício para eliminá-lo. Com ele um mapa visual do processo é criado, com o desenho do estado atual e um desenho do estado futuro e um plano de implementação. O primeiro passo para sua confecção é focalizar uma família de produtos que se quer mapear, em seguida um desenho do estado atual é feito, registrando os tempos de processo. Com o mapa do estado atual concluído é possível identificar as fontes de desperdício e eliminá-las (KRAJEWSKI; RITZMAN; MALHOTRA, 2009).

- **Carta de processo ou diagrama de processo:** permite o desdobramento de todas as operações ou atividades desempenhadas por uma pessoa ou postos de trabalho, possibilitando a medição do tempo desperdiçado. Nela as operações podem ser classificadas como: operação, transporte inspeção, espera, armazenamento ou preparação (setup). Como a única categoria que agrega valor é a operação deve-se reduzir ou eliminar as outras (Krajewski; Ritzman, 1999 apud MURY, 2000). A carta de processo serve como ferramenta para melhoria contínua, partindo-se do princípio que existem maneiras mais fáceis de executar as operações. No quadro 18 é exibido um exemplo genérico de carta de processo.

**QUADRO 18** - Exemplo genérico de carta de processo. Fonte: Mury (2000).

Passo	Descrição	Tempo	Distância	O	T	I	E	A	S
1	Operação	1	5		X				
2	Operação	1		X					
3	Operação	0,5				X			
4		1					X		
5		3	6		X				
6		3							X
7		2							X
8		2		X					
9		1							X
10	Operação	0,5	5			X			

Atividade		Passos	Tempo	Distância
Operação	O	2	3	
Transporte	T	2	4	16
Inspeção	I	2	1	
Espera	E	1	1	
Armazenamento	A			
Set-up	S	3	6	

A carta de processo deve ser aplicada conforme os itens abaixo (MURY, 2000):

1. listar atividades ou operações de forma sequencial;
2. cotelar o tempo médio de execução da atividade ou operação;
3. classificar as atividades ou operações segundo sua natureza;

4. elaborar um resumo das atividades ou operações segundo sua classificação (porção inferior do quadro 18).

**- Identificação de atividades facilitadoras:** são atividades que permitem a continuidade do fluxo de trabalho. Através da classificação, os gestores podem tomar decisões no dia a dia dos processos de produção, ou seja, em tempo hábil evitando a descontinuidade. Elas são classificadas, de acordo com Santos (2004) em:

1. acesso: diz respeito ao acesso interno de recursos humanos e materiais ao posto de trabalho e canteiro de obras em termos de abastecimento e alcance da mão de obra à superfície de trabalho;
2. projeto: são as peculiaridades do projeto que viabilizam a sua construtibilidade, como detalhamentos, simplificações, padronizações, compatibilização, conclusão de projetos e alterações após o início da construção;
3. preparação do trabalho: é a disponibilização dos materiais, mão de obra, equipamentos, ferramentas, instruções de trabalho, qualidade da superfície a ser trabalhada e conclusão dos processos anteriores para realização do trabalho;

4. conferência do trabalho: verificação do desempenho do processo;
5. conflito espacial: diz respeito ao confronto no espaço e tempo ou categorias de mão de obra na realização de diferentes processos em um mesmo ambiente;
6. sequenciamento: considera a ordem de produção de determinado processo, permite a análise da possibilidade da inversão da sequência e as providências a serem tomadas afim de evitar a descontinuidade;
7. proteção dos operários: leva em conta a preocupação com a disponibilização de equipamentos de segurança;
8. proteção dos processos: é a proteção de trabalhos já executados dos que vão ser executados;
9. Programação de obra: é quando uma falha é identificada, mas nada é feito.

- **Last planner**: tem como objetivo formalizar o plano de curto prazo, possibilitar a avaliação da eficácia e registrar as causas do seu não cumprimento. Sua ênfase não é otimizar recursos e sim executar a obra conforme planejado. Normalmente ela tem os seguintes itens: o que e onde, quem, quando, avaliação da eficácia e por que, como mostra o quadro 19 (ISATTO *et al.*, 2000). Com o

registro das falhas de cumprimento do planejamento é possível buscar soluções para esses problemas.

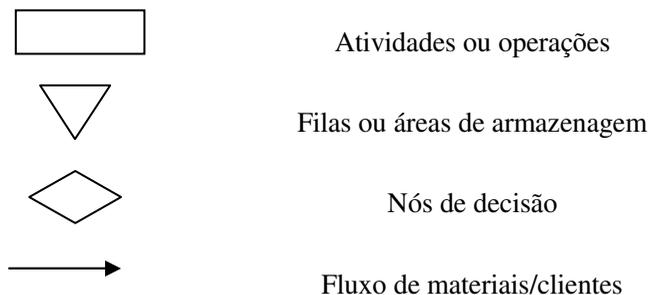
**QUADRO 19** - Exemplo de planilha de *last planner* no início do ciclo de planejamento a curto prazo. Fonte: Isatto *et al.* (2000).

Planejamento de Curto Prazo									
Obra 02/1999		Semana 22				PPC=		%	
Etapa	Equipe	S	T	Q	Q	S	S	OK	Problemas
01-Revestimento	REV01	x	x	x	x				
02-Revestimento	REV01					x	x		
03-Revestimento	REV02	x	x	x	x	x	x		
04-Alvenaria	ALV01	x	x	x	x	x	x		
Tarefas reserva	Alvenaria circulação				4				
	Revestimento Quarto				casal				

- **Mapofluxograma:** consiste na representação de um processo no espaço, onde as atividades são representadas em plantas ou croquis. Ele possibilita a percepção de obstáculos espaciais e cruzamento entre fluxos horizontais, pois mostra de forma limpa e transparente a movimentação de materiais (ISATTO *et al.*, 2000), evitando deslocamentos desnecessários. Sua elaboração segue os seguintes passos (ISATTO *et al.*, 2000):

1. Definir o processo a ser analisado.
2. Identificar o local de ocorrência das atividades do processo.
3. Registrar o fluxo do processo.
4. Identificar pontos que podem ser melhorados.

- **Fluxograma:** com ele é possível visualizar as etapas do processo globalmente. Sua análise proporciona a compreensão das principais etapas relacionadas ao processo (DAVIS; AQUILANO; CHASE, 2001). Com a análise também é possível identificar oportunidades de melhoria. O processo de confecção do fluxograma é iniciado com a observação do serviço para identificação e classificação das etapas envolvidas (FITZSIMMONS; FITZSIMMONS, 2004). Um fluxograma tem alguns símbolos tradicionais usados no seu desenho como mostra a figura 31.



**FIGURA 31** - Exemplo de símbolos de fluxo de processo. Fonte: Davis; Aquilano; Chase (2001).

- **Classificação das atividades:** segundo Santos (1994 *apud* LIBRELOTTO *et al.*, 2000) as atividades podem ser classificadas como:

- a) produtivas – aquelas que agregam valor ao produto, como assentamento de tijolos;

- b) improdutivas – aquelas que não agregam valor ao produto, como o espera de materiais;
- c) auxiliares – aquelas que não agregam valor ao produto mas são necessárias para sua realização, como manuseio e descarga de materiais, limpeza, manutenção, medição, recebimento de instruções dentre outras.

Com as atividades classificadas é possível saber que parte do processo alterar para redução do desperdício.

- **QFD (desdobramento da função qualidade)**: visa traduzir as necessidades dos clientes em especificações de projeto e produto, com o auxílio de uma matriz. O primeiro passo é ouvir os clientes para determinar as características do produto. Cada atributo especificado pelo cliente recebe uma nota, eles são a base da matriz (casa da qualidade). Nessa matriz então são combinados os atributos dados pelo cliente com características importantes do produto e, com o resultado dessas combinações, a engenharia pode tomar decisões (DAVIS; AQUILANO; CHASE, 2001).

- **Trilogia de Juran**: propõem que a satisfação do cliente é alcançada quando as características do produto correspondem às expectativas dele. As deficiências no produto podem ser interrupções no fornecimento de energia, entregas fora do prazo, bens

inoperáveis, má aparência, ou desconformidade com as especificações. Juran destaca dois significados de qualidade: a ausência de deficiências e que quanto melhores as características do produto maior a qualidade. A Trilogia de Juran é composta por três processos genéricos: o planejamento, o controle e o melhoramento.

Pode ser feito a partir dos seguintes passos (JURAN, 1992):

1. definir quem são os clientes;
2. definir as necessidades dos clientes;
3. desenvolvimento de produtos e processos para atender a necessidade dos clientes;
4. por em prática o item 3.

Nota-se que com a diminuição da deficiência dos produtos, também é diminuído o custo da má qualidade.

- **Entrevista:** na elaboração de um manual de procedimentos, a parte executora deve participar. O fato do operário participar e ter sua opinião respeitada é um ponto importante para sua aceitação do processo. Os trabalhadores experientes devem ser ouvidos, mas sem perder de vista a sustentação teórica, sendo um retrato fiel da realidade do canteiro (KRÜGER; HEINECK, 1999). Como nessa pesquisa, a mão de obra também é cliente é importante saber o que é valor para ela.

- **Feedback:** quem presta o serviço sempre pensa que quando o cliente não se manifesta ele aprova o produto, mas quando uma pesquisa de opinião é feita tem-se uma ideia mais concreta da qualidade do serviço (PADILHA, 2001). Dentro do processo de produção, o cliente seria o operário do serviço seguinte ou o operário que necessita de algum material para realização do seu serviço.

- **Lista de verificação:** é uma ferramenta para análise de dados, no qual uma coleta de dados (*checklist*) é feita com a finalidade de documentar a frequência da ocorrência de determinadas características do serviço ou produto relacionado ao desempenho, como: satisfação do cliente, peso, custo unitário e percentual de perda de tempo (KRAJEWSKI; RITZMAN; MALHOTRA, 2009). Ela permite um rápido julgamento qualitativo dos processos. Consiste em uma lista de itens que se deseja observar e três possibilidades de respostas: “sim”, “não” e “não se aplica”, como exemplificado no quadro 20 (ISATTO et al., 2000). Através deste julgamento, melhorias podem ser feitas.

**QUADRO 20** - Exemplo de lista de verificação. Fonte: Isatto *et al.* (2000).

3. SISTEMA DE MOVIMENTAÇÃO E ARMAZENAMENTO DE MATERIAIS	Sim	Não	Não se aplica
3.1 VIAS DE CIRCULAÇÃO			
3.1.1 Há contrapiso nas áreas de circulação de materiais e pessoas			
3.1.2 Existe cobertura para transporte de materiais da betoneira ao guincho			
3.1.3 É permitido o trânsito de carrinho/gericas perto dos estoques em que tais equipamentos fazem-se necessários			
3.1.4 Há caminhos previamente definidos para os principais fluxos de materiais próximo ao guincho e em áreas de produção de argamassa de armazenamento			
Obs.:			

- **PDCA ou ciclo de Deming:** tem como objetivo a melhoria contínua com o ciclo na seguinte ordem (KRAJEWSKI; RITZMAN; MALHOTRA, 2009):

1 - planejar: selecionar um processo que necessita melhoria, documentar o processo, analisar os dados, definir metas, discutir maneiras de atingir as metas e desenvolver um plano de ação;

2 - executar: implementar o plano, monitorar o progresso com coleta de dados e se necessários revisão adicional;

3 - controlar: análise dos dados coletados na fase anterior verificando se estão de acordo com as metas definidas e, se necessário, reavaliar ou interromper o projeto;

4 - agir: em caso de sucesso nos resultados, documentar o processo para que ele se torne um procedimento normal.

- **PCP (Planejamento e Controle da Produção)**: sua principal função é gerenciar o fluxo de materiais e a utilização de pessoas e equipamentos, respondendo às necessidades dos clientes (VOLLMANN *et al.*, 2005). O planejamento é um plano formal do que se pretende que ocorra em um certo ponto do futuro. O controle significa a reação a variações do planejado, ou seja, ajustes para que os objetivos sejam alcançados. Pode significar a reformulação do planejado, intervenções, encontro de novos fornecedores, dentre outros (SLACK; CHAMBERS; JOHSTON, 2009). As atividades do PCP podem ser divididas em três horizontes de tempo: longo, médio e curto prazo. É no curto prazo que é feita a programação de recursos para produção, ou seja, tempo, pessoas, materiais, equipamentos e instalações. O seu acompanhamento traz resultados na execução e a obtenção de indicadores de desempenho (VOLLMANN *et al.*, 2005). No que diz respeito à utilização da mão de obra pode-se revisar o número de operários de acordo com a demanda, dimensionar equipes e verificar a existência de operários polivalentes que possam eventualmente trocar de função. Na execução das atividades deve-se

começar pela fronteira de acesso mais fácil, planejar o sequenciamento da produção, executar as atividades do local mais afastado ao mais próximo do principal equipamento de transporte, a sequência de realização das atividades deve ser estudada de forma a facilitar seu abastecimento, concentrar a execução de atividades de preparação ou produção de componentes pré-fabricados, possibilitando a repetitividade e projeto de posto adequado, utilizar equipamentos manuais para transporte de materiais, usar equipamentos que diminuam a ocorrência de duplos manuseios e implantar programas de manutenção preventiva de equipamentos (SANTOS *et al.*, 2000). Com ele é possível estabelecer procedimentos padrão que devem ser cumpridos e controlar o que é executado, permitindo a detecção de falhas no processo.

- **Compatibilização de projetos:** visa verificar e solucionar a interferência entre projetos. Deve ser feita quando os projetos já foram elaborados. Ela deve juntar vários profissionais em busca de projetos compatíveis com a realidade da obra e melhor processo. É feita com a sobreposição de projetos e a correção de distorções (MELHADO, 2005 *apud* (CALLEGARI, 2007). Com ela pode-se evitar o retrabalhos em obra devido interferência entre projetos.

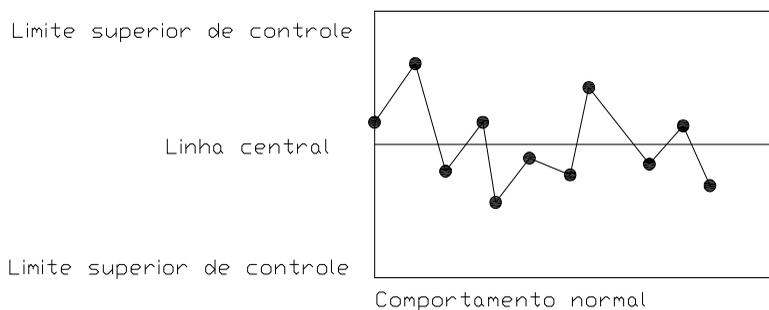
- **FMEA (Análise dos Modos e Efeitos das Falhas):** é um método de análise sistemática e padronizada das falhas de processos e produtos, mostrando suas causas e consequências e norteando a

adoção de medidas corretivas. Com ele é possível padronizar procedimentos, fazer um registro histórico das falhas e selecionar e priorizar projetos de melhoria. Ele é usado na determinação de falha dos componentes mais simples, o porquê delas ocorrerem e seu impacto nos níveis superiores do sistema. Algumas perguntas são feitas para sua análise (HELMAN; ANDREY, 1995):

1. Que tipo de falhas são observadas?
2. Que partes do sistema são afetadas?
3. Quais são os efeitos da falha sobre o sistema?
4. Qual a importância da falha?
5. Como preveni-la?

- **CEP (Controle Estatístico do Processo)**: segundo Davis, Aquilano e Chase (2001) é usado, pois inspeciona alguns itens, o que é mais barato que inspecionar todos. Avalia se um processo ocorre dentro de limites encontrados. Pode usar dois tipos de abordagem: a que utiliza dados do tipo atributo (quando os dados são contados) e a que utiliza dados do tipo variáveis (quando os dados são medidos). “É um método quantitativo para monitorar um processo repetitivo, a fim de determinar se um dado processo está operando adequadamente”. Compara medições atuais com indicadores, permitindo a diferenciação entre flutuações aleatórias inerentes ao processo e variações que indicam que o processo mudou. Sua análise cuidadosa também permite a comparação do desempenho atual com

o desempenho esperado e com isso procurar as causas da mudança. A figura 32 mostra um gráfico dessa ferramenta baseado no teorema do limite central. A linha central é a média de desempenhos passados, os limites de controle geralmente são três vezes o desvio-padrão acima e abaixo da média. A forma como os pontos se distribuem pode indicar se o processo está sendo afetado por fatores aleatórios ou não aleatórios.



**FIGURA 32** - Exemplo de gráfico de CEP. Fonte: Davis; Aquilano; Chase (2001).

- **6 Sigma (Redução de Defeitos)**: é um sistema abrangente e flexível que visa alcançar, sustentar e maximizar o êxito nos negócios, pela redução de defeitos e a variabilidade nos processos. É um procedimento de cinco passos (KRAJEWSKI; RITZMAN; MALHOTRA, 2009):

1. definir: quais características são críticas para os clientes no *output* do processo e identificar as lacunas dessas características em relação ao processo;
2. medir: quanto de trabalho do processo afeta essa lacuna, medir fontes de dados com um plano de coleta de dados;
3. analisar: com os dados coletados analisar para focalizar a melhoria;
4. aperfeiçoar: criar ou modificar métodos existentes para atingir as metas de desempenho e implementar mudanças;
5. controlar: monitorar o processo para assegurar níveis elevados de desempenho.

Este modelo é norteado pelo entendimento das necessidades do cliente, análise estatística, uso de fatos e dados e, busca permanente pela melhoria e reinvenção dos processos de negócios.

- **Diagrama de seqüência:** serve para a determinar os serviços a serem realizados por uma pessoas ou célula de trabalho no dia a dia. Nele aparecem a listagem e ordem dos serviços que serão executados. Um novo serviço só pode ser iniciado quando o serviço anterior for concluído, evitando que pedaços de serviços com problemas sejam deixados para trás. A medida que os serviços são realizados, os próprios operário devem marcar um “X” no diagrama.

Se o serviço ocorre fora do planejado deve-se fazer um *kaizen* para verificação do motivo da mudança da programação (HEINECK; ROCHA, *et al.*, 2009). Com ele a mão de obra sabe exatamente o que deve fazer e em que sequência realizar.

- **Kanban**: significa cartão ou registro visível (KRAJEWSKI; RITZMAN; MALHOTRA, 2009). É um dispositivo para sinalizar necessidades em um tamanho de lote padrão. Com ele é implantado um sistema de puxar, com entregas *just-in-time*, ou seja, quando um lote é retirado é emitido um sinal para sua reposição (DAVIS; AQUILANO; CHASE, 2001). De forma geral suas regras de operação são (KRAJEWSKI; RITZMAN; MALHOTRA, 2009):

1. cada lote tem um cartão;
2. a linha de montagem retira materiais da célula de fabricação, nunca o oposto;
3. contêineres não são retirados sem que haja sinalização;
4. os contêineres devem ter um lote padrão dentro;
5. somente peças sem defeito devem ser passadas adiante;
6. a produção total não deve ser maior que a quantidade autorizada.

As necessidades são claramente sinalizadas, diminuindo o tempo de resposta as demandas. Para a construção civil as regras de operação poderiam ser adaptadas para:

1. cada lote de matéria-prima tem um cartão;
2. o trabalhador de cada serviço retira materiais do posto de fabricação ou fornecimento do material;
3. contêineres não são retirados sem que haja sinalização;
4. os contêineres devem ter um lote padrão;
5. somente serviços sem defeito devem ser aprovados para o serviço seguinte;
6. a quantidade de matéria-prima fornecida não deve ser maior que a quantidade autorizada.

- **5S**: de acordo com Gonzalez (2002) uma obra organizada, limpa e segura que se comprometa com a utilização do 5S obterá resultados melhores, como satisfação de seus funcionários, ganho de produtividade, melhoria do fluxo de materiais e pessoas e maior segurança. Seu objetivo é de organizar e sua sigla, de origem japonesa, significa (GONZALEZ, 2009):

1. senso de utilidade - corresponde a identificação de materiais, equipamentos, ferramentas, utensílios, informações e dados importantes no processo. Com ele é possível a eliminação do que é inútil, liberação

de espaços, racionalização do uso de materiais, equipamentos e espaços, diminuição de armários, arquivos, papéis e outros e redução de desperdícios;

2. senso de organização - diz respeito à definição de locais apropriados e critérios para estocar, guardar ou dispor materiais, equipamentos, ferramentas, objetos de escritório, utensílios e dados, facilitando o uso e manuseio de itens ou informações. Como vantagem pode-se ter o controle de estoque e de documentos, utilização racional do espaço, rapidez e facilidade na localização de objetos e informações, localização correta das ferramentas, identificação da localização de materiais emprestados, menor frequência de furto de ferramentas, diminuição do risco de acidentes, ambiente de trabalho mais confortável, redução de desperdício de tempo e materiais;
3. senso de limpeza - busca a eliminação de sujeira ou objetos que não pertencem ao processo, mantendo limpos os ambientes. Em decorrência dele os equipamentos de limpeza ficam disponíveis e visíveis, limpeza permanente, separação do lixo por natureza, aumento do zelo dos funcionários pelos equipamentos, redução de acidentes, maior

motivação e mais disposição para o trabalho. Isto representa um diferencial competitivo para a empresa e conquista de mais clientes;

4. senso de segurança - permite a criação de condições de saúde física e mental, em um ambiente livre de poluentes, boas condições sanitária nas áreas comuns, zelo pela higiene pessoal, cuidado para que informações e comunicados sejam claros. Como consequência pretende-se preservar a saúde, diminuir o risco de contaminação, reforçar hábitos de higiene pessoal, reduzir ou evitar acidentes no trabalho, criar um ambiente para o crescimento da auto-estima e oferecer condições propícias à saúde;
5. senso de autodisciplina: busca o comprometimento dos funcionários para o cumprimento rigoroso dos padrões éticos e morais e melhoria contínua nos níveis pessoal e organizacional. Ele propicia a cooperação entre colegas, definição clara de responsabilidades, melhoria nas relações humanas no trabalho, manutenção de padrões maiores de qualidade, melhoria da imagem da empresa e satisfação dos clientes internos e externos.

- **Treinamento funcional:** serve para aprimorar o desempenho dos funcionários para aumentar a produtividade dos recursos físicos,

financeiros, informações e sistemas (GODOY *et al.*, 2008). Ele pode ser feito para motivar os operários a se engajarem no programa de qualidade, podendo ser usado para promover a participação dos funcionários nas decisões. Ele deve contar com o apoio do mestre de obras em um ambiente adequado. Ao final realizar a avaliação do treinamento e dos alunos (SANTOS *et al.*, 2000).

- **Células de trabalho:** é uma organização de pessoas, máquinas, materiais e métodos onde as etapas do processo próximas são processadas em um fluxo contínuo (ROTHER e HARRIS, 2002 *apud* TAVARES *et al.*, 2004) de forma sequencial, reduzindo os tempos de espera de fabricação por itens, diminuindo estoques e aumentando a flexibilidade do sistema produtivo (TUBINO, 1999 *apud* TAVARES *et al.*, 2004). O operário de uma célula de produção recebe treinamento para várias funções (polivalência), fazendo com que ele tenha conhecimento sobre todo o processo, de modo que a equipe se torna menos suscetível a flutuações no suprimento (MOSER; SANTOS *apud* TAVARES *et al.*, 2004). Inicialmente agrupar-se os itens com características semelhantes em famílias, depois é feito um balanceamento da capacidade de produção com a demanda (TUBINO, 1999 *apud* TAVARES *et al.*, 2004).

- **Andon:** é uma ferramenta de gerenciamento visual, que avisa quando ocorre algo anormal. Ela pode ser utilizada para a sinalização de falta de material ou pronta assistência de forma a reduzir o número de interrupções do trabalho (FRANCELINO *et al.*, 2006).

Com esse tipo de sinalização o funcionário não tem que se deslocar para solucionar alguma dúvida ou problema.

- **Diagrama homem-máquina:** é uma representação gráfica do trabalho de um ou mais operadores em uma ou mais máquinas. Com ele é possível determinar a proporção de tempo em que homem e máquina trabalham ou esperam para a proposição de melhorias (MOREIRA, 2008).

- **Layout:** como na construção o local de fabricação é fixo e os funcionários e suas ferramentas vão ao local de trabalho, a organização do posto de trabalho é denominada layout de produção fixa. O bom layout influencia o fluxo de trabalho resultando em fluxos de produção mais constantes (KRAJEWSKI; RITZMAN; MALHOTRA, 2009). Tem como objetivo proporcionar um fluxo fluido de trabalho e materiais (DAVIS; AQUILANO; CHASE, 2001). Ele deve evitar o duplo manuseio de material, armazenar materiais em locais e forma adequados, planejar vias de circulação, evitar cruzamento de fluxos, minimizar distância entre os locais de armazenagem e uso dos materiais, dentre outros (SANTOS *et al.*, 2000). O planejamento do *layout* diz respeito à organização de trabalhadores, materiais, equipamentos, áreas de trabalho e estocagem: (FRANKENFELFD, 1990 *apud* SAURIN; FORMOSO, 2006). Com esse planejamento é possível a melhor utilização do

espaço físico disponível, dando condições para um trabalho seguro e eficiente (SAURIN; FORMOSO, 2006).

- **Descrição de competência:** tem como propósito descrever todas as exigências da atividade, especificando como ele é, o que exige, o que acarreta, sua finalidade, obrigações, atividades e responsabilidades, e posição na estrutural organizacional da empresa (MULLINS, 2004). Um exemplo de descrição de competência é apresentado no quadro 21. Qualquer atividade que seja realizada além de sua competência é considerado desperdício.

**QUADRO 21** – Exemplo de descrição de competência. Fonte: Universidade Estadual de Londrina (2010). Ficha de Perfil Profissiográfico do Cargo de Agente Universitário - IEES

FUNÇÃO: ENGENHEIRO CIVIL	
Código da Função: 1020	Carga horária: 40 horas semanais
CBO: 214205	Jornada: 8 horas diárias
ESCOLARIDADE EXIGIDA	
Graduação em Engenharia Civil, fixado na forma da Lei Estadual N° 15.050 de 12/04/2006.	
Descrição sumária das tarefas	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Desenvolver projetos de engenharia civil, planejar, orçar e executar obras, coordenar a operação e a manutenção das mesmas. Controlar a qualidade dos suprimentos e dos serviços comprados e executados.</li> <li>2. Orçar a obra, compor custos unitários de mão de obra, equipamentos, materiais e serviços, apropriar custos específicos e gerais da obra.</li> <li>3. Executar obra de construção civil, controlar cronograma físico e financeiro da obra, fiscalizar obras, supervisionar segurança e aspectos ambientais da obra.</li> </ol>	

**QUADRO 22** – Exemplo de descrição de competência (continuação).  
 Fonte: Universidade Estadual de Londrina (2010). Ficha de Perfil Profissiográfico do Cargo de Agente Universitário - IEES

<p>4. Prestar consultoria técnica, periciar projetos e obras (laudos e avaliações), avaliar dados técnicos e operacionais, programar inspeção preventiva e corretiva e avaliar relatórios de inspeção.</p> <p>5. Controlar a qualidade da obra, aceitar ou rejeitar materiais e serviços, identificar métodos e locais para instalação de instrumentos de controle de qualidade. 6. Elaborar normas e documentação técnica, procedimentos e especificações técnicas, normas de avaliação de desempenho técnico e operacional, normas de ensaio de campo e de laboratório.</p> <p>7. Participar de programa de treinamento, quando convocado.</p> <p>8. Participar, conforme a política interna da instituição, de projetos, cursos, eventos, comissões, convênios e programas de ensino, pesquisa e extensão 9. Elaborar relatórios e laudos técnicos em sua área de especialidade;</p> <p>10. Trabalhar segundo normas técnicas de segurança, qualidade, produtividade, higiene e preservação ambiental.</p> <p>11. Executar tarefas pertinentes à área de atuação, utilizando-se de equipamentos e programas de informática.</p> <p>12. Executar outras tarefas compatíveis com as exigências para o exercício da função.</p>
<p><b>Competências pessoais para a Função</b></p> <p>1. Criatividade</p> <p>2. Dinamismo</p> <p>3. Capacidade de decisão</p> <p>4. Iniciativa</p> <p>5. Visão global</p> <p>6. Visão espacial,</p> <p>7. Raciocínio lógico</p> <p>8. Raciocínio matemático e</p> <p>9. Adaptabilidade.</p>
<p><b>Requisitos para ingresso</b></p> <p>1. Existência de vaga no Cargo e na Classe.</p> <p>2. Aprovação em concurso público de provas ou provas e títulos.</p>

**QUADRO 22** – Exemplo de descrição de competência (continuação).  
 Fonte: Universidade Estadual de Londrina (2010). Ficha de Perfil  
 Profissiográfico do Cargo de Agente Universitário - IEES

Requisitos para ingresso
3. Registro profissional no órgão de classe para as funções cujo exercício profissional esteja regulamentado por Lei. 4. Inspeção e avaliação médica de caráter eliminatório. 5. Podem ser solicitadas outras exigências vinculadas ao exercício do cargo/função contempladas no edital de regulamentação do concurso público.
Requisitos para desenvolvimento
Os constantes da Lei Estadual nº 15.050 de 12 de abril de 2006.

- **Dimensionamento de equipe:** deve ocorrer para que não haja ociosidade e nem sobrecarga de trabalho para os operários (SANTOS *et al.*, 2000). Se a construtora não possui seus próprios índices de produtividade ela pode usar produtividades referências obtidas, por exemplo, nas Tabelas de Composições de Preços para Orçamentos (TCPO).

- **Treinamentos para formação de polivalência:** um funcionário é dito polivalente quando ele é capaz de operar vários processos (OHNO, 1997 *apud* SILVA, 2002). Quando a polivalência é realizada de maneira consciente e planejada, melhora a velocidade de resposta às flutuações de demanda, pois aumenta a capacidade de adaptação produtiva e cognitiva dos operários. Como resultado da utilização da polivalência os operários começam a buscar respostas

para problemas e tem mais poder de dar sugestões aproveitáveis para melhoria (SCOARIZE; TUBINO, 2001).

- **Gestão da comunicação em obra:** pode ser feita com a criação de canais de comunicação eficientes, reuniões periódicas na obra, alternativas eficazes de comunicação dentro da obra, planejamento da programação visual da obra com instruções técnicas, alertas de segurança e higiene do trabalho entre outros, identificação de andares, cômodos, locais de estocagem de materiais e equipamentos, cartazes com a programação da produção e pagamento, entre outros (SANTOS *et al.*, 2000). Com ela podem ficar mais claro o que é esperado da mão de obra, como deve se portar, fácil localização dentro do canteiro de obras e organização.

- **Indicadores de desempenho:** com eles é possível saber qual a contribuição das pessoas e processos para a organização. Se não há contribuição essa pessoa ou processo não merecem investimentos (CHIAVENATO, 2010). Rummler e Brache (1994 *apud* SCHIMIDT; SANTOS; MARTINS, 2006) afirmam que uma organização para ser eficazmente gerida deve possuir um sistema de medição de desempenho apoiado em indicadores associados aos seus objetivos. Esses indicadores podem ser de produtividade geral da mão de obra ( $\text{Produtividade} = \frac{\text{total de horas homens gastos}}{\text{quantidade de produto produzida}}$ ) (LIBRELOTTO, 2005), PPC (percentual plano completo) (ABDELHAMID *et al.*, 2009),

capacidade, produtividade total (comparação planejado / real). Quando a empresa ainda não possui indicadores próprios pode usar os das Tabelas de Composições de Preços para Orçamentos (TCPO), Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI) ou dados da literatura.

- **ISO 9000** (*International Organization for Standardization*): ela não garante a qualidade real de um produto, mas faz com que a empresa analise e documente seus procedimentos o que é um caminho para a implantação da melhoria contínua (KRAJEWSKI; RITZMAN; MALHOTRA, 2009).

- **PBQP-H (Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat)**: seu objetivo é a melhoria da qualidade do habitat e a modernização produtiva, que através de um conjunto de ações visa aumentar a competitividade no setor, a melhoria da qualidade de produtos e serviços, a redução de custos e a otimização do uso dos recursos públicos (MINISTÉRIO DAS CIDADES). Funciona de maneira similar a ISO 9000.

- **Controle do consumo da mão de obra**: com ele é possível determinar a produtividade associada e a transparência de um processo. Através da produtividade também é possível identificar boas práticas, avaliar desempenhos e estabelecer de padrões de produtividade (ISATTO *et al.*, 2000).

- **AV (Análise de Valor)**: é um esforço organizado, dirigido à analisar as funções de bens e serviços visando atingir as funções necessárias e características essenciais de maneira rentável. Analisar as funções quer dizer identificar o que está sendo fornecido e o que é necessário. A AV passa por três fases: sensibilização, treinamento e gerenciamento do valor (CSILLAG, 1995).

- **NR 7 (Norma Regulamentadora)**: institui a obrigação da elaboração e implementação, por parte de empregadores e instituições que possuam trabalhadores como empregados, do Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional (PCMSO), com a finalidade de promoção e preservação da saúde (MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO).

- **NR 18 (Norma regulamentadora)**: tem como objetivo implementar “medidas de controle e sistemas preventivos de segurança dos processos, nas condições e no meio ambiente de trabalho na Indústria da Construção” (MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO).

- **Amostragem por atributo**: usada quando existe uma grande população ou saída gerada por um processo. Ao invés de monitorar a população ou processo inteiro pode-se fazer a análise de uma amostra e atestar a qualidade do produto. Para que uma amostra (n) seja considerada com qualidade, deve ser testado e aprovado um

número “x” de unidades. A amostragem por atributo é realizada em componentes já existentes e que podem ser contados, como número de defeitos (DAVIS; AQUILANO; CHASE, 2001).

- **Diagramas de causa e efeito:** também conhecido como diagrama de espinha de peixe (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**). Pretende identificar quais as possíveis causas potenciais para a recorrência de erros ou falhas. É feito perguntando o porquê de cada causa, até que se chegue à raiz do problema (DAVIS; AQUILANO e CHASE, 2001).

- **Avaliação de desempenho:** tem como objetivo avaliar os funcionários, verificar se o desempenho condiz com as exigências, se o trabalho está sendo realizado de acordo com as metas e objetivos estipulados e comparar de resultados (GODOY *et al.*, 2008). Ela serve para julgar ou estimar o valor, a excelência e as competências de uma pessoa e sua contribuição para a organização. Com a avaliação de desempenho é possível a localização de problemas de supervisão e gerencia, integração entre as pessoas e a organização, adequação delas ao cargo, evidenciar dissonâncias ou carências de treinamento de construção de competências e, estabelecer os meios e programas para o melhoramento contínuo (CHIAVENATO, 2010).

- **Análise de mercado:** quando uma empresa está atenta aos seus concorrentes, uma nova ideia pode lhe dar vantagem competitiva

(SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2009). A análise deve ser focada na identificação de ameaças, oportunidades ou incertezas estratégicas dos concorrentes. O primeiro passo é descobrir quem são os concorrentes e, em seguida, entender suas estratégias (pontos fracos e fortes)(AAKER, 2005).

**APÊNDICE C - ROTEIRO EXEMPLO DE PLANO DE INTERVENÇÃO**

---

## 1 FLUXOGRAMA DAS ATIVIDADES

O fluxograma permite uma visualização clara da atividades que fazem parte de cada serviço. De acordo com a classificação das atividades pode eliminar as atividades que não agregam valor e auxiliares que possam ser executadas por ajudante. Fazer um novo fluxograma para implementar melhorias.

Fases:

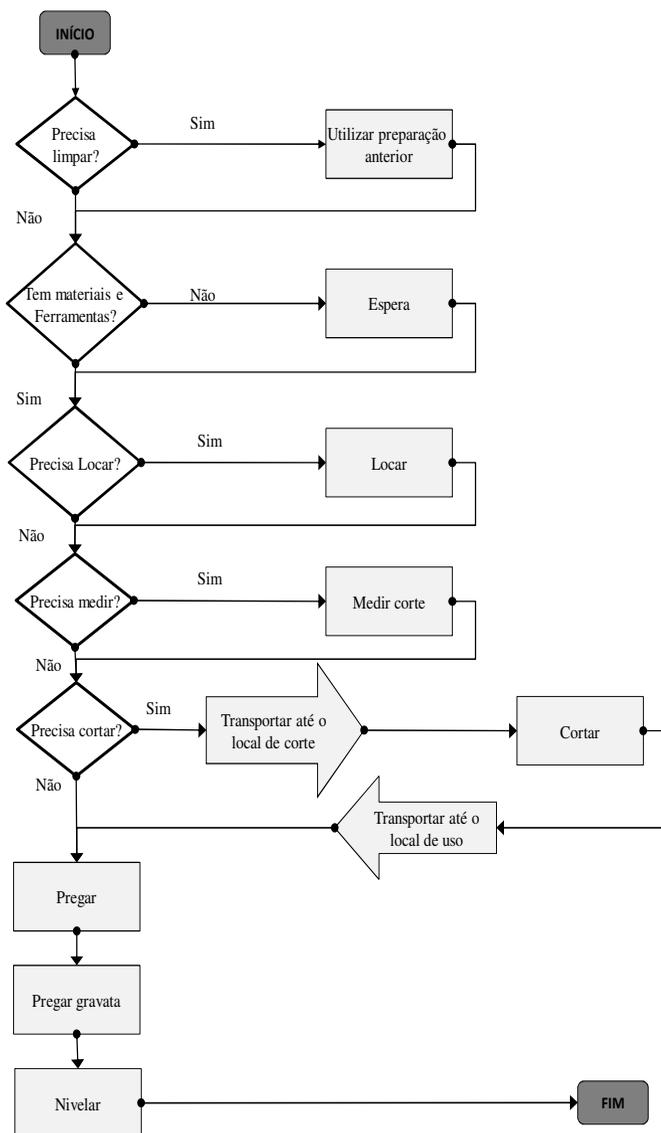
- Desenho do fluxograma do estado atual;
- Estudo das atividades que compõem o serviço de acordo com a classificação das atividades;
- Desenho do novo fluxograma;

Atividades do fluxograma do estado atual (figura 33):

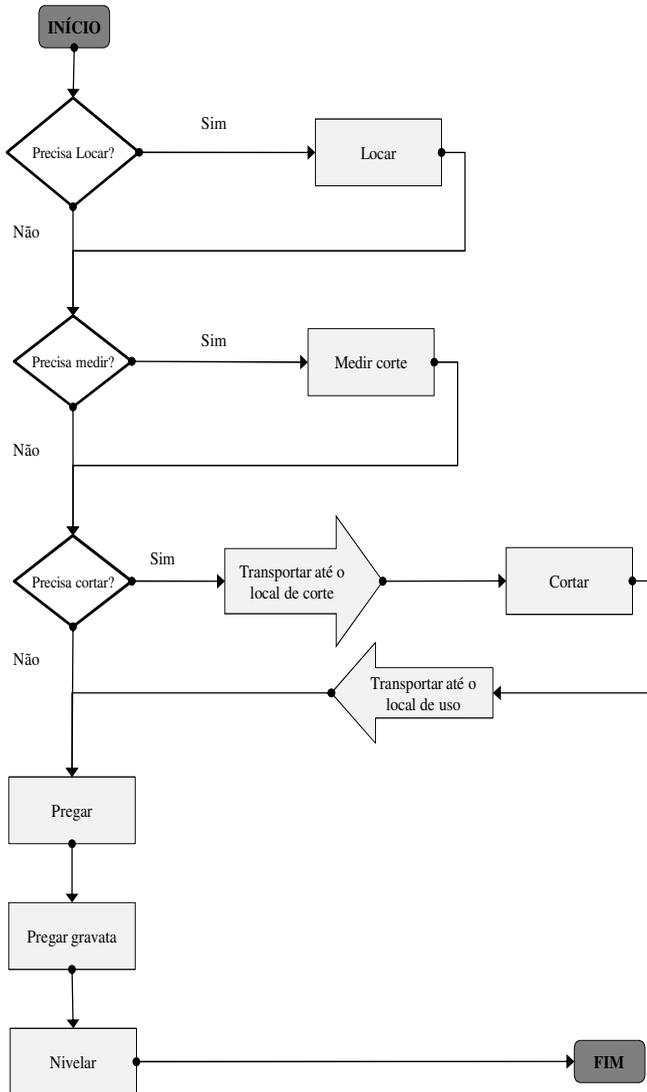
- Limpar
- Esperar
- Locar
- Medir corte
- Cortar:
  - a) Transportar até o local de corte
  - b) Cortar
  - c) Transporte até local de uso
- Pregar
- Pregar gravata
- Nivelar

Atividades do fluxograma do estado futuro (figura 34):

- Locar
- Medir corte
- Cortar:
  - d) Transportar até o local de corte
  - e) Cortar
  - f) Transporte até local de uso
- Pregar
- Pregar gravata
- Nivelar



**FIGURA 33** – Exemplo de fluxograma do estado atual da execução de fôrmas de pilar.



**FIGURA 34** – Exemplo de fluxograma do estado futuro da execução de fôrmas de pilar.

## 2 CLASSIFICAÇÃO DAS ATIVIDADES

Classificar as atividades que não agregam valor ao produto. Essa classificação permite a escolha de prioridades na implementação de melhorias.

Passos:

- Identificar as atividades que compõem o serviço;
- Classificar essas atividades (tabela 25).

**TABELA 25** - Classificação das atividades execução de fôrmas de pilares.

Atividade	Produtiva	Improdutiva	Auxiliar
Cortar	X		
Pregar	X		
Pregar gravatas			X
Transportar materiais e ferramentas		X	
Locar			X
Medir			X
Esperar		X	
Limpar		X	
Nivelar			X

## 3 CEP

Com o CEP são adquiridos índices de desempenho que servem como parâmetro de comparação com outras construtoras e

benchmarking para a eficiência de melhorias implantadas. Esses índices geralmente são apresentados em homem hora por metro quadrado.

Passos:

- Coletar dados de produtividade;
- Achar as linhas de produtividade limites da normalidade;
- Verificar se a produtividade se encontra dentro dos limites estabelecidos, após a implantação das melhorias.
- Verificar, se necessário, as causas da produtividade ultrapassar os limites inferior e superior.

A unidade adotada neste trabalho é (homem x hora)/metro quadrado e o CEP para medidas individuais é calculado com as fórmulas a seguir:

$$\text{RUP} = \frac{\text{número de homens} \cdot \text{horas trabalhadas}}{\text{quantidade de serviço}} \quad (2)$$

$$\text{LC} = \bar{X} \quad (3)$$

Onde:

$\bar{X}$  é a média da produtividade da amostra.

$$AM = (x_i - x_{i-1}) \quad (4)$$

$$LI = \bar{X} - 3 \times \left( \frac{\overline{AM}}{1,128} \right) \quad (5)$$

Onde:

$\overline{AM}$  é a média de AM.

$$LS = \bar{X} + 3 \times \left( \frac{\overline{AM}}{1,128} \right) \quad (6)$$

#### **4 INDICADORES DE DESEMPENHO**

Com eles é possível fazer uma comparação do desempenho da construtora frente aos concorrentes. Para isso podem ser consultados pesquisas acadêmicas, TCPO e SINAPI.

#### **5 LISTA DE VERIFICAÇÃO**

A lista de verificação serve para evidenciar as condições do serviço e da obra. Ela deve ser formulada preferencialmente de acordo com as exigências dos clientes e normas regulamentadoras do serviço. O observador fará uma verificação visual dos itens listados a seguir (quadro 22).

**QUADRO 22** – Lista de verificação da execução do serviço de revestimento cerâmico de parede interna.

<b>Fôrma de pilares</b>	<b>Sim</b>	<b>Não</b>	<b>Às vezes</b>
<b>Sarrafos</b>			
São planos?			X
Estão no esquadro?	X		
Estão livres de substâncias orgânicas e mofo?	X		
<b>Superfície de aplicação</b>			
Está limpa?	X		
Possui as esperas dos níveis inferiores?		X	
<b>Execução do serviço</b>			
O sarrafos estão secos quando cortados?			X
As fôrmas estão no prumo	X		
As fôrmas estão corretamente locadas	X		
As fôrmas têm as dimensões corretas?	X		
As fôrmas estão devidamente travadas?			X
As ferramentas utilizadas são apropriadas?	X		
A laje está no nível adequado?			X

## 6 ENTREVISTA

A entrevista deve ocorrer antes de se realizar a intervenção na obra, com a finalidade de saber o posicionamento do funcionário quanto seu ambiente de trabalho, forma de execução e satisfação com o serviço. Entrevistar os funcionários que são diretamente responsáveis pelo serviço:

- A laje é entregue em perfeitas condições para você executar seu serviço?

- Os materiais estão disponíveis na hora que você precisa?
- Você tem todas as ferramentas que precisa para o trabalho?
- Você conhece alguma outra ferramenta que poderia facilitar seu trabalho?
- Você gosta do que faz? Por que?
- Você se sente seguro exercendo seu serviço?
- Como você se sente em seu ambiente de trabalho?
- O que você acha que são as condições ideais para o seu serviço?

Passos:

- Ir à obra entrevistar os funcionários.
- Tentar fornecer para o cliente o que é valor.

## **7 PCP**

Fazer a verificação, no dia anterior, das condições dos ambientes de trabalho. Planejar as atividades, para a correta entrega de materiais,. Com o planejamento também é possível a obtenção de indicadores de produtividade.

Passos:

- Verificar a disponibilidade de um funcionário (ajudante) para limpar previamente a laje.

- Estudar a do *layout* dos materiais e ferramentas no canteiro de obras.

- No período vespertino fazer uma quantificação de pilares (oficial) e verificar (observador) as condições da laje a ser trabalhadas no próximo dia de trabalho.

- Ao final do dia, planejar junto com o funcionário (oficial e observador) as demandas do dia seguinte.

- Verificar a disponibilidade de um funcionário (ajudante) para transportar, aos ambientes de uso, os materiais a serem empregados no trabalho.

- Verificar a disponibilidade de um funcionário (ajudante) para efetuar a limpeza final do ambiente.

- Acompanhar o trabalho (observador) para medir os tempos e verificar as atividades.

## **8 DESCRIÇÃO DE COMPETÊNCIA**

O que se espera que o oficial cumpra em seu serviço está descrito no quadro 23.

**QUADRO 23** – Descrição de competência do executor de fôrmas.**TÍTULO DO CARGO**

Oficial das fôrmas

**SUMÁRIO DO CARGO**

Responsável por locar, medir, cortar, pregar e travar as fôrmas de madeira, de modo que fiquem localizadas, no prumo e com dimensões de acordo com o projeto.

**RELAÇÕES TRABALHISTAS**

Reporta-se ao mestre de obras.

Supervisiona: seu ajudante.

Trabalha com o ajudante, mestre de obras.

**QUALIFICAÇÕES**

Saber ler plantas, medir e cortar madeira.

Requisitos físicos: A: Ter resistência física para trabalhar durante a jornada de trabalho.

B: Acuidade visual para desempenhar funções relacionadas

**RESPONSABILIDADES**

1. Montar as fôrmas de maneira que elas fiquem corretamente locadas e firmes para a concretagem.
2. Usar os equipamentos de segurança.
3. Não desperdiçar matéria-prima.
4. Executar as fôrmas conforme o projeto.
5. Só iniciar suas atividades se os serviços planejados anteriores estiverem concluídos.

**9 LAYOUT**

Organização do posto de trabalho. Cuidando onde devem ficar as ferramentas, materiais e rejeitos. Assim será possível a padronização dos postos de trabalho em todos os pavimentos. Ele deve ser feito antes de começar a intervenção.

## **10 TREINAMENTO FUNCIONAL**

Instruir os funcionários quanto a realização de seu serviço, da seguinte forma:

- Explicar como funciona o PCP
  
- Explicar ao funcionário que ele só deve desempenhar as funções prevista na descrição de competência do seu cargo;
  
- Explicar como o serviço deve ser feito.

**APÊNDICE D - PLANTAS DE IDENTIFICAÇÃO DE  
PAREDES E *LAYOUT* DE MATERIAIS E FERRAMENTAS  
DA EXECUÇÃO DA CERÂMICA DE PAREDE INTERNA E  
DETALHE DAS PAREDES OBSERVADAS**

---



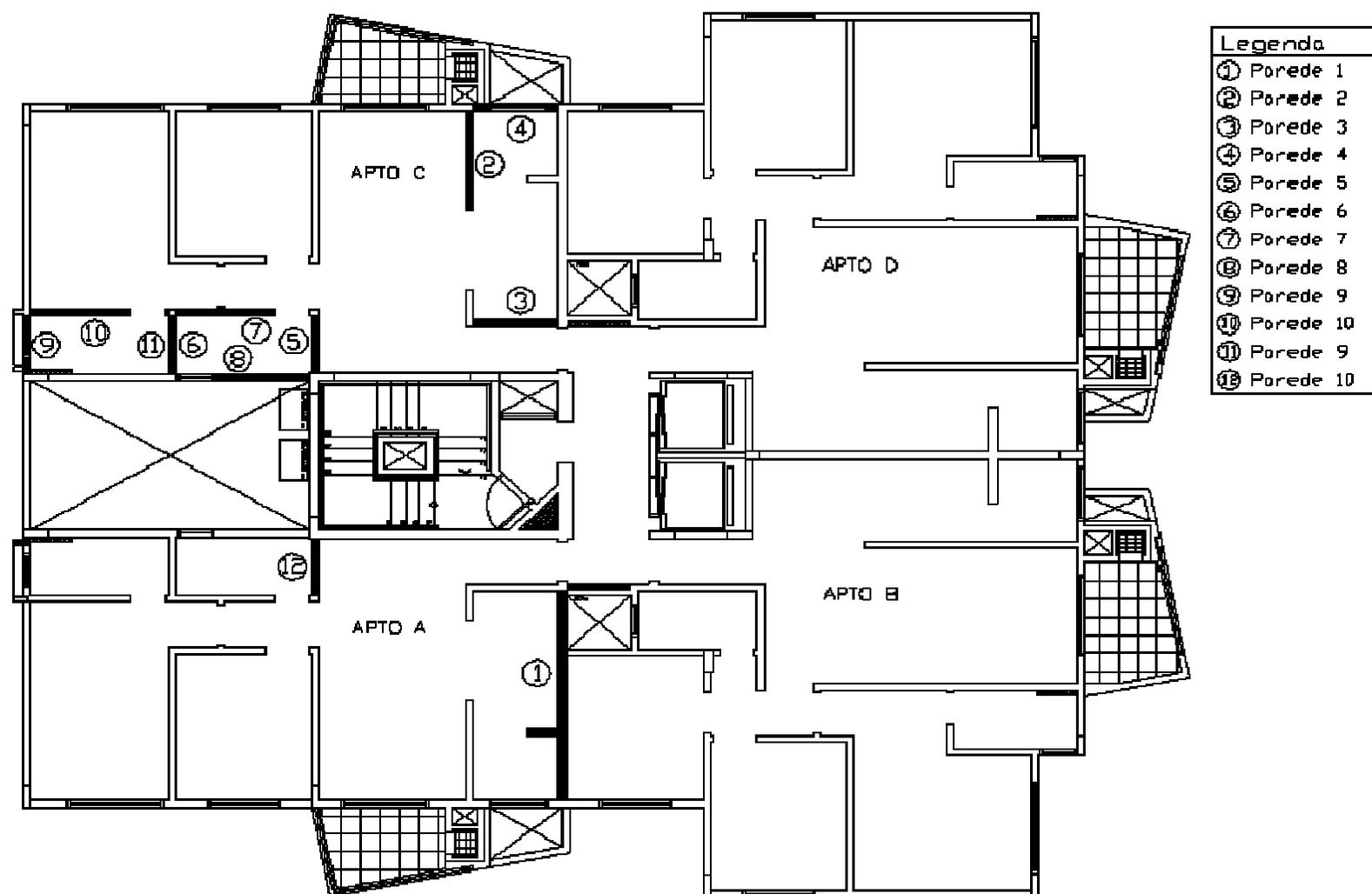


FIGURA 35 - Identificação das paredes observados no canteiro de obras A.

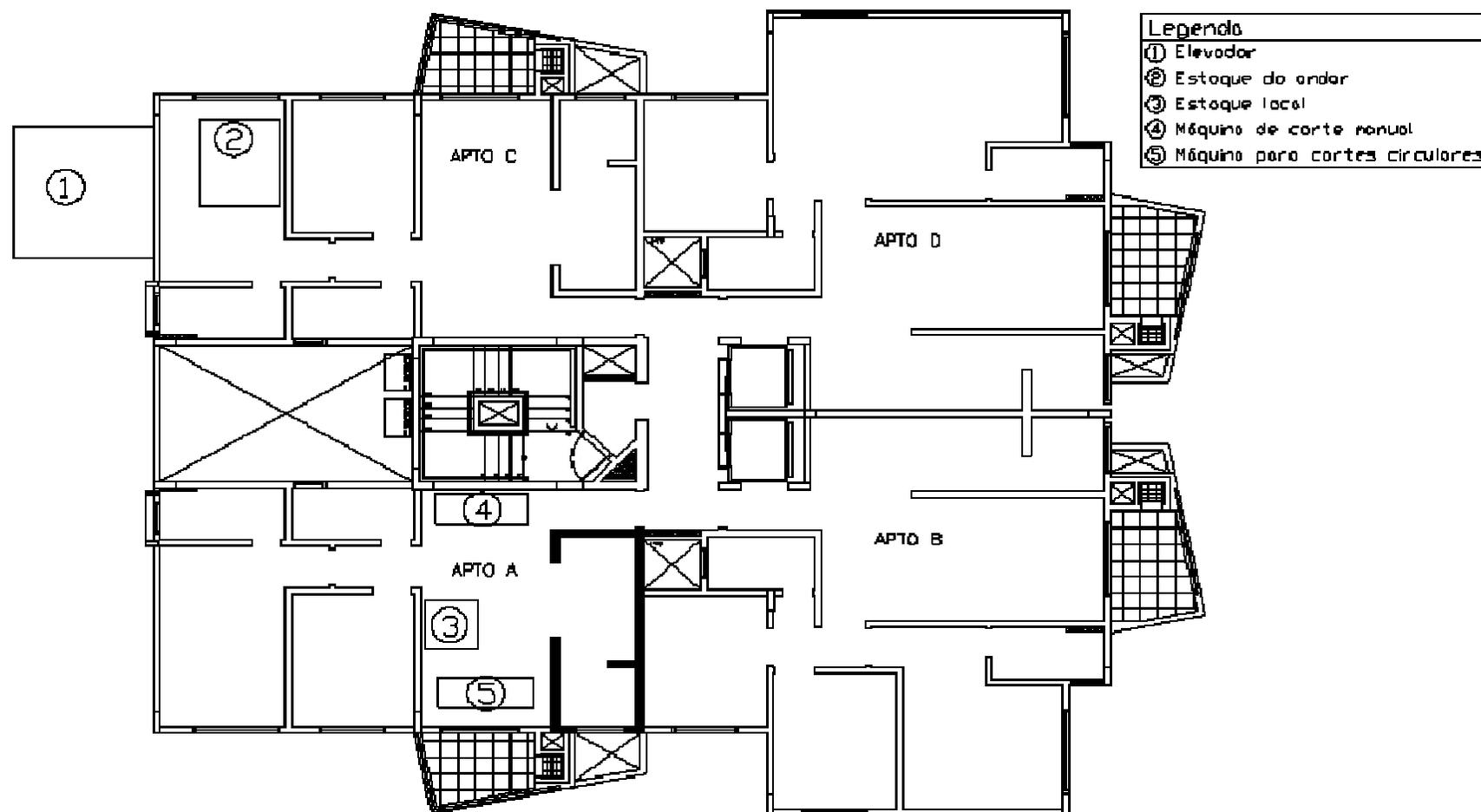


FIGURA 36 – Identificação das paredes observadas e *layout* de materiais e ferramentas no canteiro de obras A, situação 1.

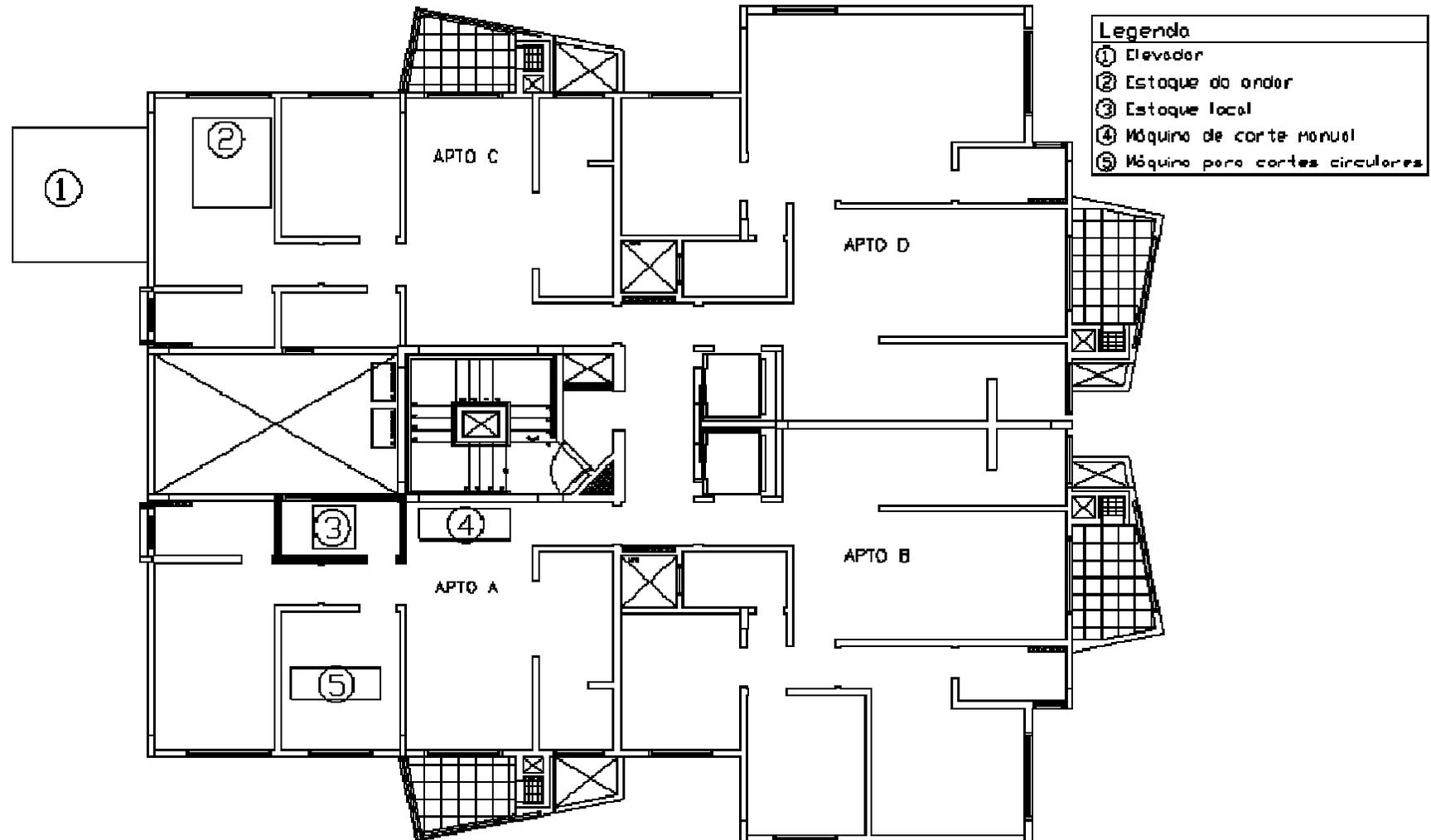


FIGURA 37 - Identificação das paredes observadas e *layout* de materiais e ferramentas no canteiro de obras A, situação 2.

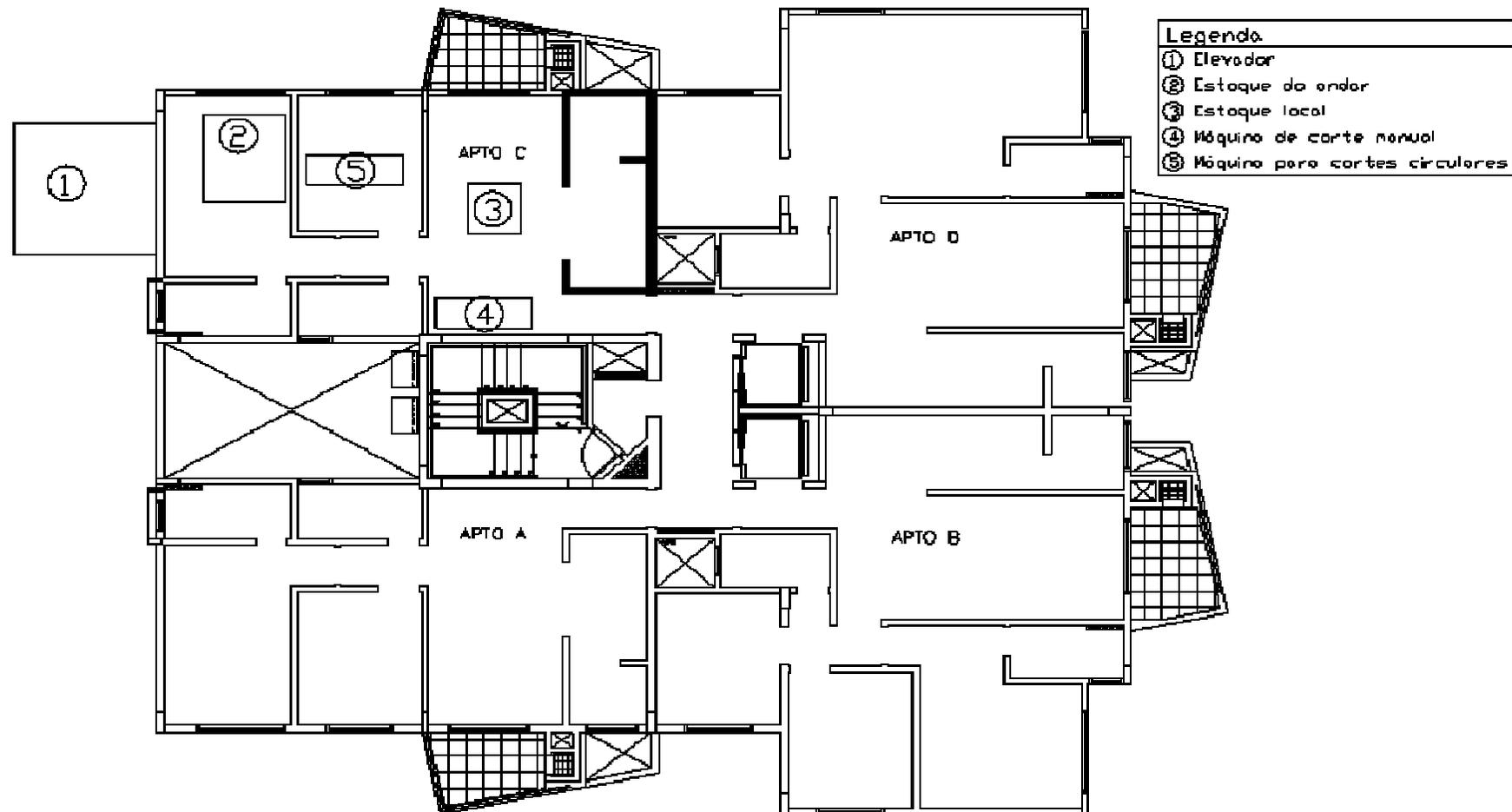


FIGURA 38 - Identificação das paredes observadas e *layout* de materiais e ferramentas no canteiro de obras A, situação 3.

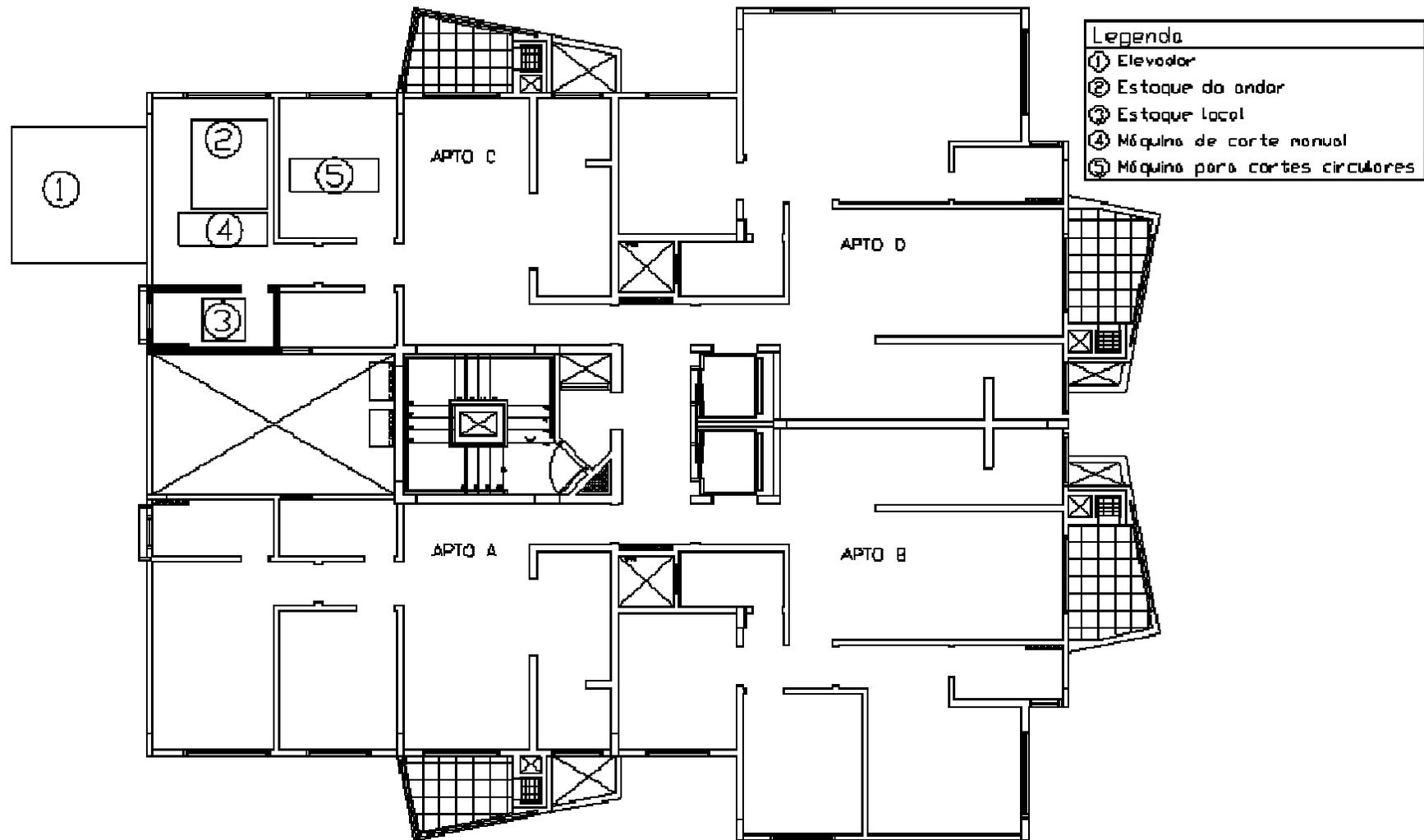


FIGURA 39 - Identificação das paredes observadas e *layout* de materiais e ferramentas no canteiro de obras A, situação 4.

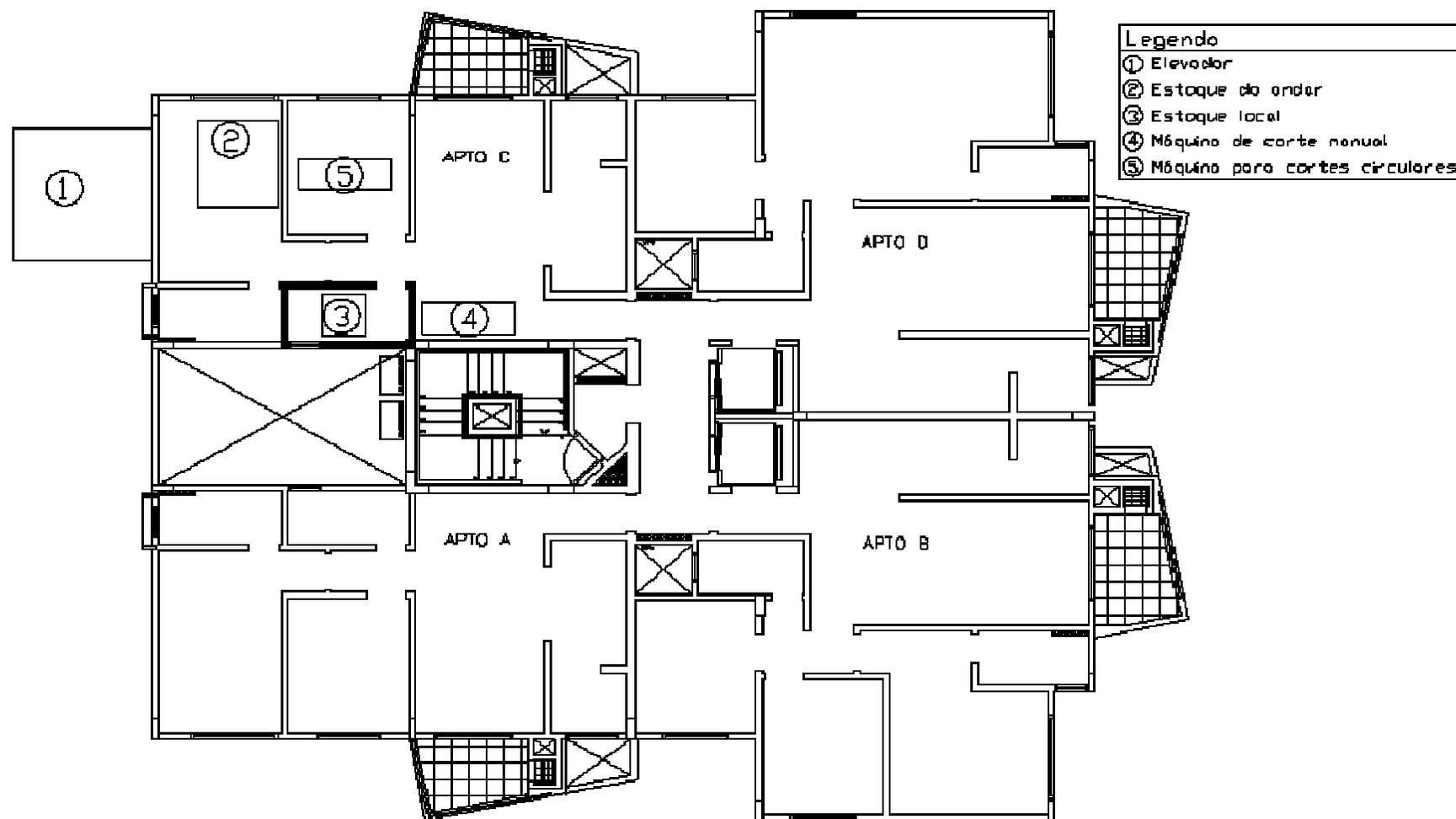


FIGURA 40 - Identificação das paredes observadas e *layout* de materiais e ferramentas no canteiro de obras A, situação 5.

**APÊNDICE E - PLANTAS DE IDENTIFICAÇÃO DO *LAYOUT*  
DE MATERIAIS E FERRAMENTAS E PLANTA DE  
IDENTIFICAÇÃO DE CÔMODOS DA EXECUÇÃO DO PISO  
COM REVESTIMENTO CERÂMICO**

---



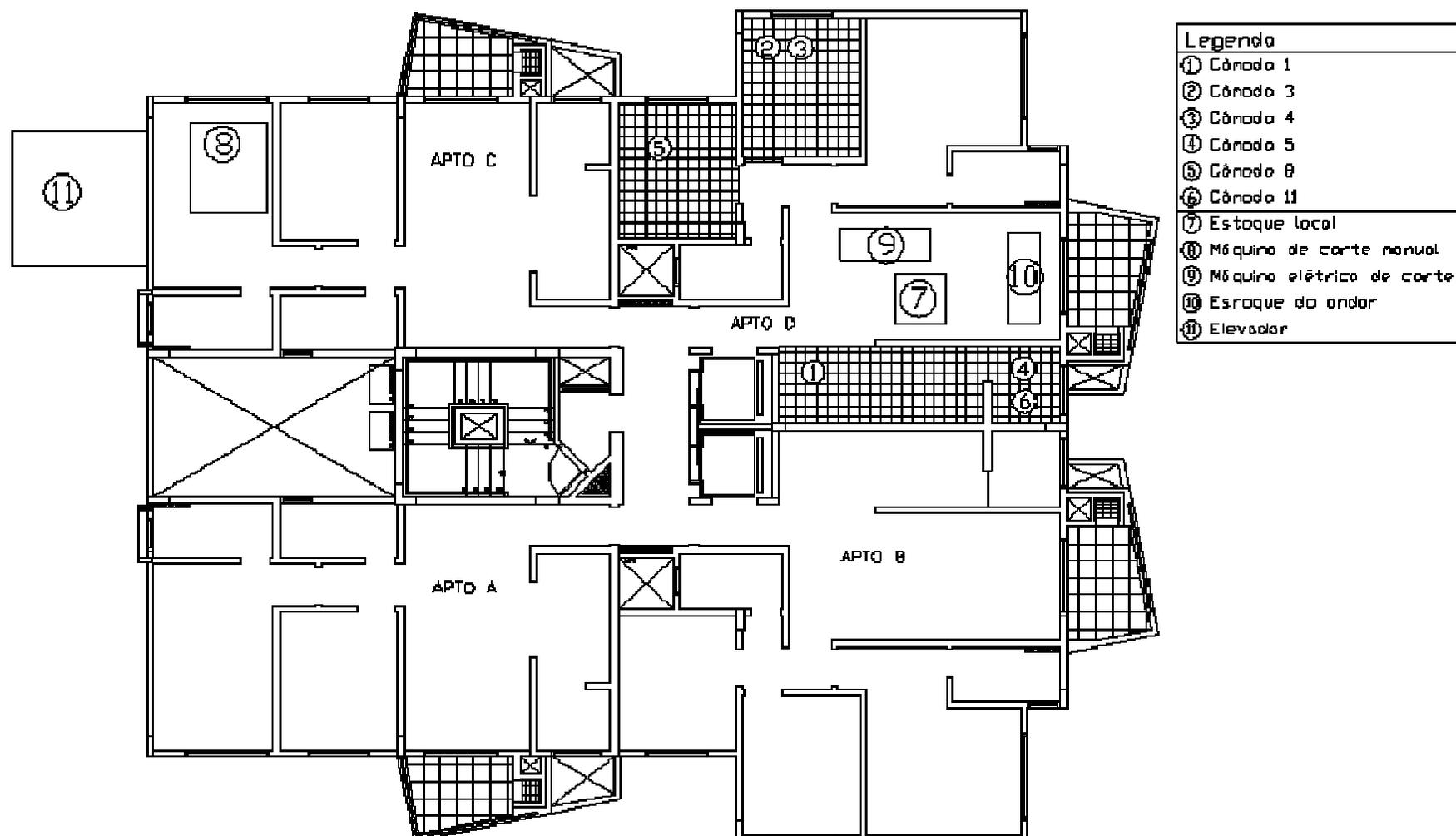


FIGURA 41 - Identificação dos cômodos observados e *layout* de materiais e ferramentas no canteiro de obras A, situação 1.

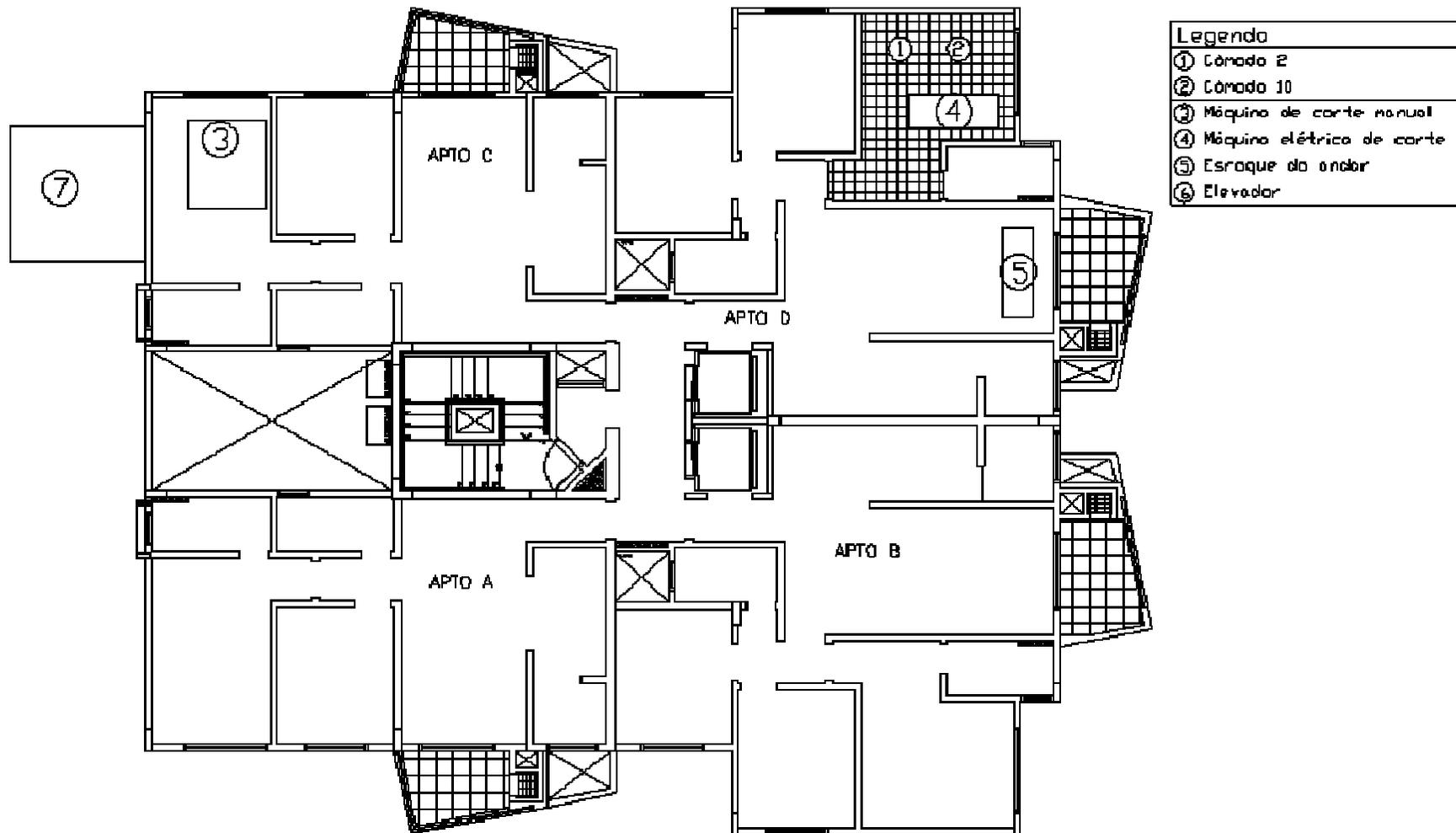


FIGURA 42 - Identificação dos cômodos observados e *layout* de materiais e ferramentas no canteiro de obras A, situação 2.

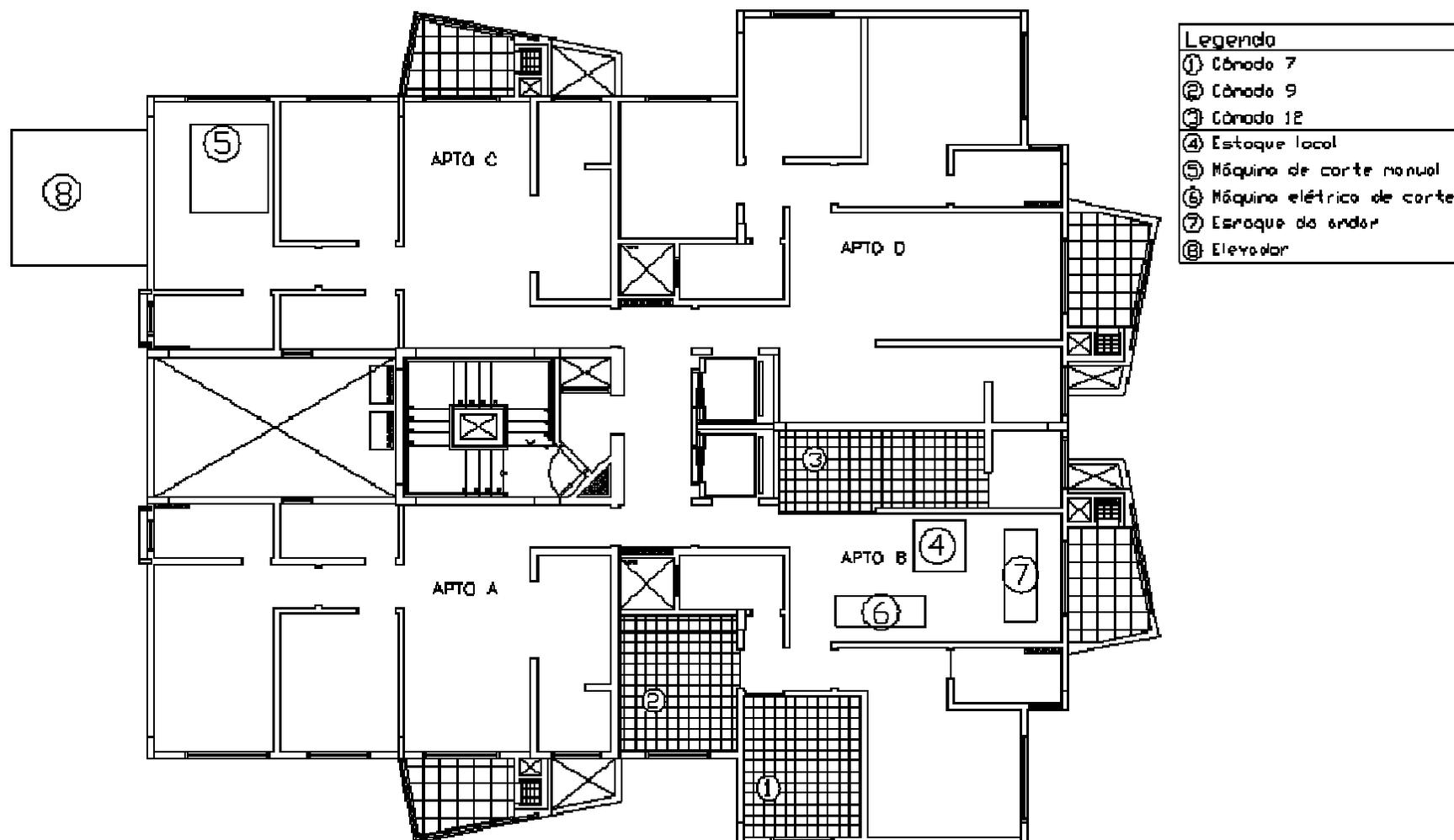


FIGURA 43 - Identificação dos cômodos observados e *layout* de materiais e ferramentas no canteiro de obras A, situação 3.

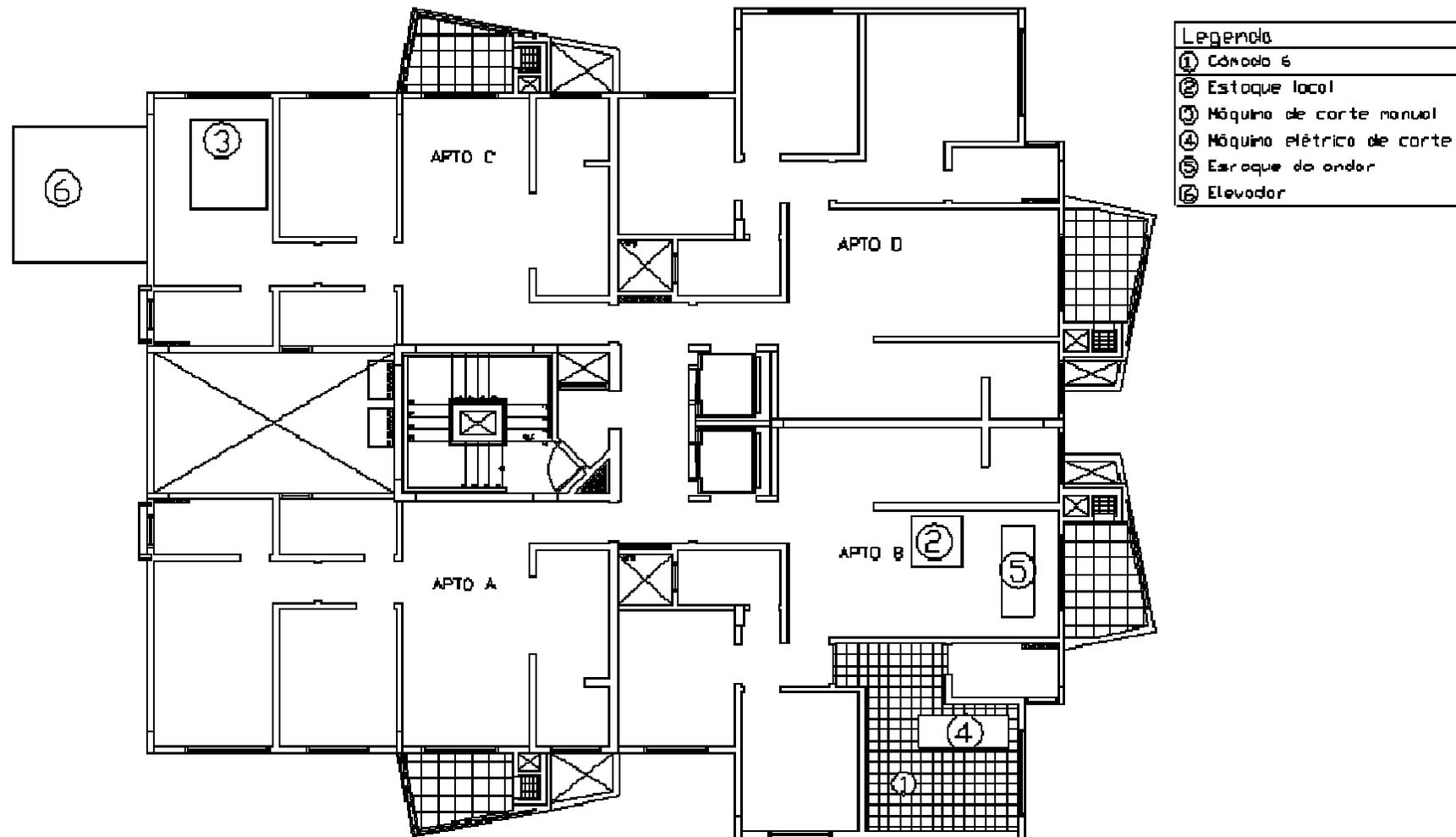


FIGURA 44 - Identificação dos cômodos observados e *layout* de materiais e ferramentas no canteiro de obras A, situação 4.

**APÊNDICE F - PLANTA DE IDENTIFICAÇÃO DE PAREDES  
DA EXECUÇÃO DO REBOCO DE PAREDE INTERNA**

---



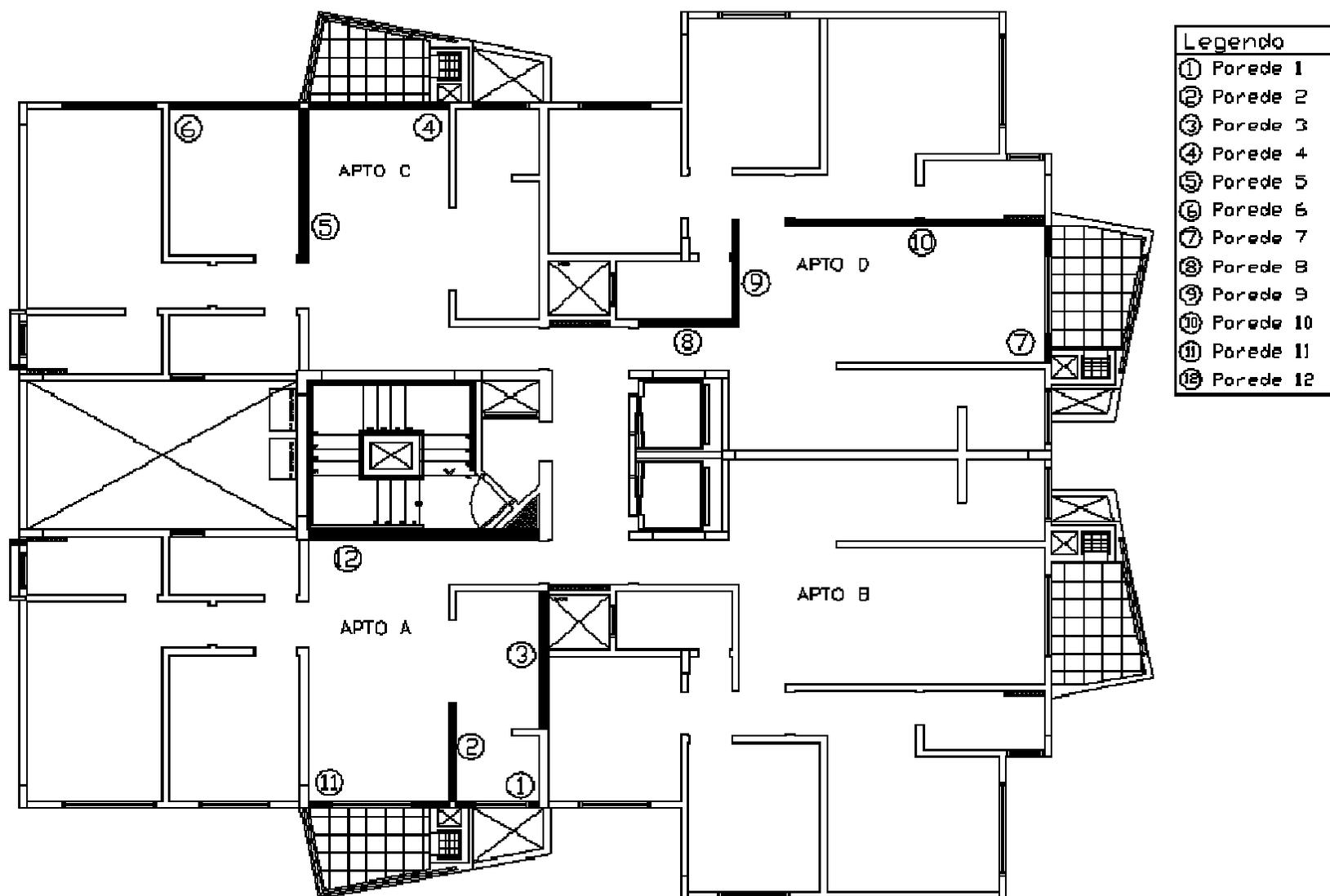


FIGURA 45 - Identificação das paredes observadas no canteiro de obras A.

**APÊNDICE G - PLANTAS DE IDENTIFICAÇÃO DE  
CÔMODOS DA EXECUÇÃO DO CONTRAPISO**

---





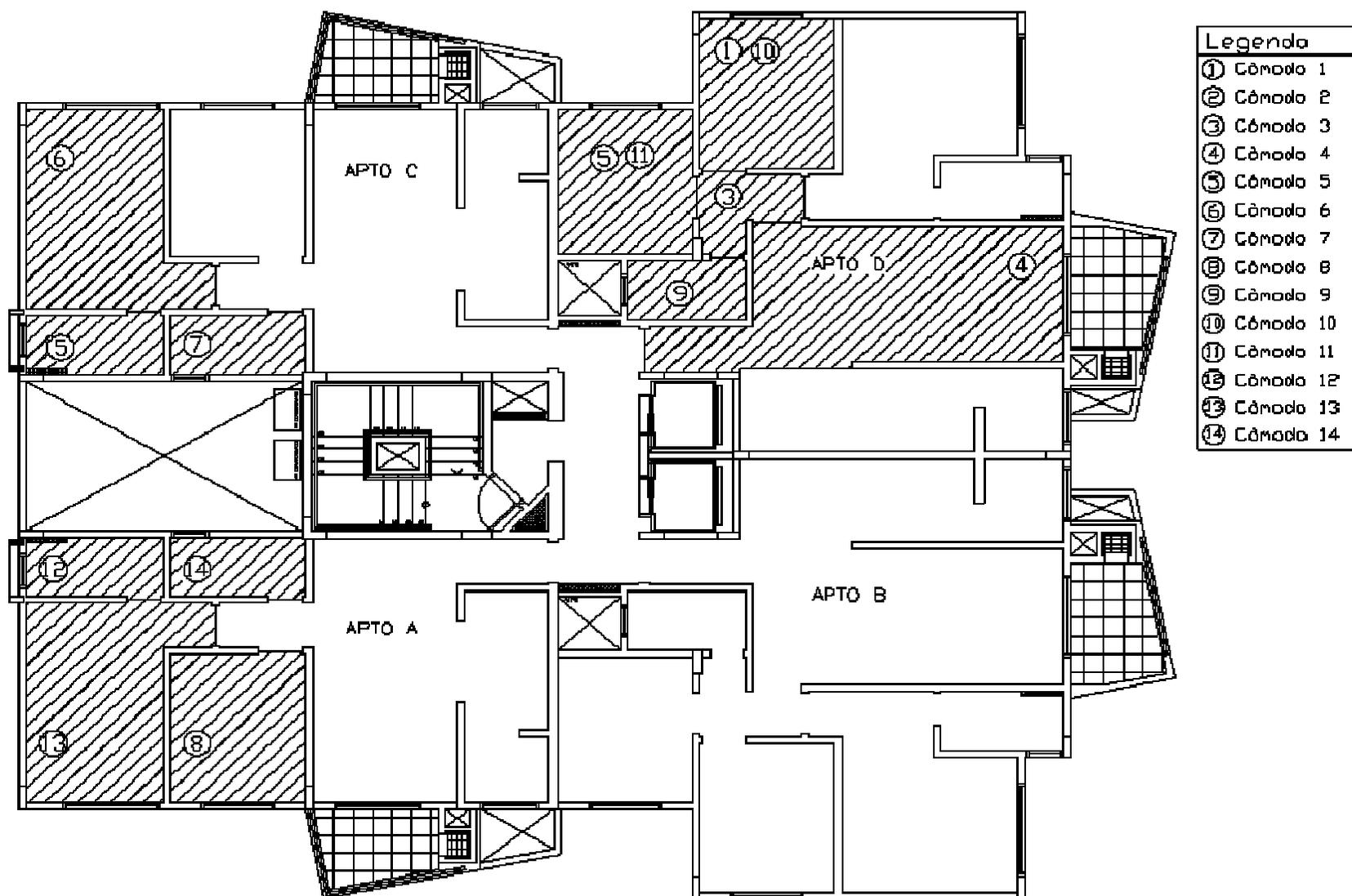
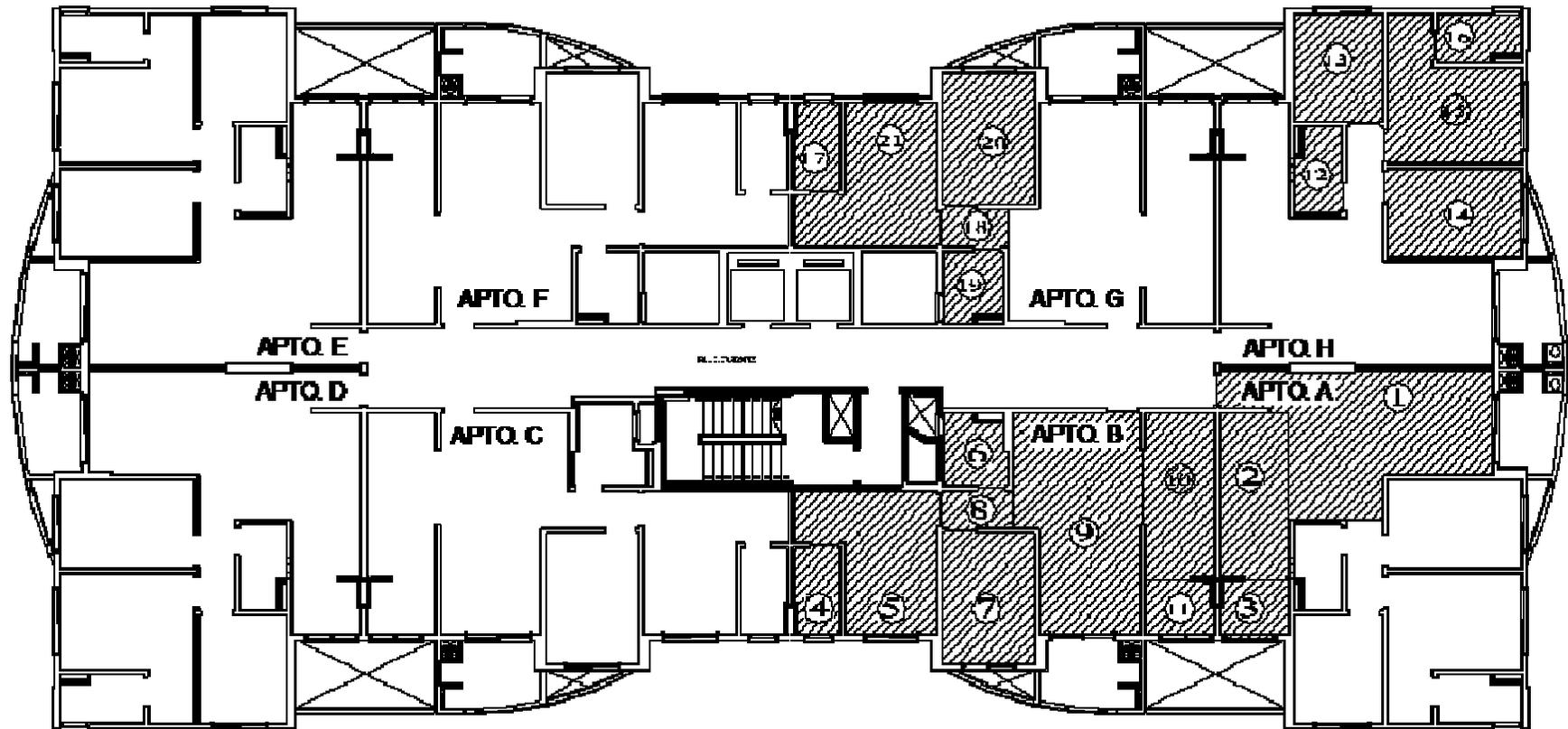


FIGURA 46 - Identificação dos cômodos observados no canteiro de obras A.



### Legenda

① Cômado 1	④ Cômado 4	⑦ Cômado 7	⑩ Cômado 10	⑬ Cômado 13	⑯ Cômado 16	⑲ Cômado 19
② Cômado 2	⑤ Cômado 5	⑧ Cômado 8	⑪ Cômado 11	⑭ Cômado 14	⑰ Cômado 17	⑳ Cômado 20
③ Cômado 3	⑥ Cômado 6	⑨ Cômado 9	⑫ Cômado 12	⑮ Cômado 15	⑱ Cômado 18	㉑ Cômado 21

FIGURA 47 – Identificação dos cômodos observados no canteiro de obras B.

## **APÊNDICE H – FLUXOGRAMAS**

---



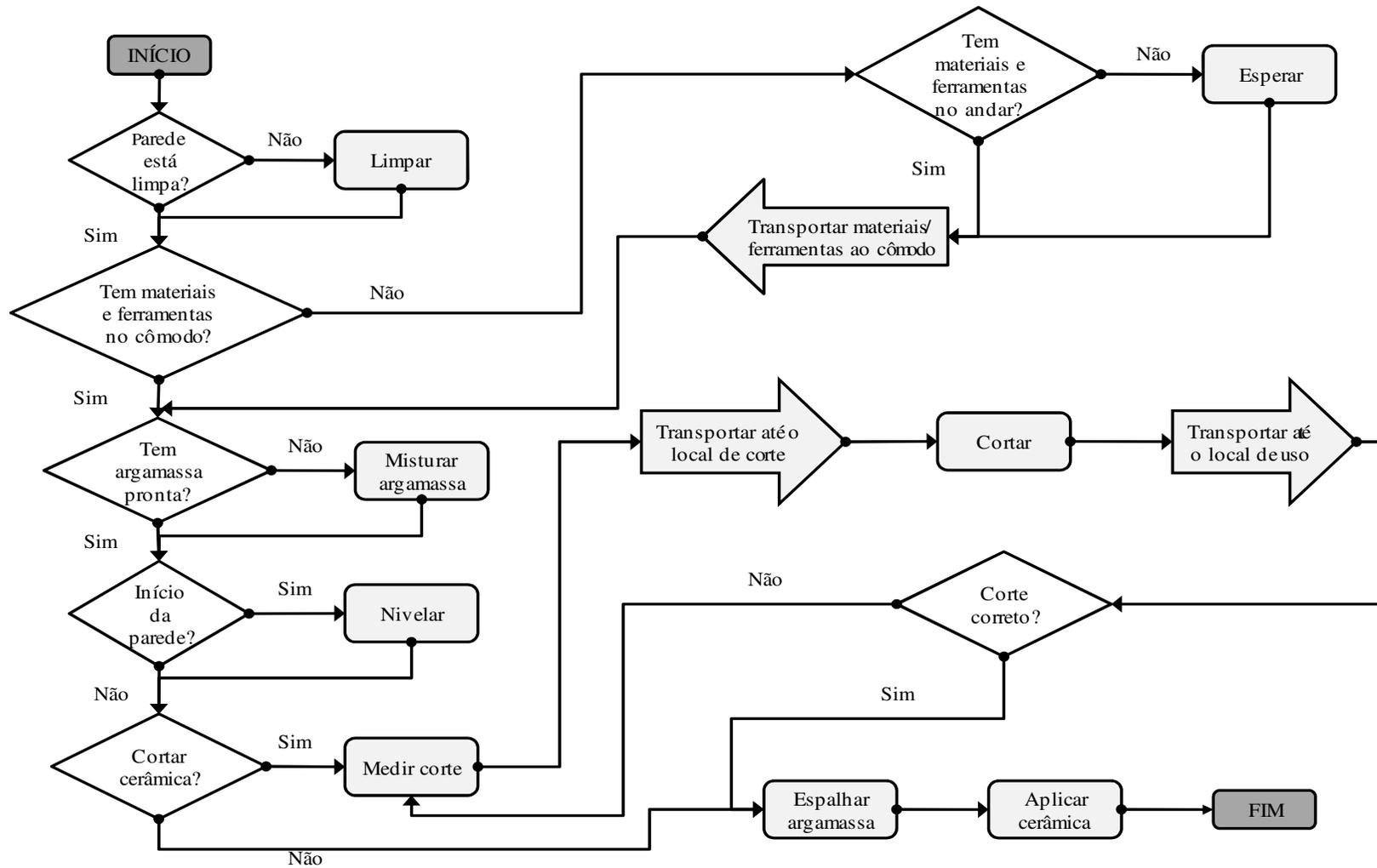


FIGURA 48 – Fluxograma do estado atual da execução da cerâmica de parede interna, canteiro de obras A.

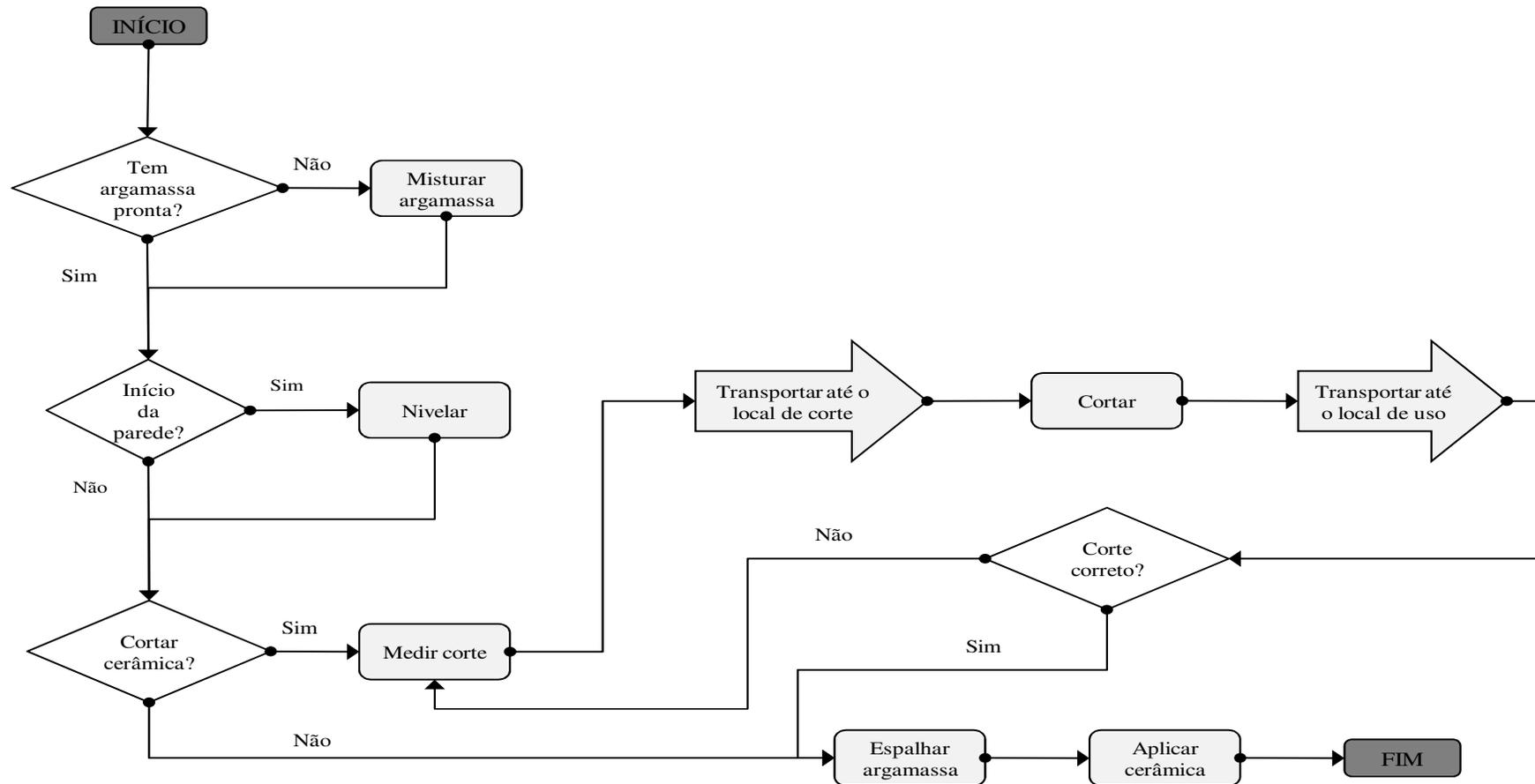


FIGURA 49 – Fluxograma do estado futuro da execução da cerâmica de parede interna.

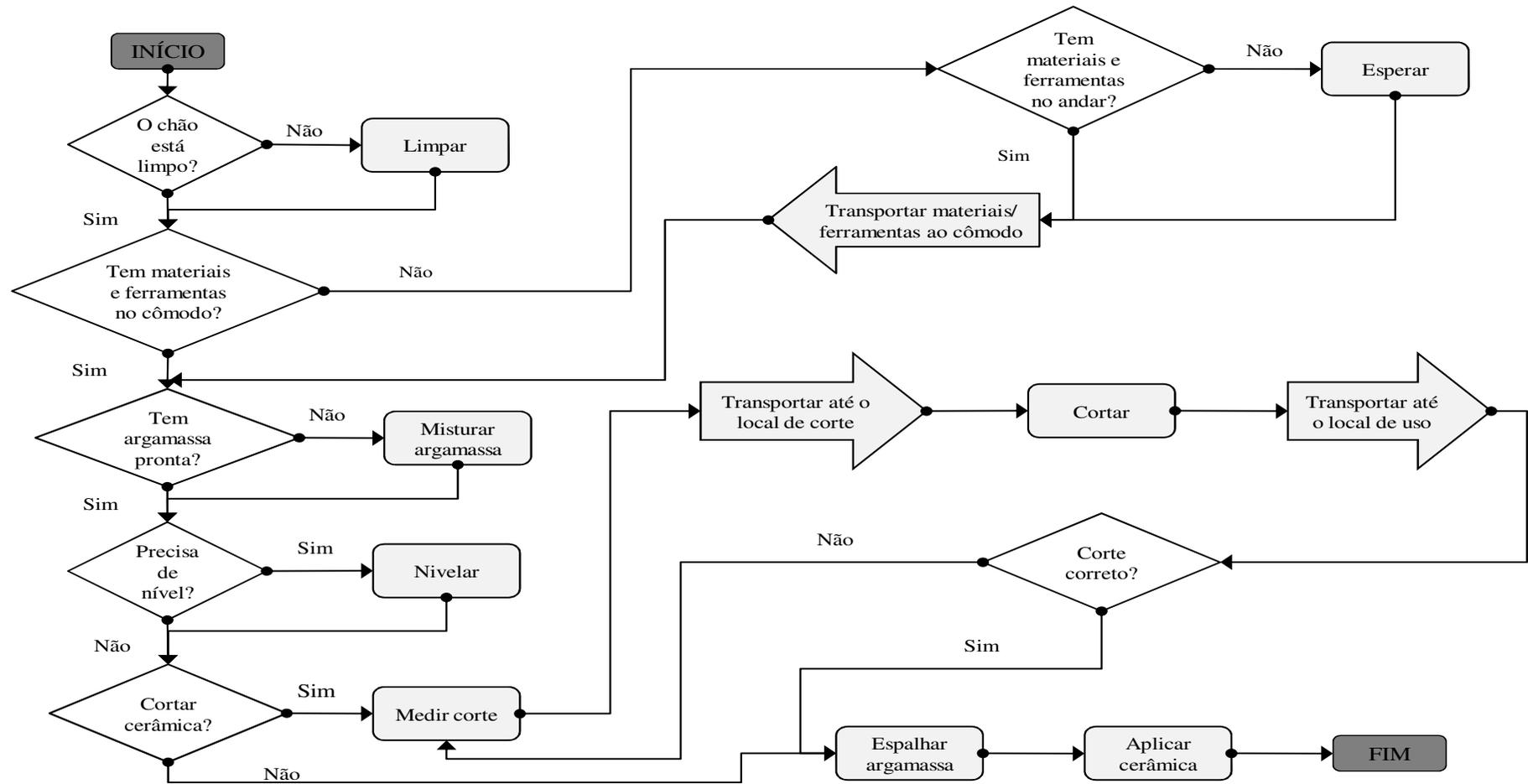


FIGURA 50 - Fluxograma do estado atual da execução do piso com revestimento cerâmico, canteiro de obras A.

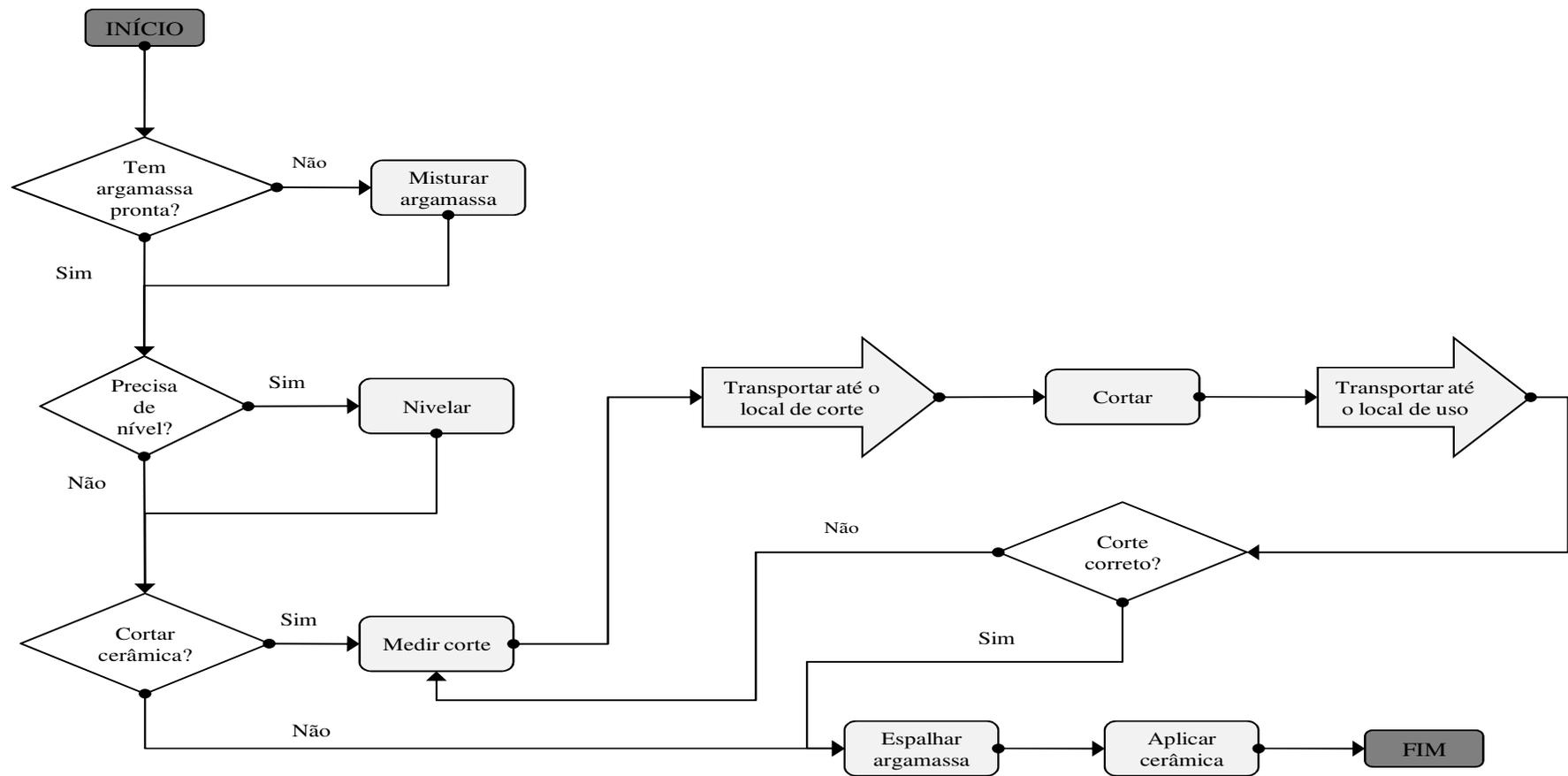


FIGURA 51 – Fluxograma do estado futuro da execução de piso com revestimento cerâmico.

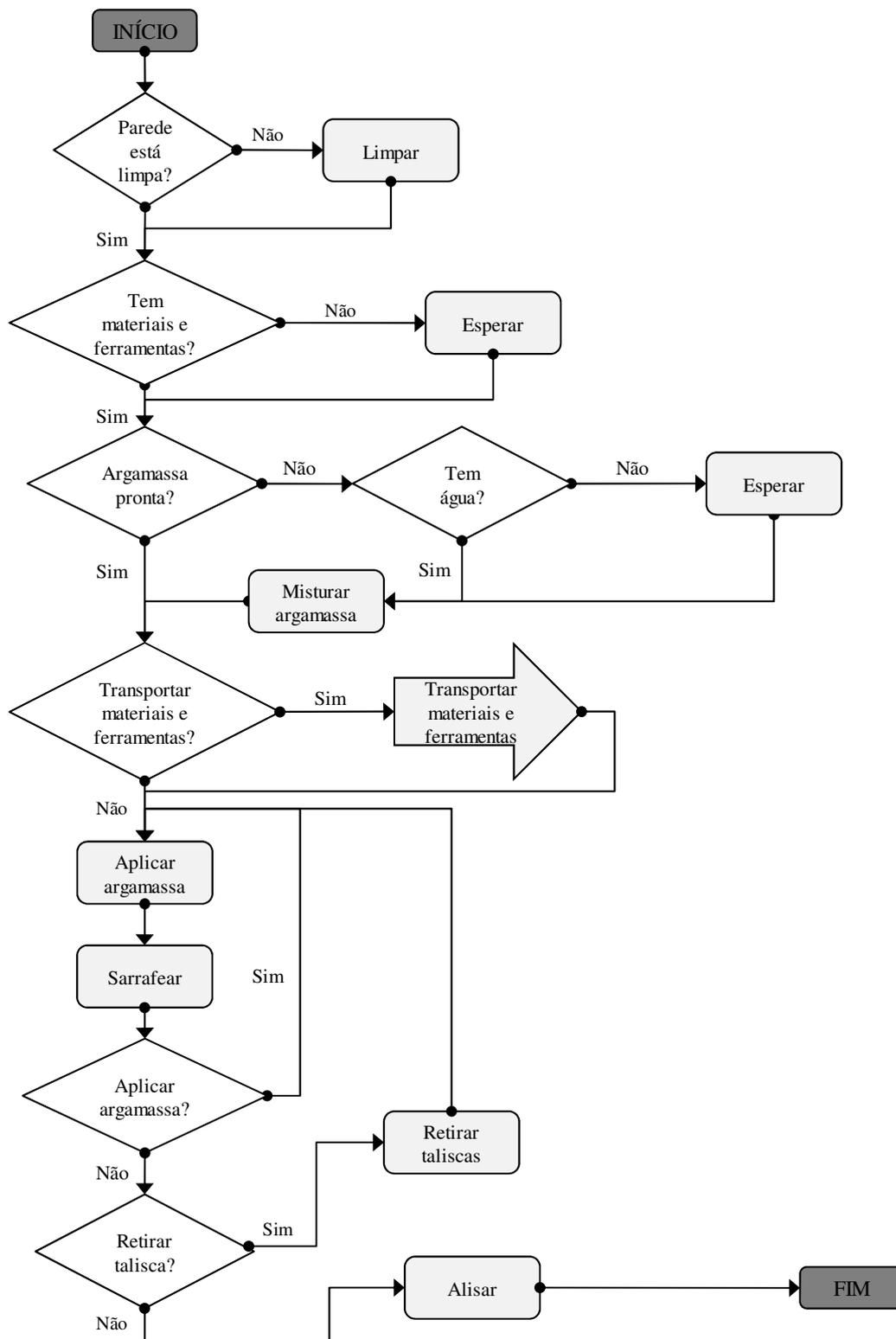


FIGURA 52- Fluxograma do estado atual da execução do reboco de parede interna, canteiro de obras

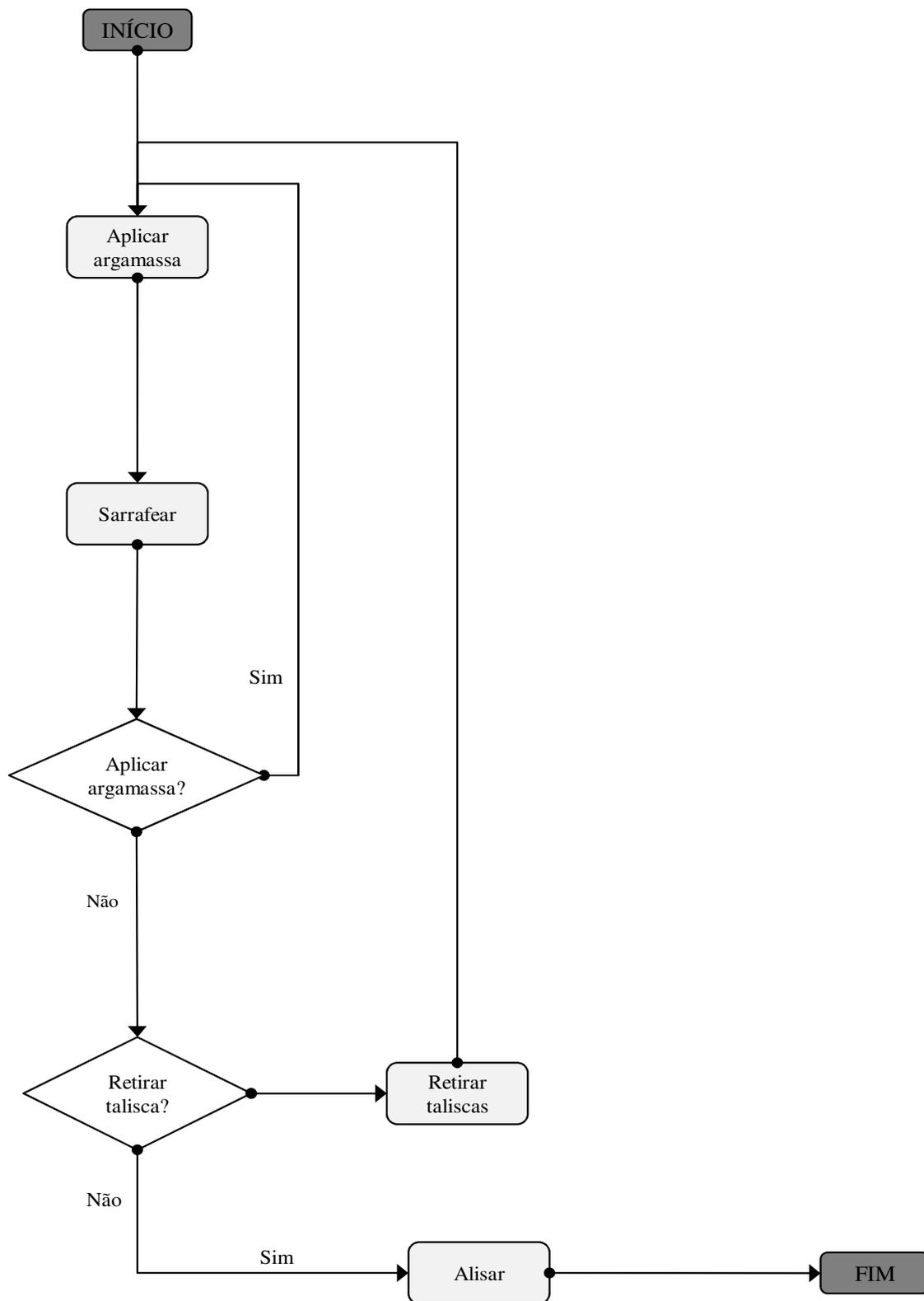


FIGURA 53 - Fluxograma do estado futuro da execução do reboco de parede interna.

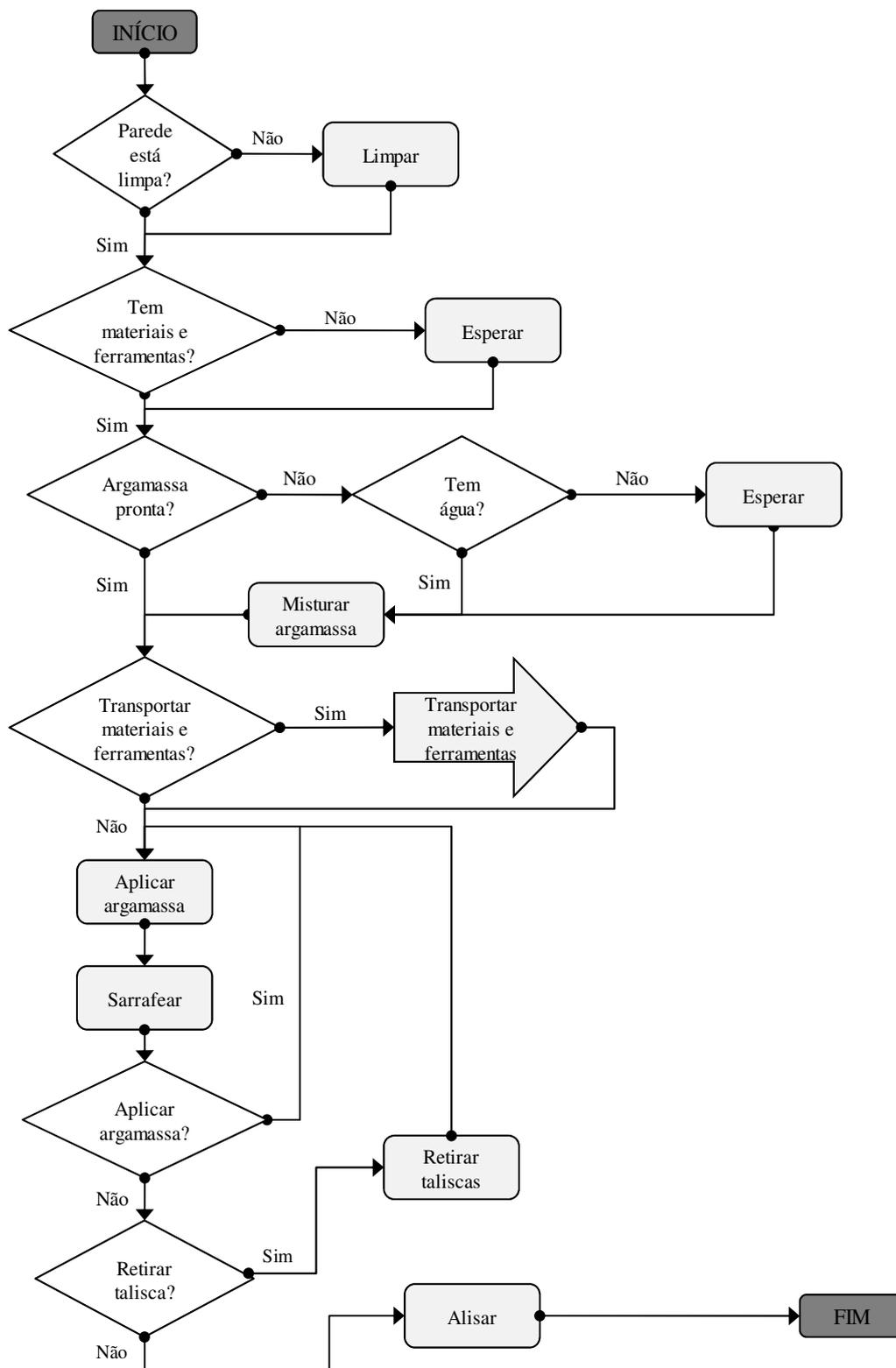


FIGURA 54 - Fluxograma do estado atual da execução do contrapiso, canteiro de obras A.

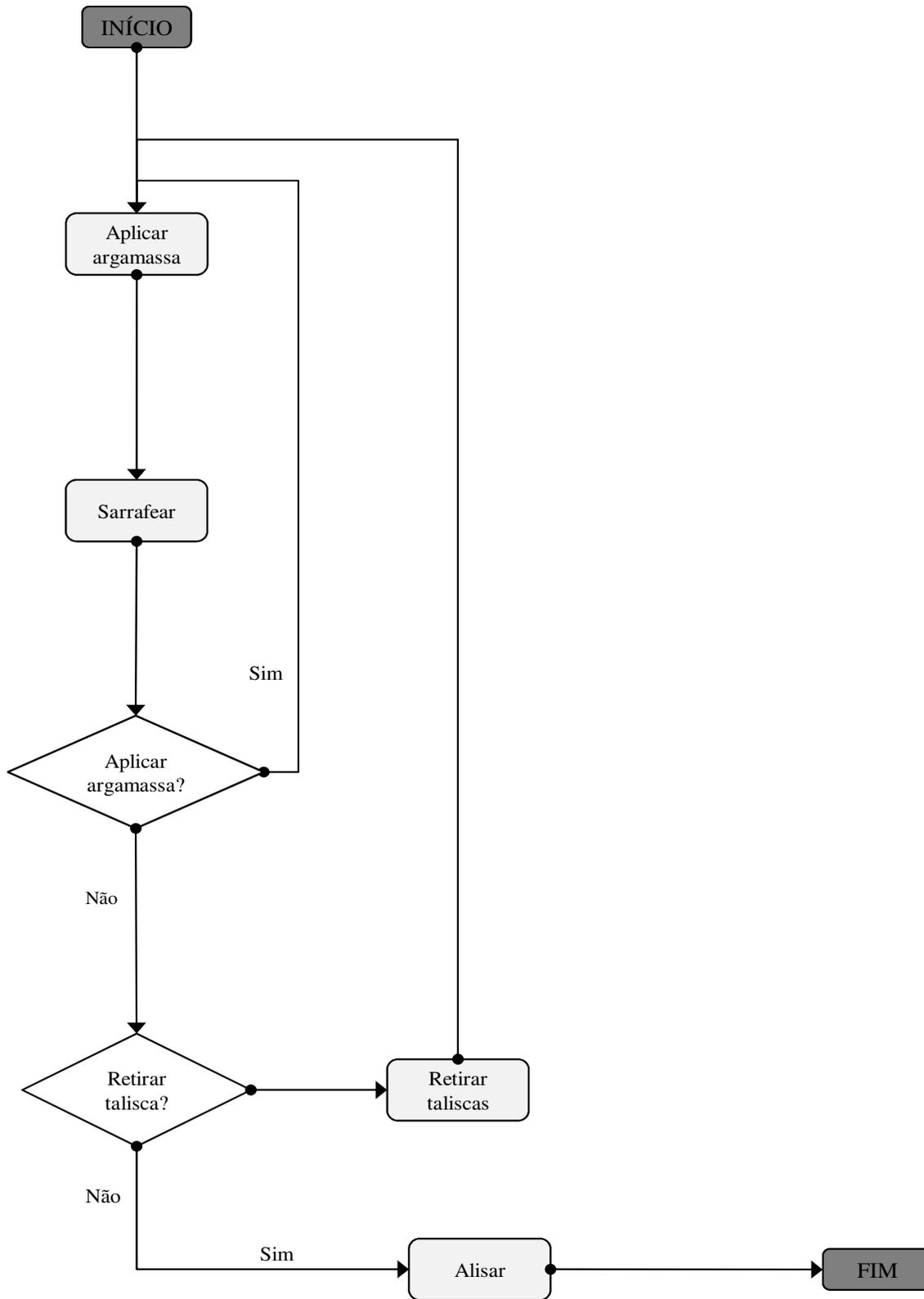


FIGURA 55 - Fluxograma do estado futuro da execução do contrapiso.

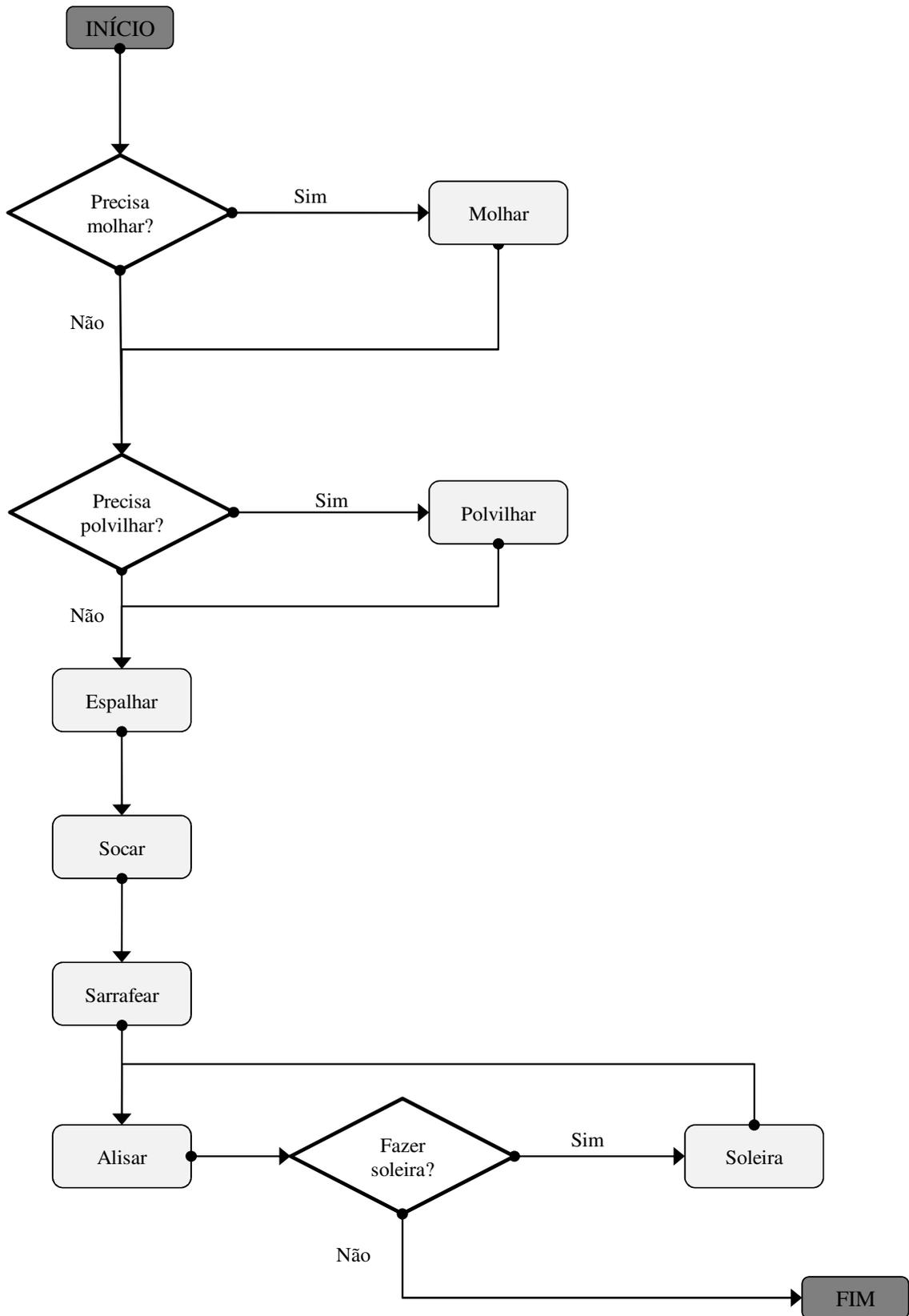


FIGURA 56 – Fluxograma do estado atual da execução do contrapiso, canteiro de obras B..

## **APÊNDICE I – RESUMO DOS DADOS COLETADOS**

**TABELA 26** – Resumo dos tempos (segundo) por metro quadrado por atividade e total na execução da cerâmica de parede interna, canteiro de obras A.

		Transportar materiais e ferramentas (Hh/m <sup>2</sup> )	Cortar (Hh/m <sup>2</sup> )	Espalhar argamassa (Hh/m <sup>2</sup> )	Aplicar cerâmica (Hh/m <sup>2</sup> )	Misturar argamassa (Hh/m <sup>2</sup> )	Esperar (Hh/m <sup>2</sup> )	Nivelar (Hh/m <sup>2</sup> )	Limpar (Hh/m <sup>2</sup> )	Tempo total por metro quadrado (Hh/m <sup>2</sup> )
Paredes	1	0,01	0,21	0,09	0,11	0,02	0,01	0,02	0,02	0,48
	2	0,00	0,04	0,03	0,05	0,01	0,00	0,00	0,01	0,15
	3	0,00	0,10	0,05	0,06	0,00	0,00	0,00	0,04	0,26
	4	0,01	0,31	0,07	0,11	0,03	0,00	0,02	0,00	0,55
	5	0,01	0,02	0,04	0,05	0,00	0,00	0,01	0,01	0,14
	6	0,01	0,01	0,02	0,03	0,02	0,00	0,02	0,02	0,13
	7	0,02	0,10	0,08	0,08	0,00	0,01	0,01	0,02	0,32
	8	0,01	0,07	0,05	0,05	0,02	0,00	0,00	0,00	0,21
	9	0,02	0,10	0,05	0,06	0,01	0,00	0,01	0,02	0,26
	10	0,02	0,10	0,05	0,06	0,02	0,00	0,01	0,01	0,26
	11	0,01	0,11	0,04	0,07	0,02	0,00	0,01	0,01	0,28
	12	0,06	0,02	0,04	0,05	0,02	0,01	0,01	0,02	0,22

**ABELA 27** – Resumo dos tempos por metro quadrado por atividade e total na execução do piso com revestimento cerâmico, canteiro de obras A.

		Transportar materiais e ferramentas (Hh/m <sup>2</sup> )	Misturar argamassa (Hh/m <sup>2</sup> )	Esperar (Hh/m <sup>2</sup> )	Cortar (Hh/m <sup>2</sup> )	Espalhar argamassa (Hh/m <sup>2</sup> )	Aplicar cerâmica (Hh/m <sup>2</sup> )	Limpar (Hh/m <sup>2</sup> )	Nivelar (Hh/m <sup>2</sup> )	Tempo total por metro quadrado (Hh/m <sup>2</sup> )
Cômodo	1	0,01	0,01	0,00	0,04	0,03	0,05	0,01	0,00	0,15
	3	0,01	0,02	0,00	0,04	0,04	0,06	0,02	0,01	0,19
	4	0,02	0,01	0,02	0,06	0,04	0,05	0,02	0,00	0,21
	5	0,02	0,01	0,01	0,04	0,04	0,06	0,02	0,00	0,19
	6	0,02	0,01	0,00	0,04	0,04	0,05	0,02	0,00	0,18
	7	0,01	0,01	0,00	0,03	0,04	0,04	0,02	0,00	0,14
	8	0,03	0,01	0,00	0,05	0,04	0,04	0,00	0,00	0,17
	9	0,02	0,01	0,00	0,06	0,04	0,05	0,04	0,00	0,21
	10	0,03	0,01	0,00	0,04	0,04	0,04	0,02	0,00	0,18
	11	0,02	0,01	0,04	0,03	0,03	0,04	0,01	0,00	0,18
	12	0,00	0,00	0,00	0,10	0,04	0,06	0,01	0,00	0,22
	13	0,03	0,02	0,00	0,03	0,04	0,04	0,01	0,00	0,18

**TABELA 28** – Resumo dos tempos por metro quadrado por atividade e total na execução do reboco de parede interna, canteiro de obras A.

		Aplicar argamassa (Hh/m <sup>2</sup> )	Sarrafeiar (Hh/m <sup>2</sup> )	Alisar (Hh/m <sup>2</sup> )	Retirar Taliscas (Hh/m <sup>2</sup> )	Esperar (Hh/m <sup>2</sup> )	Limpar (Hh/m <sup>2</sup> )	Misturar argamassa (Hh/m <sup>2</sup> )	Transportar materiais e Ferramentas (Hh/m <sup>2</sup> )	Total por metro quadrado (Hh/m <sup>2</sup> )
<b>Cômodos</b>	1	0,070	0,080	0,034	0,004	0,013	0,013	0,011	0,002	0,196
	2	0,084	0,066	0,020	0,002					0,181
	3	0,066	0,069	0,020	0,004					0,166
	4	0,053	0,044	0,035	0,002					0,152
	5	0,093	0,073	0,047	0,013	0,023	0,012	0,005	0,003	0,234
	6	0,054	0,052	0,019	0,004					0,154
	7	0,065	0,033	0,026	0,007					0,141
	8	0,075	0,065	0,039	0,015	0,037	0,002	0,005	0,000	0,203
	9	0,021	0,027	0,039	0,006					0,107
	10	0,066	0,053	0,032	0,005					0,177
	11	0,077	0,046	0,025	0,004	0,005	0,010	0,006	0,000	0,158
	12	0,039	0,049	0,055	0,003					0,161

**TABELA 29** – Resumo dos tempos por metro quadrado por atividades e total na execução do contrapiso, canteiro de obras A.

		Molhar (Hh/m <sup>2</sup> )	Espalhar (Hh/m <sup>2</sup> )	Socar (Hh/m <sup>2</sup> )	Sarrafeiar (Hh/m <sup>2</sup> )	Alisar (Hh/m <sup>2</sup> )	Esperar (Hh/m <sup>2</sup> )	Tempo total por metro quadrado (Hh/m <sup>2</sup> )
Cômodos	1	0,007	0,035	0,008	0,045	0,033	0,053	0,18
	2	0,005	0,030	0,009	0,033	0,035	0,026	0,14
	3	0,000	0,007	0,002	0,005	0,008	0,001	0,02
	4	0,068	0,096	0,025	0,073	0,042	0,044	0,35
	5	0,000	0,000	0,000	0,029	0,024	0,006	0,06
	6	0,020	0,085	0,030	0,172	0,057	0,132	0,50
	7	0,003	0,007	0,002	0,013	0,012	0,024	0,06
	8	0,009	0,044	0,006	0,040	0,035	0,057	0,19
	9	0,003	0,008	0,003	0,017	0,013	0,013	0,06
	10	0,009	0,033	0,007	0,039	0,029	0,055	0,17
	11	0,004	0,027	0,007	0,030	0,028	0,029	0,13
	12	0,000	0,003	0,005	0,020	0,021	0,000	0,05
	13	0,000	0,058	0,022	0,081	0,049	0,006	0,22
	14	0,004	0,011	0,004	0,027	0,016	0,000	0,06

**TABELA 30** – Resumo dos tempos por metro quadrado por atividades e total na execução do contrapiso, canteiro de obras B.

		Molhar (Hh/m <sup>2</sup> )	Espalhar (Hh/m <sup>2</sup> )	Socar (Hh/m <sup>2</sup> )	Sarrafear (Hh/m <sup>2</sup> )	Alisar (Hh/m <sup>2</sup> )
Cômodos	1	0,000	0,017	0,007	0,016	0,010
	2	0,000	0,013	0,002	0,015	0,015
	3	0,000	0,015	0,005	0,022	0,019
	4	0,000	0,018	0,005	0,020	0,008
	5	0,001	0,016	0,004	0,018	0,015
	6	0,000	0,014	0,005	0,026	0,019
	7	0,000	0,013	0,005	0,019	0,014
	8	0,000	0,023	0,008	0,021	0,014
	9	0,001	0,017	0,006	0,014	0,010
	10	0,000	0,018	0,005	0,019	0,011
	11	0,000	0,016	0,005	0,017	0,014
	12	0,000	0,017	0,006	0,020	0,018
	13	0,000	0,009	0,005	0,014	0,007
	14	0,000	0,014	0,005	0,013	0,012
	15	0,000	0,015	0,007	0,014	0,015
	16	0,000	0,013	0,004	0,022	0,015
	17	0,002	0,017	0,004	0,022	0,018
	18	0,000	0,012	0,009	0,024	0,024
	19	0,000	0,022	0,007	0,022	0,016
	20	0,000	0,015	0,007	0,013	0,011
	21	0,001	0,016	0,005	0,015	0,009

**TABELA 30** – Resumo dos tempos por metro quadrado por atividades e total na execução do contrapiso, canteiro de obras B (continuação).

	Esperar (Hh/m <sup>2</sup> )	Soleira (Hh/m <sup>2</sup> )	Polvilhar (Hh/m <sup>2</sup> )	Tempo total por metro quadrado (Hh/m <sup>2</sup> )	
Cômodos	1	0,016	0,000	0,001	0,07
	2	0,000	0,000	0,000	0,04
	3	0,000	0,000	0,000	0,06
	4	0,000	0,004	0,002	0,06
	5	0,000	0,002	0,003	0,06
	6	0,000	0,004	0,000	0,07
	7	0,000	0,002	0,002	0,06
	8	0,000	0,000	0,002	0,07
	9	0,000	0,000	0,002	0,05
	10	0,000	0,000	0,004	0,06
	11	0,000	0,000	0,001	0,05
	12	0,000	0,006	0,000	0,07
	13	0,000	0,003	0,000	0,04
	14	0,000	0,002	0,000	0,05
	15	0,000	0,002	0,000	0,05
	16	0,000	0,002	0,000	0,06
	17	0,000	0,003	0,004	0,07
	18	0,000	0,000	0,000	0,07
	19	0,000	0,003	0,003	0,07
	20	0,000	0,002	0,002	0,05
	21	0,000	0,002	0,002	0,05

## **APÊNDICE J – NORMAS DE PROCEDIMENTO**



## **1 PROCEDIMENTOS DE EXECUÇÃO DE SERVIÇOS**

A seguir serão descritos os procedimentos de execução dos serviços de assentamento de cerâmica em parede interna, assentamento de piso com revestimento cerâmico, reboco de parede interna e contrapiso, conforme as normas técnicas, quando existirem, ou práticas reconhecidas de bons procedimentos.

### **1.1 EXECUÇÃO DA CERÂMICA DE PAREDE INTERNA SEGUNDO NBR 8214:1983, NBR 13754:1996 E NR 18**

Os materiais usados para o assentamento de cerâmica em paredes internas devem atender às seguintes condições:

- cerâmica - estar conforme a NBR 5644 e possuir dimensões de acordo com a embalagem. Ela deve ser armazenada em lugar plano e firme, protegida das intempéries, em pilhas com altura máxima de dois metros. Ela deve ser retirada da caixa imediatamente antes de sua utilização (NBR 8214). Deve ser escolhida de acordo com sua finalidade, estar seca, a parte que ficará em contato com a argamassa de assentamento deve estar livre de poeira, engobes pulverulentos ou partículas que dificultem a boa aderência, classificação, bitola, codificação e códigos de tonalidade de acordo com a embalagem (NBR 13754);

- água de amassamento: sem a presença de teores prejudiciais de partículas estranhas conforme diz a NBR 6118 (NBR 13754);

- argamassa colante: a mistura da argamassa deve respeitar a proporção de água indicada pelo fabricante expressa em litros. Na mistura manual a argamassa colante em pó deve ser colocada em uma caixa e a água adicionada aos poucos, misturando e amassando até a obtenção de uma argamassa sem grumos, pastosa e aderente. Ela deve ser deixada em repouso por alguns minutos (conforme instruções de cada fabricante) para que os aditivos iniciem sua ação e então deve ser novamente misturada, protegida da chuva e do vento. Seu uso deve ocorrer no máximo duas horas e meia após preparo, não sendo permitido a adição de mais água ou outros produtos (NBR 13754).

A superfície de aplicação não deve apresentar áreas muito lisas, muito úmidas, pulverulentas, com eflorescências, bolor ou impregnações com substâncias gordurosas (NBR 8214). O assentamento só deve começar quando as canalizações de água e esgotos estiverem embutidas e testadas quanto a estanqueidade, as caixas de passagem e derivações de instalações elétricas e telefônicas devem estar corretamente embutidas, caixilhos e batentes corretamente fixados e quando o revestimento de teto aplicado diretamente sobre a laje estiver pronto (NBR 13754).

Antes do início do assentamento deve-se verificar se existe na obra quantidade suficiente de placas cerâmicas (número de peças necessárias + sobra), se a temperatura é superior a cinco graus Celsius e se o menor número de cortes possível foi previsto.

O desvio de prumo da superfície de aplicação não deve exceder  $H/600$  ( $H$  é a altura total considerada), a camada de regularização que vai receber a cerâmica deve ser feita com máxima antecedência de forma diminuir o efeito da retração da argamassa. As irregularidades abruptas não devem ser maiores que 1 mm em uma régua de 20 cm (NBR 8214).

As cerâmicas podem ser assentadas na diagonal, com junta a prumo ou em amarração e entre elas deve haver juntas com largura suficiente para a infiltração do rejunte e para que a cerâmica possa se acomodar devido as movimentações da parede e/ou argamassa de assentamento. As bordas das cerâmicas teoricamente alinhadas não devem ter afastamento maior que 2 mm em relação a uma régua de 2 m faceada com os ladrilhos externos (NBR 8214). Quando assentada e submetida a pequenos impactos a cerâmica não deve produzir um som cavo para ser considerada aderida adequadamente a parede (NBR 8214).

Para processos de assentamento com produtos pré-fabricados a base de cimento as cerâmicas não precisam ser molhadas, as peças destinadas a arremates devem ser cortadas com ferramenta cortante de metal duro ou diamante, não sendo aceitas cerâmicas com corte irregular nas arestas. As perfurações devem preferencialmente ser feitas com o uso de ferramentas adequadas (NBR 8214 e NBR 13754).

A extensão de espalhamento da argamassa dependerá das condições locais de temperatura, insolação, ventilação e umidade relativa do ar. Se as condições forem severas, pode haver diminuição do tempo em aberto da argamassa, formando uma película sobre seus cordões. Para verificar se a argamassa não ultrapassou seu tempo em aberto é só retirar uma peça recém colocada e verificar se seu tardo está totalmente impregnado de argamassa colante (NBR 13754).

Segundo a NR 18 o ambiente de trabalho deve estar organizado, limpo e desimpedido nas áreas de circulação, passagens e escadaria.

A desempenadeira de aço dentada utilizada para aplicação, deve ser fabricada em aço com espessura de 0,5 mm, com dimensões aproximadas de 11 cm x 28 cm. Ela deve possuir duas arestas lisas e duas arestas dentadas. O tamanho de seus dentes depende da área da superfície das placas cerâmicas conforme mostrado no quadro 24.

**QUADRO 24** - Dimensões dos dentes da desempenadeira. Fonte: adaptado da NBR 13754.

Área S da superfície das placas cerâmicas cm <sup>2</sup>	Formato dos dentes da desempenadeira mm
$S < 400$	Quadrados 6 x 6 x 6
$400 \leq S < 900$	Quadrados 8 x 8 x 8
$S \geq 900$	Quadrados 8 x 8 x 8

Inicialmente com o lado liso da desempenadeira, estender uma camada uniforme de 3 a 4 mm de argamassa, em seguida com o lado dentado formar cordões. O resto de argamassa retirado com os dentes

da desempenadeira deve voltar ao recipiente da argamassa para que seja novamente misturada e usada. As irregularidades na base ou nas placas cerâmicas devem ser preenchidas totalmente pela argamassa colante (NBR 13754).

O assentamento deve ocorrer de baixo para cima, uma fiada de cada vez. Para definição do alinhamento, duas peças devem ser fixadas nas extremidades interiores da parede na cota prevista para o revestimento do piso, elas servirão como guia. Como guia para as demais cerâmicas da fiada pode ser utilizada uma linha fixada entre essas duas placas, régua de madeira ou metálica (NBR 13754).

As placas cerâmicas com área menor que  $900 \text{ cm}^2$  devem ser aplicadas sobre os cordões, levemente fora da posição final. Sendo então pressionadas, movendo-as perpendicularmente aos cordões até sua posição correta. Quando no local correto, pequenas vibrações manuais com a ponta dos dedos em grande frequência devem ser aplicadas provocando acomodação das mesmas. Os cordões de argamassa devem ser desfeitos por completo, formando uma camada uniforme, impregnando totalmente o tardo (NBR 13754). Quando for necessário ajustar o nível, a cerâmica pode sofrer pequenos impactos com ferramenta de madeira ou borracha (NBR 8214).

Nas peças, com área igual ou maior que  $900 \text{ cm}^2$ , também deve ser espalhada e penteada argamassa colante no seu tardo. O restante do procedimento é igual ao das peças menores que  $900 \text{ cm}^2$  (NBR 13754).

## 1.2 EXECUÇÃO DO PISO COM REVESTIMENTO CERÂMICO SEGUNDO NBR 13753:1996, NBR 9817:1987 E NR 18

A execução deve preferencialmente acontecer em condições climáticas médias para o local (NBR 9817).

Os materiais usados para o assentamento do revestimento cerâmico de piso devem atender às seguintes condições:

- revestimento cerâmico: deve ser escolhido de acordo com a finalidade de sua aplicação, estar seco e retirado da embalagem momentos antes do uso, o tardoaz deve estar isento de pó, engobes pulverulentos ou partículas prejudiciais à aderência (NBR 13753). Ele deve ser armazenados em lugar plano e firme, protegido das intempéries, em pilhas com altura máxima de 2 m, em grupos por dimensão, tonalidade e/ou classe. Choques e contato com materiais abrasivos ou contaminantes devem ser evitados (NBR 9817);

- água de amassamento: sem a presença de teores prejudiciais de partículas estranhas conforme diz a NBR 6118 (NBR 13753);

- argamassa de assentamento: a mistura deve ser preparada em um recipiente limpo e protegido do sol e lançada sobre a camada de regularização previamente feita (NBR 9817). O amassamento manual da argamassa, só deve ser realizado para pequenos volumes. Deve ser feito em superfícies planas ou sobre estrado, impermeável, evitando a possibilidade de contaminação por terra ou outras

impurezas. Primeiramente a argamassa colante em pó deve ser colocada em um recipiente adequado e a água adicionada aos poucos, respeitando a quantidade indicada na embalagem, até a obtenção de uma argamassa sem grumos, pastosa e aderente. No amassamento mecânico, colocar água em um balde, agitando-a e misturando o pó da argamassa colante até a obtenção de uma argamassa sem grumos, pastosa e aderente. A argamassa deve ficar protegida da chuva e do sol e ser utilizada no máximo até duas hora e meia de seu preparo, sendo proibida a adição de água ou outros produtos nesse período (NBR 13753).

Este serviço só deve ser iniciado após a conclusão dos seguintes precedentes: revestimento de paredes, revestimento de tetos, fixação de caixilhos, execução de impermeabilização, instalação e ensaio de estanqueidade de tubulações. Também deve-se ter certeza da existência de pisos cerâmicos em quantidade suficiente (número necessário de pisos + 5% a 10 % de sobra) para o assentamento, imprevistos e reparos futuros. A camada de base ou regularização deve estar curada antes (quatorze dias após execução do contrapiso) do início do assentamento, ou seja, no mínimo quatro semanas após a concretagem da base ou duas semanas após a execução da camada de regularização (NBR 9817 e NBR 13753). E a temperatura ambiente não deve ser inferior a cinco graus Celsius (NBR 13753).

Antes do assentamento deve ser feito um planejamento para que haja o menor número possível de cortes. O assentamento pode ser feito com disposições de assentamento: contínuas, amarração, damas e escamas. O assentamento deve começar pelos cantos mais visíveis do ambiente ou locais onde serão formadas juntas de movimentação sem interrupções (NBR 9817 e NBR 13753).

Em ambientes não molháveis o piso deve estar em nível ou com caimento máximo de 0,5%. Em ambientes molháveis devem ter caimento de 0,5% a 1,5% em direção ao ralo ou porta de saída. Nos boxes dos banheiros o caimento deve ser 1,5% a 2,5% em direção ao ralo (NBR 9817 e NBR 13753). Esses caimentos devem ser feitos no contrapiso ou na camada de regularização (NBR13753)

A base que vai receber o piso preferencialmente deve ter o caimento especificado para o piso e não deve ser muito lisa, úmida, com manchas de ferrugem, pulverulência ou impregnação com substâncias gordurosas. As sujeiras devem ser removidas por escovação ou lavação com água, produtos químicos e se necessário raspagem com espátula ou escova de fios de aço. Quando a superfície de assentamento for muito lisa deve ser picotada, logo após o endurecimento do concreto (NBR 9817 e NBR 13753). O contrapiso só precisa ser umedecido para aplicação da argamassa colante em ambientes sujeitos a insolação e ventilação, porém sem saturá-lo (NBR 13753).

O revestimento cerâmico deve ser assentado a seco sobre a argamassa colante estendida sobre a base. Pisos que serão usados em arremates nos encontros de paredes devem ser cortados com ferramenta com ponta de vídia ou diamante, não sendo aceitos revestimento cerâmicos com cortes irregulares devido ao uso de torquês (NBR 13753).

Segundo a NR 18 o ambiente de trabalho deve estar organizado, limpo e desimpedido nas áreas de circulação, passagens e escadaria.

As juntas de assentamento devem ter tamanho conforme o quadro 25, ajudar no alinhamento, facilitar a troca de placas cerâmicas, ter espaço suficiente para o preenchimento para vedação da junta, possibilitar a movimentação da base e atender a estética. Recomenda-se o uso de espaçadores ou o uso de uma linha esticada, desta forma garantindo o alinhamento e correto espaçamentos das juntas (NBR 13753).

**QUADRO 25** - Largura mínima das juntas de assentamento para pisos internos. Fonte: adaptada da NBR 9817.

Área S da superfície das placas cerâmicas cm <sup>2</sup>	Largura mínima da junta de assentamento para pisos internos (mm)
$S < 225$	1
$225 \leq S < 400$	2
$400 \leq S < 800$	3
$800 \leq S < 1800$	4
$S > 1800$	5

As juntas de dessolidarização, junta no encontro entre o revestimento cerâmico e obstáculos verticais, deve ter entre 5mm e 10 mm. Elas são dispensadas em pisos internos com área igual ou menor que 20 m<sup>2</sup> e com comprimento menor que 8 m (NBR 9817).

A desempenadeira de aço dentada utilizada para aplicação deve ser fabricada em aço com espessura de 0,5 mm, com dimensões aproximadas de 11 cm x 28 cm. Ela deve possuir duas arestas lisas e duas arestas dentadas. O formato de seus dentes depende da área da superfície das placas cerâmicas conforme mostrado na quadro 26. Inicialmente o espalhamento deve ser feito com o lado liso, formando uma camada de 3 mm a 4 mm, em seguida com a desempenadeira em um ângulo de 60° o lado dentado é passado, formando os cordões. O excesso de argamassa retirado pela desempenadeira deve ser colocado novamente no recipiente juntamente com o restante da argamassa e novamente misturado para próxima aplicação. Os cordões devem ser totalmente desfeitos com a aplicação do revestimento cerâmico (NBR 13753).

**QUADRO 26** - Dimensões dos dentes da desempenadeira. Fonte: adaptado da NBR 13753.

Área S da superfície das placas cerâmicas cm <sup>2</sup>	Formato dos dentes da desempenadeira mm
$400 \leq S < 900$	Quadrados 8 x 8 x 8
$S \geq 900$	Quadrados 8 x 8 x 8

O espaço provocado por irregularidades da superfície do contrapiso e empeno das peças, deve ser totalmente preenchido com argamassa colante. Reentrâncias no tardo de alguns revestimentos cerâmicos devem ser completamente preenchidas com argamassa pelo menos um dia antes do seu assentamento. Revestimentos cerâmicos com área superior a  $600 \text{ cm}^2$  deve ter seu tardo preferencialmente chapiscado pelo menos um dia antes do assentamento (NBR 9817 e NBR 13753).

A extensão de espalhamento da argamassa colante vai depender das condições locais de temperatura, insolação, ventilação e umidade relativa do ar. Se as condições forem agressivas, pode se formar uma película sobre os cordões, prejudicando a aderência. Para verificar a aderência nesse caso deve-se retirar algumas peças recém colocadas e verificar seu tardo que deve estar totalmente impregnado de pasta de argamassa colante (NBR 13753).

Em revestimentos cerâmicos com área menor que  $900 \text{ cm}^2$  deve-se espalhar e pentear a argamassa sobre o contrapiso, os revestimentos cerâmicos devem ser aplicados levemente fora de posição, pressionados e arrastados até seu local final, quando então vibrações manuais devem ser aplicadas para possibilitar a melhor acomodação. Essa boa acomodação pode ser verificada quando a argamassa colante fluir pelas bordas da placa. Em revestimentos cerâmicos com área igual ou maior que  $900 \text{ cm}^2$  a argamassa deve ser espalhada e penteada sobre o tardo do revestimento cerâmico, os

demais procedimentos são iguais às peças menores que 900 cm<sup>2</sup> (NBR 13753).

É proibido o trânsito de pessoas sobre o revestimento logo após seu assentamento. Após três dias andar sobre o revestimento cerâmico é permitido, usando pranchas largas de madeira. São necessários quatorze dias para que se possa liberar o trânsito de pessoas (NBR 13753).

A diferença de cota não deve ser superior a 5 mm ao especificado no projeto. A cota do piso deve ser inferior à cota dos ambientes com piso não lavável. O desnível em pisos projetados em nível não deve ser superior a  $L/1000$  ( $L$  = comprimento total considerado) ou 5 mm. Irregularidades graduais na planeza do piso não devem ultrapassar 3 mm em uma régua de 2m. Ressaltos em peças contíguas não devem exceder 1 mm. O alinhamento das juntas em peças teoricamente alinhadas, não deve ser maior que 1 mm em uma régua de 2 m, faceada com as placas cerâmicas das extremidades da régua (NBR 13753).

### 1.3 EXECUÇÃO DE REBOCO DE PAREDE INTERNA, CAMADA ÚNICA, SEGUNDO NBR 7200:1982, NBR 13749:1996 E NR 18

Os materiais utilizados devem atender algumas condições:

- água de amassamento: deve ser protegida de contaminação e atender ao disposto na NBR 6118 (NBR 7200);

- agregados: estocados em compartimentos identificados por tipo, confinados em compartimentos com três lados, com fundo inclinado e drenado, caso não seja drenado evitar o uso dos 15 cm mais próximos do solo. O compartimento deve ser protegido evitando a contaminação por resíduos da obra. Agregados com grumos ou materiais contaminantes devem ser peneirados antes da utilização (NBR 7200);

- adições: devem seguir as mesmas orientações dos agregados citados acima (NBR 7200);

- materiais ensacados: os sacos devem ser armazenados em locais secos de forma que sua qualidade seja preservada e de maneira que possibilitem o fácil acesso e identificação de cada lote. Os sacos devem ser colocados sobre estrados secos em pilhas de no máximo dez sacos (NBR 7200).

Os revestimentos com argamassa devem ser compatíveis com o acabamento decorativo, ter resistência mecânica decrescente ou uniforme (a partir da primeira camada em contato com a base), ser composta por uma ou mais camadas de argamassa superpostas contínuas e uniformes e resistir a variações normais de temperatura e umidade do meio. Não deve apresentar cavidades, fissuras, manchas e eflorescências. Em paredes internas a espessura deve ser de 5 mm a 20 mm, caso exceda essa espessura cuidados especiais devem ser tomados (NBR 13749).

Algumas condições devem ser observadas como a necessidade do uso de ferramentas especiais, período em que ocorrerá o serviço, verificação da necessidade de andaimes e outros equipamentos auxiliares e adequação do canteiro à instalação destes equipamentos. As canalizações de água e esgoto devidamente testadas, eletrodutos, caixas de passagem ou derivação de instalações elétricas e telefônicas já devem estar embutidas, e vãos de portas e janelas devidamente localizados e contramarcos (se for o caso) instalados (NBR 7200).

Segundo a NR 18 o ambiente de trabalho deve estar organizado, limpo e desimpedido nas áreas de circulação, passagens e escadaria.

Para o início do serviço algumas idades mínimas devem ser respeitadas, a estrutura de concreto e alvenaria armadas estruturais devem ter mais que 28 dias, e 14 dias para as alvenarias não armadas estruturais, alvenarias não estruturais de tijolo, blocos cerâmicos, concreto celular e blocos de concreto (desde que curados por 28 dias). O chapisco deve ter no mínimo 3 dias (NBR 7200).

A fim de garantir a qualidade da argamassa preparada em obra, a central de produção de argamassa deve ter misturador mecânico, estoques de materiais em compartimentos separados, ponto de água canalizada próximo ao misturador, peneira e meios para medição de agregados, água e adições. O traço deve ser estabelecido por projetista ou consultor (NBR 7200).

A base não deve ter distorção da planeza, em irregularidades graduais, maior que 3 mm em relação a uma régua com 2 m de comprimento e 2mm numa régua de 20 cm de comprimento para irregularidades abruptas. O máximo desvio de prumo admitido e de  $H/900$  ( $H$  = altura da parede, em metros) e o nível não pode exceder  $L/900$  ( $L$  = comprimento do maior vão do teto, em metros), deve ter elevada absorção (NBR 13749).

Antes da aplicação da argamassa deve ser aplicado o chapisco quando a superfície não for muito aderente. Infiltrações devem ser eliminadas antes da aplicação do revestimento. Os recipientes de transporte e ferramentas usados na aplicação do reboco devem ser mantidos limpos (NBR 7200).

As irregularidades da base como pontas de ferro e rebarbas entre juntas de alvenaria devem ser retidas, depressões, furos e rasgos devem ser preenchidos. A base precisa estar livre de pó, graxa, óleo, eflorescências, materiais soltos ou quaisquer produtos ou incrustações que possam prejudicar a aderência (NBR 7200).

A temperatura ambiente deve ser superior a 5 °C para a aplicação da argamassa de revestimento, quando a temperatura for superior a 30 °C deve-se tomar cuidado para que o revestimento permaneça úmido por pelo menos 24 h, quando a umidade do ar for baixa, ventos fortes ou insolação forte direta sobre os planos revestidos (NBR 7200).

Para a determinação do plano, pontos de referência serão dispostos de forma que uma régua possa ser utilizada no sarrafeamento. Nesses pontos serão fixadas taliscas de peças planas de material cerâmico, com material idêntico ao que será usado no revestimento (NBR 7200).

Com as taliscas colocadas deve ser feito o preenchimento de faixas com argamassa, posteriormente regularizada com régua. Essas faixas servirão como guias ou mestras. Quando as guias ou mestras estiverem rígidas aplica-se a argamassa na superfície a ser revestida. Essa aplicação é feita com colher de oficial ou através de processo mecânico, durante esse preenchimento as taliscas devem ser retidas e os vazios preenchidos (NBR 7200).

Quando a argamassa adquirir consistência adequada, retira-se o excesso e faz-se a regularização da superfície com a passagem da régua. Em seguidas depressões são preenchidas, através de novo lançamento de argamassa repetindo o sarrafeamento até a obtenção de uma superfície homogênea. Após o sarrafeamento deve-se executar o alisamento da superfície com desempenadeira e esponja (NBR 7200).

#### 1.4 EXECUÇÃO DO CONTRAPISO SEGUNDO NBR 13753:1996, NBR 9817:1987, NR 18 E BOAS PRÁTICAS

O contrapiso é uma camada lançada sobre a laje, terreno, camada intermediária de isolamento ou impermeabilização, feita de

argamassa ou enchimento (BS 8204 *apud* BARROS; SABBATINI, 1991). Já Cichinelli (2005) define o contrapiso como uma camada lançada sobre uma laje estrutural ou lastro de concreto com finalidade de regularização.

Ele tem como função possibilitar desníveis entre ambientes, declividades para escoamento de água, regularizar a base para o recebimento do piso, embutimento e fixação de piso e seu componentes de instalações, isolamento térmico e acústico, barreira estanque ou impermeável (CSTB, 1982 *apud* BARROS; SABBATINI, 1991). Também comumente chamada de enchimento. Segundo as NBR 9817 e NBR 13753 esta camada é feita para regularização da base, correção de cota e/ou do caimento do piso, impermeabilização, embutimento de canalizações, isolamento térmica, e separação entre a base e a camada de assentamento.

Segundo BS 8204 e DIN 18560 (*apud* BARROS; SABBATINI, 1991) o contrapiso pode ser:

- aderido - possui total aderência a base, com espessuras de 2 a 4 cm;
- não aderido – quando a aderência a base não é essencial para seu desempenho. Não é necessário preparar e limpar a base e possui espessura superior a 3,5 cm;
- flutuante: quando entre a base e o contrapiso existe uma camada (s) intermediária (s) de isolamento ou impermeável, o que impede totalmente sua aderência Sua espessura varia de 4 a 7 cm.

Ele deve apresentar as seguintes características (DIN 18560 *apud* BARROS e SABBATINI, 1991):

- proporcionar boa aderência;
- ser capaz de absorver deformações sem comprometer seu desempenho;
- ter resistência mecânica para se manter íntegro durante as fases de execução e utilização;
- resistir ao esmagamento;
- ser durável;

A argamassa utilizada pode ser plástica, que exige equipamentos especiais para seu adensamento, ou argamassa seca, mais comumente usada, pois a compactação pode ser feita manualmente (BARROS; SABBATINI, 1991).

Os materiais normalmente usados são cimento, areia e água. A dosagem depende da resistência mínima desejada, geralmente em edifícios habitacionais recomenda-se o uso de 250 Kg/m<sup>3</sup> de cimento (ELDER; VENDERBERG, 1977; BS 8203, 1989; BS 4551, 1980; CSTC 1987 *apud* BARROS; SABBATINI, 1991). Sua preparação deve ocorrer preferencialmente na central de argamassa afim de se obter maior controle sobre a produção (BARROS; SABBATINI, 1991).

Segundo a NR 18 o ambiente de trabalho deve estar organizado, limpo e desimpedido nas áreas de circulação, passagens e escadaria.

A base deve ser preparada de maneira a obedecer ao caimento necessário para o piso. Para sua preparação a base deve estar limpa e sem umidade excessiva, seu material não deve ser contaminado com matéria orgânica ou substâncias agressivas, ser realizada na espessura prevista no projeto e no caso da existência de canalizações elas já devem ter sido previamente testadas (NBR 9817). A argamassa deve ser distribuída e em seguida compactada com soquete manual, em camadas de no máximo 5 cm de espessura. A tolerância máxima de desnível ao projetado é de 3 mm (BARROS; SABBATINI, 1991)

Aplicar sobre a base uma mistura de aditivo e água, em seguida polvilhar cimento, esta mistura serve como ponte de aderência entre a laje e contrapiso. Espalhar a argamassa sobre a superfície com o auxílio de uma enxada. O próximo passo é compactar a argamassa com um soquete de madeira de modo que ela chegue no nível desejado. Após compactada a argamassa deve ser sarrafeada com régua de alumínio apoiada nas taliscas, em movimentos vai-e-vem, até a obtenção do nível pretendido. Nas falhas e pequenos buracos que aparecerem deve se colocado um pouco de argamassa e nivelada. O passo final é o alisamento da argamassa com uma desempenadeira de madeira ou alumínio (CICHINELLI, 2005).

## **APÊNDICE K – TRATAMENTO DE DADOS**

---

Para a realização do tratamento dos dados, algumas considerações foram seguidas. Em um experimento planejado, variações deliberadas ou propositais são feitas nas variáveis controláveis do sistema ou processo para a observação dos dados de saída. Para saber se as variações causaram diferença no processo, um de teste de hipótese para duas amostras pode ser realizado (MONTGOMERY; RUNGER 2009).

O cálculo do erro da amostra para uma população finita não muito grande é feito da seguinte forma:

$$E = \sqrt{\frac{N \cdot z_{\alpha/2}^2 \cdot p \cdot q}{n \cdot (N-1) + z_{\alpha/2}^2 \cdot p \cdot q}} \quad (7)$$

Onde:

E: erro da amostra;

N : amplitude da população;

z: valor retirado da distribuição normal (quadro 13, anexo A);

n: amplitude da amostra;

p: % de ocorrência esperada para a propriedade;

q : 100-p.

Quando o valor de “p” adotado é 50% tem-se a estimativa de erro.

Os dados coletados foram tratados estatisticamente para a identificação de valores espúrios, com teste de Grubbs. Para verificação de valores espúrios a seguinte sequência foi seguida:

- dispor em ordem crescente os dados da amostra;
- calcular a média e o desvio-padrão da amostra;
- calcular:

$$t_n = \left| \frac{(x_n - \bar{X})}{S} \right| \quad (8)$$

Onde:

$x_n$ : valor de um dado da amostra;

$\bar{X}$ : média da amostra;

$S$ : desvio-padrão da amostra.

- achar o valor extremo para a amostra de tamanho “n”; no quadro 12 (anexo A);

- se o valor de  $t_n$  for maior que o valor retirado do valor é espúrio e deve ser excluído.

Observação: após a exclusão do valor espúrio a amostra deve ser novamente testada.

Quando uma amostra é pequena para que se possa fazer o teste de hipóteses é necessário verificar se ela é normal para que se tenha um pequeno efeito de variabilidade. Para testar a normalidade

do dado foi utilizado método de Kolmogorov-Smirnov, conforme as seguinte etapas:

- dispor em ordem crescente os dados da amostra;
- calcular a média e desvio padrão;
- calcular:

$$z_n = \frac{x_n - \bar{X}}{S} \quad (9)$$

Onde:

$x_n$ : valor de um dado da amostra;

$\bar{X}$ : média da amostra;

S: desvio-padrão da amostra.

- achar valores de frequência esperada ( $P_E$ ) para cada “z” no quadro 13.

- calcular frequência observada acumulada ( $P_O$ )

$$P_o = \frac{i_n}{n} \quad (10)$$

Onde:

$i_n$ : posição numérica de um dado da amostra;

n: número de elementos da amostra.

- calcular a diferença entre de  $P_E$  e a  $P_O$ .

- identificar a maior diferença ( $D_{m\acute{a}x}$ );

- achar o valor de  $D_\alpha$  (tabela 23. anexo A) para o número de amostras e significância de 5%;

- a normalidade pode ser aceita se:

$$D_{m\acute{a}x} < D_\alpha \quad (11)$$

Para atestar a eficiência da implementação de melhorias no processo, uma comparação de duas variâncias e duas médias pode ser feita. Segundo Montgomery e Runger (2009) o teste de hipótese para a comparação de duas variâncias é feito utilizando a distribuição F. Esse teste de hipótese fornece uma afirmação sobre os parâmetros de duas amostras conforme os seguintes passos:

- achar a média ( $\bar{X}$ ) e o desvio padrão ( $S$ ) de cada amostra;

1. Calcular:

$$F = \frac{S_x^2}{S_y^2} \quad (12)$$

Onde:

$$S_x^2 > S_y^2$$

- achar  $F_{\alpha(n_x-1, n_y-1)}$  para uma significância  $\alpha$ .

Onde:

- se  $F > F_\alpha$  as variâncias das amostras são diferentes.

- se  $F < F_\alpha$  testar as duas médias para tentar provar a diferença entre as amostras com o teste de hipótese para duas médias;

O teste de hipótese para a diferença nas médias com variâncias populacionais desconhecidas, é obtido da seguinte forma:

1. Calcular:

$$Sp^2 = \frac{(n_x-1).S_x^2 + (n_y-1).S_y^2}{n_x+n_y-2} \quad (13)$$

Onde:

$n_x$ : tamanho da amostra x;

$n_y$ : tamanho da amostra y;

2. Calcular:

$$|t| = \frac{|\bar{x} - \bar{y}|}{\text{Sp} \cdot \sqrt{\frac{1}{n_x} + \frac{1}{n_y}}} \quad (14)$$

3. Achar  $t_{\frac{\alpha}{2}(n_x+n_y-2)}$ , na tabela 24 (anexo A) para uma significância  $\alpha$ ;
4. Se  $|t| > t_{\frac{\alpha}{2}(n_x+n_y-2)}$  pode-se afirmar com  $(100\% - \alpha)$  de confiabilidade que as amostras são diferentes.

Com base nas normas pertinentes para cada serviço a análise estatística dos dados coletados ajuda a comprovar a eficiência da aplicação da teoria *lean construction* em alguns serviços.