

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOTECNIA,
ESTRUTURAS E CONSTRUÇÃO CIVIL

**DIRETRIZES BASEADAS NO CUSTEIO KAIZEN
PARA MELHORIA DO CICLO PRODUTIVO DAS
HABITAÇÕES POR MEIO DE SIMULAÇÃO
COMPUTACIONAL**

RAQUEL FRANCO BUENO

**D0148C17
GOIÂNIA
2017**

**TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR
VERSÕES ELETRÔNICAS DE TESES E DISSERTAÇÕES
NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG**

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), regulamentada pela Resolução CEPEC nº 832/2007, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei nº 9610/98, o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou *download*, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

1. Identificação do material bibliográfico: Dissertação Tese

2. Identificação da Tese ou Dissertação:

Nome completo do autor: Raquel Franco Bueno

Título do trabalho: Diretrizes baseadas no Custeio Kaizen para melhoria do ciclo produtivo das habitações por meio de simulação computacional

3. Informações de acesso ao documento:

Concorda com a liberação total do documento SIM NÃO¹

Havendo concordância com a disponibilização eletrônica, torna-se imprescindível o envio do(s) arquivo(s) em formato digital PDF da tese ou dissertação.

Assinatura do(a) autor(a)²

Ciente e de acordo:

Assinatura do(a) orientador(a)²

Data: 18 / 11 / 2.018

¹ Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. A extensão deste prazo suscita justificativa junto à coordenação do curso. Os dados do documento não serão disponibilizados durante o período de embargo.

Casos de embargo:

- Solicitação de registro de patente;
- Submissão de artigo em revista científica;
- Publicação como capítulo de livro;
- Publicação da dissertação/tese em livro.

² A assinatura deve ser escaneada.

RAQUEL FRANCO BUENO

**DIRETRIZES BASEADAS NO CUSTEIO KAIZEN
PARA MELHORIA DO CICLO PRODUTIVO DAS
HABITAÇÕES POR MEIO DE SIMULAÇÃO
COMPUTACIONAL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geotecnia, Estruturas e Construção Civil da Universidade Federal de Goiás como parte dos requisitos para aprovação na Defesa.

Área de Concentração: Construção Civil

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Maria Carolina G. de O. Brandstetter

D0148C17

GOIÂNIA

2017

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UFG.

Bueno, Raquel Franco

Diretrizes baseadas no Custeio Kaizen para melhoria do ciclo produtivo das habitações por meio de simulação computacional [manuscrito] / Raquel Franco Bueno. - 2017.

153 f.: il.

Orientador: Profa. Dra. Maria Carolina Gomes de Oliveira Brandstetter.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Goiás, Escola de Engenharia Civil e Ambiental (EECA), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Goiânia, 2017.

Bibliografia. Apêndice.

Inclui siglas, fotografias, abreviaturas, gráfico, tabelas, lista de figuras, lista de tabelas.

1. Gestão de custos na construção. 2. Custeio Kaizen. 3. Mentalidade Enxuta. 4. Produtividade da mão de obra. 5. Simulação computacional. I. Brandstetter, Maria Carolina Gomes de Oliveira, orient. II. Título.

CDU 624



PPG
GECON

Programa de Pós-Graduação em
Geotecnia, Estruturas e Construção Civil



Ata de Nº 0148 da sessão de julgamento da
Dissertação da aluna Raquel Franco Bueno da
área de concentração Construção Civil do PPG
em Geotecnia, Estruturas e Construção Civil.

Aos 30 dias do mês de janeiro de 2017, às 14h00, na sala Caryocar, Bloco A, 2º andar, Escola de Engenharia Elétrica, Mecânica e Computacional da UFG, reuniu-se a banca examinadora designada na forma regimental pela Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Geotecnia, Estruturas e Construção Civil para julgar a Dissertação intitulada **"Diretrizes Baseadas no Custeio Kaizen para Melhoria do Ciclo Produtivo das Habitações por Meio de Simulação Computacional"**, apresentada pela aluna **Raquel Franco Bueno**, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de MESTRE, área de concentração Construção Civil. A Banca Examinadora foi Presidida pela Prof.^a Dr.^a Maria Carolina G. O. Brandstetter (GECON/UFG), tendo como membros o Prof. Dr. Marcus André Siqueira Campos (GECON/UFG) e o Prof. Dr. José Carlos Paliari (UFSCar). Aberta a sessão pública, a candidata teve a oportunidade de expor o trabalho. Após a exposição, a aluna foi arguida oralmente pelos membros da Banca, os quais concluíram pelos seguintes resultados:

Membro	Instituição	Função	Resultado
Maria Carolina G. O. Brandstetter	GECON/UFG	Presidente	<u>APROVADA</u>
Marcus André Siqueira Campos	GECON/UFG	Examinador Interno	<u>APROVADA</u>
José Carlos Paliari	UFSCar	Examinador Externo	<u>APROVADA</u>

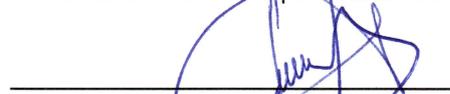
Tendo demonstrado suficiência de conhecimento e capacidade de sistematização no tema de sua Dissertação, a Banca Examinadora concluiu pela **aprovação** da candidata **sem restrições**.

Não tendo demonstrado suficiência de conhecimento e capacidade de sistematização no tema de sua Dissertação, a Banca Examinadora concluiu pela **reprovação** da candidata, conforme as seguintes justificativas:

Nos termos do Regulamento Geral dos Cursos de Pós-Graduação desta Universidade, foi lavrada a presente ata que, lida e julgada conforme, segue assinada pelos membros da **Banca Examinadora** e pela **candidata**.



Marcus André Siqueira Campos
PPG-GECON/UFG



José Carlos Paliari
UFSCar



Maria Carolina G. O. Brandstetter
PPG-GECON/UFG

Candidata: Raquel Franco Bueno 

RESUMO

A indústria da construção civil no Brasil passa por transformações devido à constante busca das empresas por espaço neste mercado. Com um consumidor mais exigente e uma significativa gama de produtos no mercado, as construtoras investem esforços em aumento da qualidade dos produtos entregues e diminuição dos desperdícios. A utilização de técnicas desenvolvidas a princípio para a manufatura pode ser uma tentativa de aumentar a produtividade da mão de obra, diminuir desperdícios e aumentar a qualidade do produto entregue. O Custeio Kaizen é um sistema de gestão de custos que possui a função de manter o custo meta do projeto e programar, sistematicamente, maneiras de reduzi-lo. O objetivo geral desse trabalho é propor diretrizes baseadas no Custeio Kaizen para a melhoria do ciclo produtivo das habitações. Para a proposta de diretrizes, a pesquisa também buscou estudar a produtividade atual e viável das equipes por meio de análises estatísticas, construir cenários de otimização dos processos por meio de simulação computacional e comparar os custos de produção dos cenários de otimização. A estratégia de pesquisa escolhida foi o estudo de caso, o qual foi realizado em um empreendimento de unidades habitacionais de caráter repetitivo. A filosofia da mentalidade enxuta foi utilizada para auxiliar o entendimento dos tempos de produção e quanto ao emprego do conceito dos estudos dos estados futuros. A partir do estudo da produtividade da mão de obra foi possível estimar quantitativamente as melhorias para um novo ritmo das equipes. A simulação computacional permitiu analisar as melhorias no sistema produtivo e auxiliar na geração de um novo custo de produção considerando os serviços escolhidos: revestimento interno e externo em argamassa e contrapiso. Os resultados apontam para melhorias relacionadas ao ajuste das descontinuidades praticadas no planejamento da obra e equilíbrio do desempenho entre as equipes. As mudanças feitas, caso sejam aplicadas, possibilitam uma diminuição do custo de produção de até 54%, mantendo os mesmos padrões de qualidade no produto final.

Palavras-chave: Gestão de custos na construção. Custeio Kaizen. Mentalidade Enxuta. Produtividade da mão de obra. Simulação computacional.

ABSTRACT

The construction industry in Brazil undergoes transformations due to the constant search of the companies by space in this market. With a more demanding consumer and a significant range of products on the market, the construction companies invest in efforts to increase the quality of delivered products and reduce waste. The use of techniques developed in principle for manufacturing may be an attempt to increase labor productivity, reduce waste and increase the quality of the delivered product. Kaizen Costing is a cost management system that has the function of maintaining the project's target cost and systematically implementing ways to reduce it. The general objective of this work is to propose guidelines based on the Kaizen Cost to improve the productive cycle of housing. For the proposal of guidelines, the research also sought to study the current and viable productivity of the teams through statistical analysis, to build scenarios of process optimization through computational simulation and to compare the production costs of the optimization scenarios. The research strategy chosen was the case study, which was carried out in an enterprise of repetitive housing units. The philosophy of the lean thinking was used to help the understanding of production times and the use of the concept of future state studies. From the labor productivity study it was possible to quantitatively estimate the improvements for a new team pace. The computational simulation allowed to analyze the improvements in the productive system and to assist in the generation of a new cost of production considering the chosen services: internal and external coating in mortar and subfloor. The results point to improvements related to the adjustment of the discontinuities practiced in the planning of the work and balance of performance between the teams. The changes made, if applied, allow a reduction of the cost of production of up to 54%, maintaining the same quality standards in the final product.

Keywords: Cost management in construction. Kaizen Costing. Lean thinking. Labor productivity. Computational simulation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 – Representação da fatia a ser estudada	17
Figura 2.1 - Modelo para incorporação do Custeio Meta no PDP de edificações.....	27
Figura 2.2 - Modelo tradicional de processo	30
Figura 2.3 - Modelo de processo da Mentalidade Enxuta	30
Figura 2.4 - Diferentes níveis de fluxo de valor	35
Figura 2.5 - Etapas para a realização do SMS	40
Figura 2.6 - Quantidade de publicações por ano	45
Figura 2.7 - Número de publicações por países.....	45
Figura 2.8 - Número de publicações por autor	46
Figura 2.9 - Número de publicações por estratégia de pesquisa	47
Figura 2.10 - Quantidades de publicações em Jornais ou Eventos pelo tempo.....	47
Figura 2.11 - Categorias de abordagem.....	49
Figura 2.12 - Temas abordados em relação ao total de publicações	49
Figura 2.13 – Processo de transformação de recursos em produtos.....	52
Figura 2.14 – Modelo dos fatores para produtividade na construção.....	53
Figura 2.15 – Tipos de RUPs.....	57
Figura 2.16 – Categorias que abrangem a mão de obra nas RUP	58
Figura 3.1 - Delimitação do recorte da pesquisa	60
Figura 3.2 - Etapas de pesquisa	61
Figura 3.3 - Vista 3D da implantação do empreendimento.....	63
Figura 3.4 - Vista 3D da fachada Tipo 1	63
Figura 3.5 - Planta casa Tipo 1	64
Figura 3.6 - Empreendimento em estudo.....	65
Figura 3.7 – Folha de Ponto.....	66
Figura 3.8 – Trechos para montagem de andaimes casa tipo 1	69
Figura 3.9 – Trechos para montagem de andaimes casa tipo 2	70
Figura 3.10 - Cronograma da obra em estudo	72
Figura 3.11 – a) Número de quinas e cantos e b) Espessura de revestimento.....	75
Figura 3.12 - Cálculo da A_{carac}	78
Figura 3.13 - Cálculo da EX_{quina} (SOUZA, 2001).....	78
Figura 3.14 - Tela do <i>software</i> ProModel®	82
Figura 3.15 – Simulação do Cenário 1	84
Figura 4.1 - RUP emboço externo Equipe A.....	88
Figura 4.2 - RUP emboço externo Equipe B	89
Figura 4.3 - RUP emboço externo Equipe C	90
Figura 4.4 – Comparação RUP pot _{of} emboço externo.....	91
Figura 4.5 - RUP moldura Equipe A	93
Figura 4.6 - RUP moldura Equipe B	93
Figura 4.7 - RUP moldura Equipe C	94
Figura 4.8 - RUP pot _{of} moldura	95

Figura 4.9 - RUP pingadeira Equipe A.....	96
Figura 4.10 - RUP pingadeira Equipe B.....	97
Figura 4.11 - RUP pingadeira Equipe C.....	98
Figura 4.12 - RUP pot _{of} pingadeira	99
Figura 4.13 - RUP emboço interno Equipe A	100
Figura 4.14 - RUP emboço interno Equipe B.....	101
Figura 4.15 - RUP emboço interno Equipe C.....	102
Figura 4.16 - RUP pot _{of} emboço interno	103
Figura 4.17 - RUP requadro Equipe A	104
Figura 4.18 - RUP requadro Equipe B	105
Figura 4.19 - RUP requadro da Equipe C.....	106
Figura 4.20 - RUP pot _{of} requadro	107
Figura 4.21 - RUP contrapiso Equipe A.....	108
Figura 4.22 - RUP contrapiso Equipe B	109
Figura 4.23 - RUP contrapiso Equipe C.....	109
Figura 4.24 - RUP pot _{of} contrapiso.....	110
Figura 4.25 - RUP talisca Equipe A	111
Figura 4.26 - RUP talisca Equipe B	112
Figura 4.27 - RUP talisca Equipe C	113
Figura 4.28 - RUP pot _{dir} talisca	114
Figura 4.29 - RUP escada Equipe A.....	115
Figura 4.30 - RUP escada Equipe B	115
Figura 4.31 - RUP escada Equipe C.....	116
Figura 4.32 - RUP pot _{of} escada.....	117
Figura 4.49 – Tempo Total Disponível de produção para cada cenário simulado	120
Figura 4.50 – Utilização das Equipes	121
Figura 4.51 – Tempo gasto x Unidade Habitacional	122
Figura 4.52 – Descontinuidade do Cenário 1	123
Figura 4.53 – Comparação entre os tempos de utilização das equipes.....	124

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 - Peculiaridades da construção civil	25
Tabela 2.2 - Definição da <i>string</i> de busca	42
Tabela 2.3 - Critérios de seleção dos artigos	44
Tabela 2.4 – Análise das pesquisas de acordo com a fonte, autores e ano de publicação.....	48
Tabela 2.5 – Fatores influenciadores da produtividade da mão de obra	54
Tabela 3.1- Divisão de trabalho entre as equipes	64
Tabela 3.2 – Planilha de processamento de dados.....	67
Tabela 3.3 – Tempos auxiliares para montagem de andaimes e roldanas.....	71
Tabela 3.4 – Exemplo de cálculo das RUP atuais	71
Tabela 3.5 – Atribuição de pontuação aos fatores influenciadores qualitativos (SOUZA, 2001)	79
Tabela 3.6 – Pesos para os fatores influenciadores (SOUZA, 2001)	81
Tabela 3.7 – Diferenças entre os cenários modelados.....	85
Tabela 4.1- Levantamento de dados das equipes A, B e C (emboço externo)	92
Tabela 4.2 - Levantamento de dados das equipes A, B e C (moldura)	95
Tabela 4.3 - Levantamento de dados das equipes A, B e C (pingadeira).....	99
Tabela 4.4 - Levantamento de dados das equipes A, B e C (emboço interno).....	103
Tabela 4.5 - Levantamento de dados das equipes A, B e C (requadro).....	107
Tabela 4.6 - Levantamento de dados das equipes A,B e C (contrapiso)	110
Tabela 4.7 - Levantamento de dados das equipes A,B e C (talisca).....	114
Tabela 4.8 - Levantamento de dados das equipes A, B e C (escada)	117
Tabela 4.9 – Cálculo do Tempo de Ciclo por etapa de serviço	118
Tabela 4.10 – Tempos de produção (T/C Atual x T/C Viável)	119
Tabela 4.11 – Composição do salário por equipe.....	125
Tabela 4.12 – Custo de produção para o cenário 1.....	125
Tabela 4.13 – Custo de produção para o cenário 2.....	126
Tabela 4.14 - Custo de produção para o cenário 3	127

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ΔRUP (cum-pot) _{of}	- Diferença entre a RUP cumulativa e a RUP potencial do oficial
A_{carac}	- Área líquida característica do revestimento interno
A_{liq}	- Área líquida em uma unidade habitacional/pavimento tipo
$AreV_{execi}$	- Área líquida da parte i a revestir
BDI	Benefícios e Despesas Indiretas
C_{cantos}	- Comprimento de cantos nas paredes internas em um pavimento tipo / unidade habitacional
CM	- Custo Meta
CPer	- Custo Permissível
CP	- Custo de Produção
esp	- Espessura
Hh	- Homens hora
HIS	- Habitação de Interesse Social
IGLC	- Grupo Internacional da Construção Enxuta (<i>International Group of Lean Construction</i>)
MFV	- Mapa Fluxo de Valor
Mud	- Mudança de Direção
$N_{q/c}$	- Número de quinas e cantos da moldura
PDP	- Processo de Desenvolvimento do Produto
PM	- Preço de Mercado
C_{quinas}	- Comprimento de quinas nas paredes internas em um pavimento tipo / unidade habitacional
RUP	- Razão Unitária de Produção
RUP_{dof}	- RUP diária do oficial
RUP_{ddir}	- RUP diária da equipe direta
RUP_{dglob}	- RUP diária da equipe global
RUP_{cicof}	- RUP cíclica do oficial
RUP_{cicdir}	- RUP cíclica da equipe direta
$RUP_{cicglob}$	- RUP cíclica da equipe global
RUP_{cumof}	- RUP cumulativa do oficial
RUP_{cumdir}	- RUP cumulativa da equipe direta
$RUP_{cumglob}$	- RUP cumulativa da equipe global
RUP_{potof}	- RUP potencial do oficial
RUP_{potdir}	- RUP potencial da equipe direta
$RUP_{potglob}$	- RUP potencial da equipe global
Scab	- Espessura da moldura
SMS	- Mapeamento Sistematizado da Literatura (<i>Systematic Mapping Study</i>)
TPS	- Sistema Toyota de Produção (<i>Toyota Production System</i>)

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO	12
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO E JUSTIFICATIVA DO TEMA	12
1.2 OBJETIVOS	15
1.3 RESUMO DO MÉTODO.....	15
1.4 DELIMITAÇÕES DA PESQUISA.....	16
1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO	17
CAPÍTULO 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	19
2.1 CUSTEIO META.....	19
2.1.1 CONCEITUAÇÃO	19
2.1.2 DEFINIÇÃO	21
2.1.3 PRINCÍPIOS	23
2.1.4 PARTICULARIDADES DA CONSTRUÇÃO PARA A APLICAÇÃO DO CUSTEIO META.....	24
2.1.5 MODELO PARA INCORPORAÇÃO DO CUSTEIO META AO PDP EM EDIFICAÇÕES.....	26
2.2 A MENTALIDADE ENXUTA.....	29
2.2.1 A MENTALIDADE ENXUTA E O CUSTEIO META	32
2.2.2 CONCEITOS UTILIZADOS NA PESQUISA	33
2.2.2.1 OS SETE DESPERDÍCIOS DE OHNO	33
2.2.2.2 PROCESSOS E OPERAÇÕES.....	34
2.2.2.3 TEMPO <i>TAKT</i> , TEMPO DE CICLO E <i>LEAD TIME</i>	34
2.2.3 MAPA DE FLUXO DE VALOR (MFV).....	35
2.2.4 SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL.....	37
2.3 O CUSTEIO KAIZEN	38
2.3.1 PRINCÍPIOS DO CUSTEIO KAIZEN	39
2.3.2 ETAPAS DE IMPLANTAÇÃO DO CUSTEIO KAIZEN	39
2.4 MAPEAMENTO SISTEMÁTICO DE LITERATURA	39
2.4.1 MÉTODO	40
2.4.2 RESULTADOS.....	44
2.4.3 DISCUSSÕES	50
2.5 PRODUTIVIDADE DA MÃO DE OBRA	51
2.5.1 CONTEXTUALIZAÇÃO E DEFINIÇÃO.....	51
2.5.2 MODELO DOS FATORES	52
2.5.3 INDICADORES PARA MENSURAÇÃO DA PRODUTIVIDADE DA MÃO DE OBRA	54
2.5.4 CLASSIFICAÇÃO DOS INDICADORES DE PRODUTIVIDADE DA MÃO DE OBRA	56
CAPÍTULO 3 MÉTODO DE PESQUISA	59
3.1 ESTRATÉGIA DE PESQUISA	59
3.2 DELIMITAÇÃO E ETAPAS DA PESQUISA	60
3.3 ESCOLHA DA EMPRESA E DO CASO	62
3.4 INSTRUMENTALIZAÇÃO DA COLETA DE DADOS – PRODUTIVIDADE DA MÃO DE OBRA	65

3.4.1 CÁLCULO DA RUP ATUAL.....	71
3.4.2 CÁLCULO DA RUP VIÁVEL.....	72
3.4.2.1 REVESTIMENTO EXTERNO COM ARGAMASSA.....	73
3.4.2.2 REVESTIMENTO INTERNO COM ARGAMASSA.....	76
3.4.2.3 CONTRAPISO	79
3.5 INSTRUMENTALIZAÇÃO DA COLETA DE DADOS – SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL.....	82
3.6 INSTRUMENTALIZAÇÃO DA COLETA DE DADOS – CUSTOS.....	85
CAPÍTULO 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	87
4.1 ANÁLISES DE PRODUTIVIDADE.....	87
4.1.1 REVESTIMENTO EXTERNO COM ARGAMASSA.....	87
4.1.1.1 EMBOÇO EXTERNO	87
4.1.1.2 MOLDURA	92
4.1.1.3 PINGADEIRA.....	96
4.1.2 REVESTIMENTO INTERNO COM ARGAMASSA.....	100
4.1.2.1 EMBOÇO INTERNO	100
4.1.2.2 REQUADRO.....	104
4.1.3 CONTRAPISO	108
4.1.3.1 CONTRAPISO	108
4.1.3.2 TALISCA.....	111
4.1.3.3 ESCADA.....	114
4.1.4 TEMPOS DE PRODUÇÃO	117
4.2 SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL COM ProMODEL®	120
4.3 CUSTOS DE PRODUÇÃO	124
4.3.1 CUSTO ATUAL DE PRODUÇÃO	124
4.3.2 CUSTO META PARA NOVOS EMPREENDIMENTOS	126
4.4 PROPOSTA DE DIRETRIZES BASEADAS NO CUSTEIO KAIZEN PARA A MELHORIA DOS CICLOS PRODUTIVOS DAS HABITAÇÕES.....	128
4.4.1 DIAGNÓSTICO E MAPEAMENTO DO PROCESSO CONSTRUTIVO.....	128
4.4.2 OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO CONSTRUTIVO.....	129
4.4.3 ANÁLISE DAS MELHORIAS	130
CAPÍTULO 5 CONCLUSÕES.....	131
5.1 CONCLUSÕES.....	131
5.2 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	133
REFERÊNCIAS.....	135
BIBLIOGRAFIA	140
APÊNDICE – CÁLCULOS INICIAIS DAS REGRESSÕES LINEARES.....	141

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

Neste capítulo apresenta-se a contextualização e justificativa do tema estudado. Posteriormente são citados os objetivos do trabalho, o resumo do método, a delimitação da pesquisa e a estrutura do trabalho.

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO E JUSTIFICATIVA DO TEMA

A partir da década de 90, em que o mercado brasileiro se abriu para os competidores estrangeiros, e que foi possível à importação de novos produtos e tecnologias nas empresas construtoras, iniciou-se um aumento na competitividade na indústria da construção civil (MARTINS; BARROS, 2003).

Essa abertura da economia tornou visível alguns problemas, tais como: a falta de qualidade dos empreendimentos, a baixa produtividade da mão de obra, os altos índices de desperdício, a falta de preocupação com a geração de resíduos. Desde então, as empresas nacionais foram forçadas a buscar vantagens competitivas através da adequação do produto as expectativas dos clientes ou do segmento de mercado, da redução de custos, da diminuição dos prazos de entrega, da garantia da qualidade dos produtos, serviços e processos (CARPINETTI; ROSSI, 1998)

O custo passa a ter importância fundamental para a sobrevivência da empresa nesse contexto de exigência e competitividade do mercado (CAMPAGNOLO, 2008).

Pesquisas do governo americano, referentes ao período de 1964 a 2003, apontam a disparidade entre o crescimento da produtividade na manufatura e o simultâneo decréscimo da produtividade na construção civil (JACOMIT, 2010). Segundo *The Business Roundtable* (1983), as práticas gerenciais deficientes, a fragmentação do processo produtivo, os relacionamentos de adversidade, as técnicas e normas obsoletas e a indolência ou apatia na adoção de novas práticas gerenciais são possíveis causas para a baixa produtividade na construção civil. Tais observações ainda permanecem no atual cenário nacional.

Picchi (1993) na década de 90 apontou que o desperdício na construção civil no Brasil chegava a 30%. Além da baixa produtividade a indústria da construção civil possui na execução de seus serviços custos desnecessários ou custos associados a atividades que não agregam valor, e para Miles (1989), a resistência a inovações e a tendência de repetição de práticas construtivas convencionais sem análise crítica são causas principais desse problema. Essas afirmações foram corroboradas por outros autores tais como Bernardes (2001) e González *et al.* (2014).

O preço por essa ineficiência é pago pelo usuário final que, além de pagar um valor que contempla todas as falhas no processo, ainda absorve a falta de qualidade do produto entregue, enquanto nas outras indústrias o produto se adequa para atender às expectativas do cliente (QUEIROZ; TRAMONTANO, 2009).

Grande parte dessa ineficiência nos empreendimentos da construção civil é devido à resistência existente quando se propõe mudanças. Comumente, os orçamentos são baseados no paradigma da produção em massa, assumindo que o preço é formado pela soma do custo de produção e o BDI (benefícios e despesas indiretas, incluindo o lucro). Gera-se assim um orçamento cômodo, que arcaria com imprevistos provenientes da obra (GRANJA; PICCHI; ROBERT, 2005).

Para desenvolver esses produtos e gerar maior valor agregado ao consumidor final, o uso do Custeio Meta pode trazer bons resultados. Segundo Ballard (2006), o Custeio Meta é, simplificada, uma prática gerencial que busca fazer com que o custo seja um parâmetro de projeto e, assim, reduzir desperdícios e aumentar o valor agregado ao produto.

O aumento desse valor agregado é feito por meio do aperfeiçoamento do projeto com a eliminação de desperdícios, lançando mão do trabalho colaborativo e formação de equipes multidisciplinares que envolvem representantes dos principais prestadores de serviço. No Custeio Meta inverte-se a ordem de entrada de dados, parâmetros como o custo (máximo) e os níveis de qualidade e funcionalidade mínimos são considerados entradas para o processo de projeto, deixando de ser consequências dele (BALLARD; REISER, 2004).

De acordo com Yook, Kim e Yoshikawa (2005), o Custeio Meta, além de estabelecer um custo meta para cada processo na etapa de projeto também pode ser aplicado na etapa de execução do empreendimento.

Na fase de produção aplica-se o Custeio *Kaizen* como sistema de gestão de custos. Este sistema traduzido para o português significa melhoria contínua e de acordo com Monden (1999) o *Kaizen* está diretamente relacionado a manter os níveis correntes de custo além de trabalhar sistematicamente para reduzi-los aos valores desejados. Fazendo com que o custo meta do empreendimento seja alcançado e, em alguns casos, superado em cada processo.

Ainda de acordo com Monden (1999), o custo kaizen prima por manter os níveis correntes de custo para os produtos em execução e trabalhar continuamente para reduzir os custos aos valores desejados pela empresa. Seu principal objetivo é a constante busca por reduções de custos em todas as etapas da produção, auxiliando a eliminar a diferença entre lucros-alvo e lucros estimados.

Dessa forma, o custeio kaizen é utilizado para redução de custos e o atendimento de um custo meta, ao invés de limitar-se à tomada de decisões corretivas após extrapolações de custos dos serviços em fase de execução, erradicando todos os possíveis desperdícios (GRANJA; PICCHI; ROBERT, 2005). Analisando formas de reduzir os custos na fase de execução, percebeu-se que os índices de produtividade praticados pelas equipes de trabalho poderiam passar por um processo de melhoria contínua, a partir da melhoria da logística de produção e de ferramentas de incentivo. Já que de acordo com Marouka e Souza (1999) a relação da produtividade da mão de obra com o lucro da empresa é intrínseca, pois melhores índices de produtividade possibilitam menores custos de produção podendo oferecer produtos a preços mais competitivos ou aumentar a margem de lucro da empresa.

A origem comum no Sistema Toyota de Produção, tanto para o Custeio Meta quanto para a Mentalidade Enxuta (proveniente do *Lean Production*) propicia uma inter-relação entre os dois conceitos, que abrangem questões centrais similares: valor, custo, lucro e integração entre projeto e produção (BALLARD, 2006; GALLARDO, 2007; GRANJA *et al.*, 2011). Essas questões podem ser traduzidas nas noções de maximização dos serviços que agregam valor e redução de desperdícios.

A filosofia da Mentalidade Enxuta possui ferramentas que possibilitam o entendimento do estado atual (Mapa de Fluxo de Valor – MFV) dos processos construtivos e auxilia na tomada de decisões para estados futuros dos mesmos. Como a construção civil possui um dinamismo peculiar em relação às fábricas, contando com processos extensos de produção e com uma série de intervenientes, a possibilidade do emprego de ferramentas de simulação

computacional para gerar o estado atual dos processos praticados surge como uma possibilidade ainda não convencional das pesquisas na área da construção civil.

Em um mapeamento sistemático da literatura¹ que buscou relacionar os conceitos de Custeio Meta, Custeio Kaizen e Mentalidade Enxuta no âmbito internacional, pôde-se concluir pela escassez de trabalhos reunindo os temas e indicando a lacuna e oportunidade de pesquisa.

Esta oportunidade pode ser expressa na pesquisa que buscou propor diretrizes de melhorias para o ciclo produtivo das habitações, tendo como pressuposto a redução dos gastos do sistema produtivo a partir da otimização da produtividade das equipes envolvidas na produção e a melhoria do planejamento dos próximos empreendimentos, por meio da análise de cenários futuros.

1.2 OBJETIVOS

Este trabalho tem como objetivo geral propor diretrizes baseadas no Custeio Kaizen para a melhoria do ciclo produtivo das habitações.

Como objetivos específicos tem-se:

- Determinar a produtividade viável das equipes da obra e dos serviços escolhidos para o estudo (revestimento interno e externo em argamassa e contrapiso) por meio da Razão Unitária de Produção;
- Construir estados futuros de otimização dos processos por meio da comparação dos custos de produção;
- Determinar o Custo Meta por meio de uma comparação dos custos de produção dos cenários de otimização dos processos simulados.

1.3 RESUMO DO MÉTODO

Nesta dissertação, adotou-se o estudo de caso como estratégia de pesquisa. O estudo foi dividido em quatro etapas. A primeira etapa foi a definição e delimitação do tema a ser

¹ Apresentado no Capítulo 2 deste trabalho.

estudado, a partir do modelo para incorporação do Custeio Meta ao processo de desenvolvimento de produtos em edificações proposto por Jacomit (2010). Esta etapa permitiu definir a escolha da pesquisa, com foco na execução da obra.

Na segunda etapa foi feita a escolha da empresa parceira para essa pesquisa, e selecionado o caso a ser foco do estudo. Em seguida, na terceira etapa, foi feita uma investigação no processo produtivo, verificados os gargalos na produção e escolhidos os serviços a serem estudados.

Iniciou-se então um diagnóstico da situação atual das equipes a partir da coleta de dados e geração de índices de produtividade atual – Razão Unitária de Produção potencial atual (RUP pot_{of} atual). Como forma de diminuir as perdas do sistema produtivo, foram propostos índices de produtividade viável (RUP pot_{of} viável) para a obra por meio de estudos estatísticos.

Em seguida foram utilizados conceitos ligados à filosofia da mentalidade enxuta relacionados à análise dos tempos, para entender o estado atual e ter base de comparação com estados futuros.

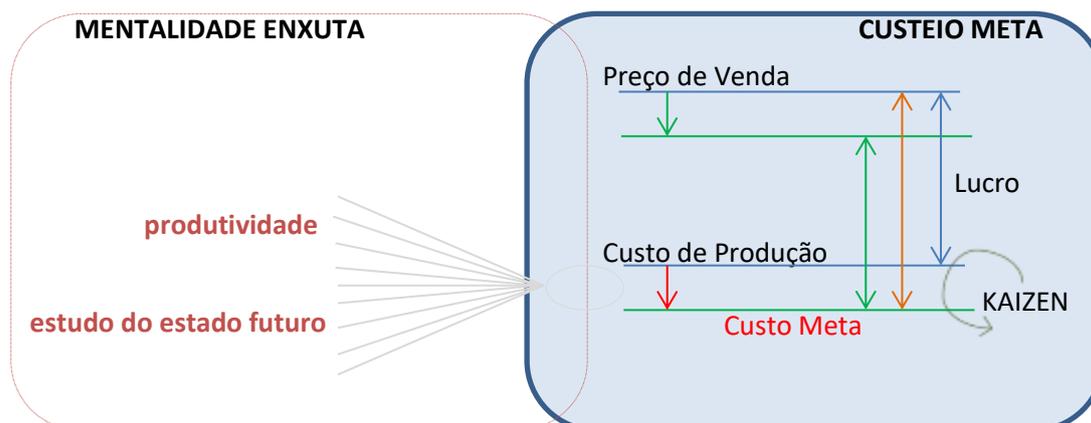
Os estados futuros foram criados por meio do uso da simulação computacional com a geração de cenários. Para a realização dos cenários de otimização, foram considerados os índices de produtividade gerados na etapa anterior. Por fim, os custos de cada cenário foram compostos e comparados entre si.

Na quarta etapa, os resultados foram analisados para a construção das diretrizes propostas.

1.4 DELIMITAÇÕES DA PESQUISA

Para propor as diretrizes baseadas no Custeio Kaizen, optou-se pelo foco específico das melhorias envolvendo o ciclo produtivo das habitações e para viabilizar o estudo dos custos de produção, foram utilizados alguns conceitos fortemente presentes na filosofia da mentalidade enxuta, o cálculo de índices de produtividade e a simulação computacional para serem gerados cenários variados que permitiram a otimização dos ciclos produtivos das habitações no caso em estudo.

Na Figura 1.1 é representada a fatia do conhecimento estudada neste trabalho.

Figura 1.1 – Representação da fatia a ser estudada

Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

Dentro do contexto conceitual do Custeio Meta, o foco da pesquisa foi atuar na geração de diretrizes que possam minimizar o custo de produção praticado. Porém a empresa em estudo não tem o custeio-meta como prática gerencial, fazendo-se necessária a estimativa de um custo meta de projeto para possibilitar uma otimização do sistema. Para isso, o projeto arquitetônico, o orçamento dos serviços e o cronograma de obras da empresa foram utilizados.

A partir de então, tal minimização foi baseada na melhoria dos ciclos produtivos com o estudo da produtividade das equipes. Os índices de produtividade foram utilizados para o estudo do estado futuro, sendo empregados na simulação computacional de cenários para visualização de possíveis melhorias para novos empreendimentos. A etapa em estudo é a fase de execução da obra, com isto utilizaram-se os conceitos do Custeio Kaizen para chegar aos resultados da pesquisa.

Como é característico dos estudos de caso, os índices gerados para a produtividade das equipes e para a composição do custo dos serviços são específicos para o caso. Não é objetivo do trabalho a comparação destes com outras referências.

1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho está dividido em 5 capítulos. O Capítulo 1 consiste na introdução, na qual são apresentados a contextualização do tema proposto, a justificativa desta pesquisa, os objetivos da dissertação, o resumo do método e as delimitações da pesquisa.

No Capítulo 2 será apresentada a revisão bibliográfica referente à origem e às propostas de generalização conceitual do Custeio Meta e do Custeio Kaizen, serão expostos os conceitos necessários para uma melhor compreensão a respeito da mentalidade enxuta, seguida de uma breve conceituação da produtividade da mão de obra e da simulação computacional.

O Capítulo 3 apresenta a descrição do método de pesquisa utilizado, incluindo a estratégia de pesquisa, o delineamento, a delimitação e a descrição das etapas da pesquisa. Em seguida, apresenta-se a empresa que será estudada, e o caso objeto do estudo, e o detalhamento do método utilizado.

No Capítulo 4 os resultados da pesquisa são discutidos, incluindo a análise dos dados obtidos e as diretrizes baseadas no Custeio Kaizen e para a melhoria do ciclo produtivo das habitações.

No Capítulo 5 são apresentadas as conclusões e sugestões para trabalhos futuros.

CAPÍTULO 2

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O contexto do surgimento do Custeio Meta, suas definições e algumas aplicações abrem a discussão deste capítulo. Ainda são abordados os pontos de convergência entre o Custeio Meta, Custeio Kaizen e a Mentalidade Enxuta, com destaque ao mapa de fluxo de valor e à simulação computacional. Posteriormente um mapeamento sistemático da literatura é apresentado unindo estes conceitos. Na finalização do capítulo são apresentados conceitos, formas de medição e possíveis análises da Produtividade da Mão de Obra.

2.1 CUSTEIO META

2.1.1 Conceituação

Durante a Segunda Guerra Mundial as matérias primas tiveram um aumento significativo, fazendo com que a Engenharia de Valor fosse aplicada na fase de concepção do projeto, com o intuito de assegurar o desempenho de um produto ao menor custo possível, sem que sua função fosse prejudicada (GUADANHIM; HIROTA; LEAL, 2011; GRANJA; PICCHI; ROBERT, 2005).

A partir dos princípios da Engenharia de Valor, nos últimos 50 anos o Custeio Meta (*target costing* no inglês) vem sendo desenvolvido no Japão juntamente com outras estratégias de gerenciamento de lucro. Foi desenvolvido com o objetivo principal de reduzir os custos dos produtos ainda em sua fase de planejamento e desenvolvimento (GUADANHIM; HIROTA; LEAL, 2011).

Para as indústrias japonesas, uma análise multifuncional, tal qual era utilizada no ocidente para a manufatura, poderia ser a solução para os problemas de custo na indústria automobilística. Acreditavam que reunindo profissionais de planejamento, marketing, engenharia, finanças, compras e produção em equipes, estes seriam capazes de fazer uma integração entre a alta administração e a linha de produção, desenvolvendo assim métodos e técnicas de projeto de novos produtos (SCARPIM, 2000).

Cooper e Slagmulder (1997) declaram em seu livro que a primeira empresa a utilizar os princípios do Custeio Meta foi a *Toyota Motor Corporation* no ano de 1959, mas apenas em meados dos anos 60 conseguiram implantar o conceito em sua totalidade. Nesta época, a companhia estabeleceu uma meta de produzir um automóvel pelo valor de US\$ 1.000,00 por unidade. O conceito de projetar para um custo meta tem sido uma constante até os dias atuais nas manufaturas japonesas, gerando assim uma redução de custos sistemática com consequente ganho em desempenho (COOPER; SLAGMULDER, 1997).

Scarpin (2000) afirma que o Custeio Meta só chegou na Europa e nos Estados Unidos na década de 80, quando autores japoneses começaram a publicar em inglês sobre o tema. Para essa demora de expansão pelo ocidente são apontadas três causas:

- o sistema, também japonês, *just in time* obteve toda a atenção da indústria nas décadas de 70 e 80;
- o refinamento do Custeio Meta que ocorre em muitas empresas japonesas inibe a difusão;
- o foco do Custeio Meta em empresas japonesas é majoritariamente no desenvolvimento de novos produtos, o que é tratado com sigilo.

No desenvolvimento do custo tradicional, tem-se o custo de determinado produto, adiciona-se o lucro presumido pela empresa e, dessa forma, obtém-se o preço que o cliente final irá pagar. No Custeio Meta os mesmos conceitos são envolvidos, porém o preço que o consumidor está disposto a pagar passa a ser o dado de entrada, partindo daí para a estimativa de uma margem aceitável de lucro e gerando, então, um custo aceitável. Com isso, mapeia-se os custos por etapa de desenvolvimento do produto, retira-se o que não agrega valor ao cliente final e investe-se recursos nos atributos que são mais valorizados. Essa estratégia é, portanto, orientada ao mercado, ou seja, nas expectativas do consumidor e em sua disposição de pagamento (GUADANHIM; HIROTA; LEAL, 2011).

Outro ponto de divergência entre a abordagem tradicional e o Custeio Meta é a forma de redução de perdas, enquanto na primeira espera-se que os custos sejam incorridos além do limite aceitável, e já representem perdas ou ineficiências para o produto, na segunda essas medidas são previstas e tomadas antes que atinjam o custo aceitável (HANSEN; TEIXEIRA, 2001).

A aplicação do Custeio Meta em fase de projeto é vista por Ballard (2006) como um “planejamento empresarial” ou um “estudo de viabilidade”, já que relaciona fins, meios e restrições, sendo assim considerada um passo inicial para averiguar se o projeto é viável ou não.

Na aplicação do Custeio Meta, quando se fixa o custo meta, o objetivo principal é evidenciar o *cost gap*, que representa a quantidade que deverá ser reduzida no custo para que se atinja o custo meta, garantindo assim a lucratividade definida (BALLARD, 2006).

2.1.2 Definição

Existem diversos enfoques nas conceituações do Custeio Meta. Cookins (2002) define como sendo uma técnica de modelagem de custos aplicada no início do ciclo de vida do produto, durante a fase de conceituação e projeto que, a partir da identificação do preço que os consumidores estão dispostos a pagar por um produto, determina as margens de lucro e os custos permissíveis.

Ansari e Bell (1997) declaram que se trata de um sistema de planejamento de lucros e gerenciamento de custos com foco no preço, consumidor, projeto e funcionalidade, e como principal característica é aplicado desde as primeiras fases de concepção de um produto.

Nesta mesma linha de conceituação, Monden (1995) define o Custeio Meta como um processo ou sistema para administração de lucros que se insere na etapa de desenvolvimento do produto, incorporando para isso esforços coletivos com dois objetivos:

- reduzir os custos de novos produtos, garantindo o lucro requerido e satisfazendo os níveis de qualidade exigidos pelo mercado; e
- motivar toda a cadeia a alcançar o lucro meta durante o desenvolvimento de novos produtos.

Cooper e Slagmulder (1997) abrangem ainda mais a definição, propondo que o Custeio Meta é uma técnica, sistema ou processo para gerenciar lucros através do gerenciamento proativo dos custos, com objetivo de fazer com que os novos produtos atinjam a lucratividade planejada ao longo do prazo.

Já para Ballard (2006) o Custeio Meta é uma prática gerencial em que o custo entra como um parâmetro de projeto, reduzindo desperdícios e aumentando o valor agregado ao produto.

Outros autores entendem que o Custeio Meta é uma abordagem sistêmica que possui sua proposta de trabalho voltada para o planejamento e desenvolvimento do produto, para análise e atendimento às necessidades do cliente através de produtos com qualidade e para atender às premissas das empresas quanto à rentabilidade. Não se baseia apenas na redução de custos, faz parte de um projeto maior de gestão, já que é parte importante no planejamento de lucro da empresa (KATO, 1993).

De acordo com a Associação Japonesa de Contabilidade (*Japan Accounting Association*) o Custeio-Meta (*target costing* ou *genkakikaku*) é um processo de gerenciamento total de lucros que estabelece metas durante o Processo de Desenvolvimento do Produto (PDP), tais como qualidade, preço, confiabilidade, prazo de entrega, entre outras. Estas metas buscam a atender às pesquisas de mercado que se referem ao que representa valor para os clientes, sendo que a tentativa de atendimento a todas elas deveria ocorrer de modo simultâneo em todas as áreas da empresa envolvidas (JAPAN, 1996² *apud* JACOMIT, 2010).

Yook, Kim e Yoshikawa (2005) entendem que, devido ao caráter único da construção civil, são necessárias pequenas modificações no conceito da Associação Japonesa de Contabilidade, para inserir conceitos próprios da construção civil, e definem o Custeio Meta como sendo:

“um sistema de gestão de custos totais que gerencia o processo de obtenção dos lucros planejados, através do estabelecimento e atendimento do custo meta para cada etapa do processo, do projeto à execução e, ao mesmo tempo, atendendo às necessidades dos clientes com relação ao orçamento e especificações e com a participação de todos os departamentos internos e partes externas envolvidas”

(YOOK; KIM; YOSHIKAWA, 2005, p.7).

Diferente das outras definições, esta introduz a determinação de um custo para cada fase do desenvolvimento do produto, fazendo um refinamento do custo meta ao longo do ciclo de vida do produto, iniciando com uma concepção grosseira, com 15 a 20% de erro, até os 3%, na fase de execução (YOOK; KIM; YOSHIKAWA, 2005). Outra diferença marcante é o entendimento que o Custeio Meta pode se estender à fase de execução do empreendimento,

²JAPAN Accounting Association. Genka kikakukenkyuu no kadai **The future direction of target cost management research** (em japonês), 1996.

sendo que ele é comumente aplicado somente até o término do PDP ou da fase de projeto (COOPER; SLAGMULDEL, 1997; MONDEM, 1995).

De acordo com as definições existentes na literatura, não há consenso se o Custeio Meta é um sistema, um processo, uma prática gerencial, uma nova abordagem para o PDP, uma técnica ou ferramenta. Neste trabalho será considerado como um sistema de gestão de custos totais, assim como sugere Yook, Kim e Yoshikawa (2005).

2.1.3 Princípios

Entre os principais autores que abordam os princípios do Custeio Meta está Monden (1995) que lista cinco princípios, sendo eles: custo guiado pelo preço, foco no cliente, determinação dos custos na fase de projeto, envolvimento de todos os participantes do processo e redução do custo do ciclo de vida.

- Custo de produção guiado pelo preço de mercado

É com este princípio que se percebe uma inversão do que é feito comumente no mercado da construção civil em relação ao que deveria ser feito. No Custeio Meta é do preço de venda de determinado produto, subtraindo uma margem aceitável de lucro e os impostos, que se gera o custo de produção aceitável. Diferente do usual, em que é feito um orçamento do custo do produto, acrescentado o lucro desejado e os impostos que incidem sobre ele, para encontrar o preço de venda.

Com a concorrência existente no mercado, a segunda opção pode não ser viável, ou seja, o mercado pode não pagar o preço final que o produto terá.

- Foco no Cliente

Para a aplicação do Custeio Meta, é necessária uma pesquisa de mercado apontando o que representa valor para o cliente nos quesitos custo, qualidade e funcionalidade, e o resultado dessa pesquisa deve ser incorporado nos processos de produção. O objetivo de atingir o custo meta não tem sentido se o produto não estiver sendo entregue ao consumidor da maneira que ele espera (HANSEN; TEIXEIRA, 2001).

- Determinação dos custos na fase de projeto

O Custo deve ser um parâmetro de entrada para o processo de projeto, segundo Robert (2007), imediatamente antes do início da produção 20% dos custos são incorridos, e no decorrer da produção 80% dos mesmos já estão comprometidos.

Então, para que se obtenha um custo final próximo ao planejado, todos os custos devem ser previstos antes de incorridos, para proporcionar assim uma estabilização dos custos durante a fase de produção (ROBERT, 2007).

- Envolvimento de todos os participantes do processo

Para que o processo seja unificado, e surta efeito, todos os participantes da cadeia de valor devem estar trabalhando juntos para atingir a margem do produto para obtenção do custo meta. A formação de equipes multidisciplinares facilita em muito esse processo, principalmente se estiver com profissionais que representem cada setor envolvido no processo, desde a administração até a equipe de produção propriamente dita (MONDEN, 1995).

- Redução dos custos do ciclo de vida

Uma das características do Custeio Meta é a previsão de todos os custos ao longo do ciclo de vida do produto em processo de desenvolvimento, sendo incluídos o preço de compra, os custos de operação, manutenção, reparos e de distribuição. Com isso, os custos podem ser minimizados tanto para o consumidor quanto para o produtor, com interferências simples na fase de projeto (COGAN, 1999).

2.1.4 Particularidades da Construção Para a Aplicação do Custeio Meta

Jacomit (2010) elaborou um quadro contendo as peculiaridades da construção civil que podem dificultar a aplicabilidade do Custeio Meta, essas informações foram retiradas dos trabalhos de Koskela (2000) e Thomassen (2004).

Entre estas peculiaridades, a alta durabilidade do produto e a fragmentação do processo produtivo são as mais citadas como ponto de dificuldade.

O ineditismo de cada empreendimento, a produção no canteiro e a formação de organizações temporárias são para Koskela (2000; 2004), as três grandes categorias das características particulares da construção civil. Esses dados podem ser visualizados na Tabela 2.1.

Tabela 2.1 - Peculiaridades da construção civil

	Groâk (1992)	Nam e Tatum (1988)	Warszawski (1990)	Carassus (1998)	Thomassen (2004)
Imobilidade	X	X			
Exclusividade	X				
Elevado peso e volume	X				
Complexidade (para produzir e gerenciar os stakeholders)	X	X			
Longo tempo de execução	X		X		
Elevados investimentos iniciais e ao longo do ciclo de vida	X	X			
Alta durabilidade	X	X		X	
Geralmente vendido antes de ser	X				
Elevada responsabilidade social		X			
Localização temporária do local de			X	X	
Baixa padronização do projeto			X		
Grande número de atividades dependentes de habilidades manuais			X		
Movimentação dos operários e não do			X		
Condições de trabalho desconfortável			X		
Alta rotatividade da mão de obra			X		
Fragmentação do processo produtivo e na tomada de decisão			X	X	X
Grande diversidade de especialidades				X	
Produção somente de protótipos				X	
Criação artística				X	
Leis e convenções exercem influência				X	
Formação de associações temporárias					X
Utilização intensiva de mão de obra					X
Baixa colaboração e comunicação					X
Resistência a mudanças, baixo nível de inovação e baixo incremento da produtividade					X
Baixo nível de confiança e altos níveis de conflitos					X
Baixa qualidade, prorrogação de prazos e extrapolação de orçamento					X

Fonte: JACOMIT (2010). Adaptado pelo autor (2017).

2.1.5 Modelo para Incorporação do Custeio Meta ao PDP em Edificações

Jacomit (2010) propõe um modelo, composto por 20 etapas, para incorporação do Custeio Meta ao PDP em edificações, como pode ser visto na Figura 2.1.

De acordo com a autora, essas etapas têm como principais bases de referência: Monden (1995), Nicolini *et al.* (2000) e os 6 princípios do Custeio Meta ditados pelo Consórcio Internacional para o Gerenciamento Avançado (*Consortium For Advanced Management – International* (CAM-I) em ANSARI *et al.*, 1997), são eles: (I) custo determinado pelo preço, (II) foco no consumidor, (III) custo como entrada para o projeto, (IV) formação de times multidisciplinares, (V) custos ao longo do ciclo de vida e (VI) envolvimento de toda a cadeia produtiva.

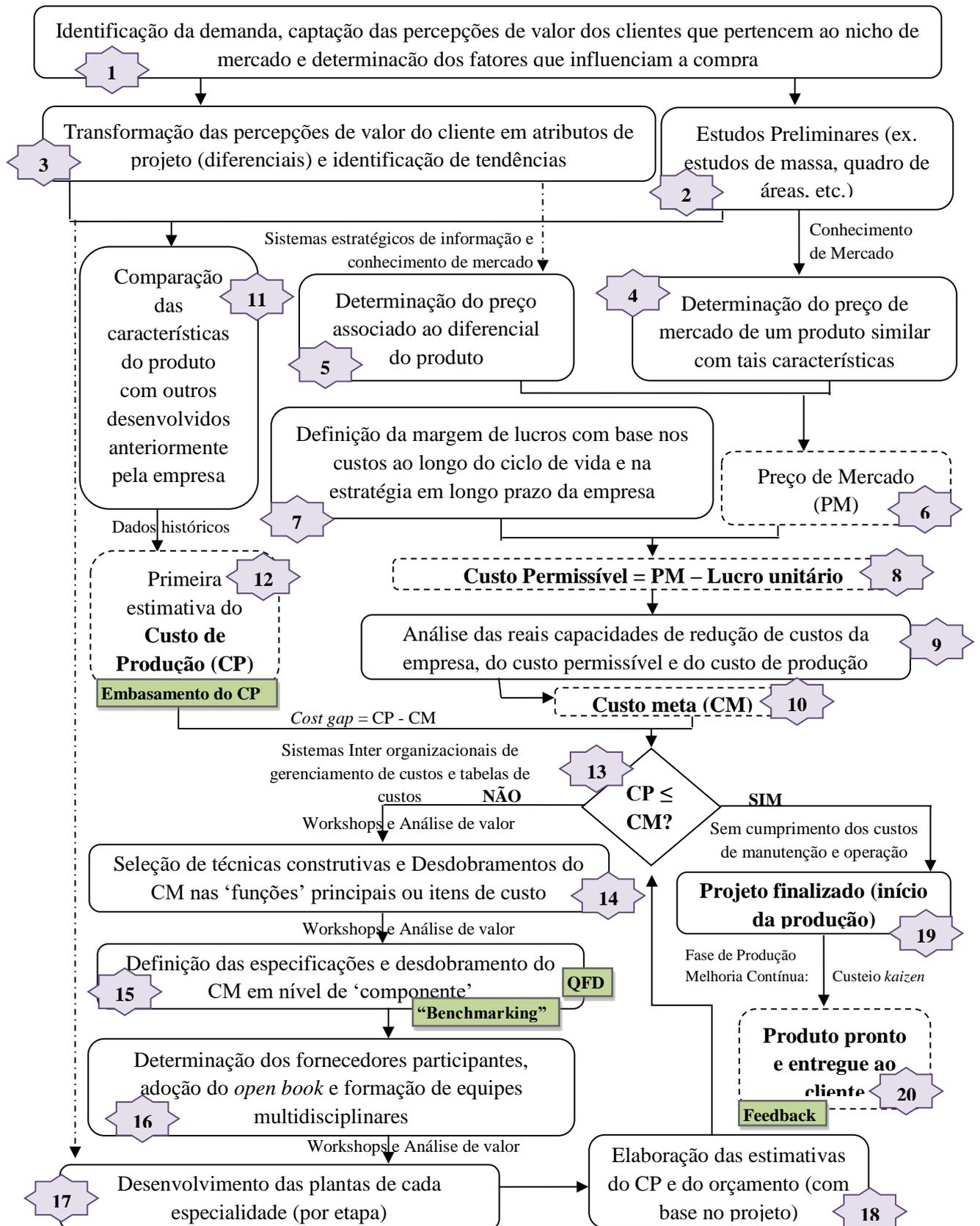
A etapa 1 do modelo se refere à definição do produto. Inicia-se com a escolha do nicho de mercado foco para o produto, e faz-se uma pesquisa de mercado para a compreensão do que representa valor para estes determinados clientes. É também fato importante neste momento os fatores que influenciam na compra tais como: segurança, estética, localização, custo de manutenção, *etc.* Pacheco (2014) desenvolveu seu trabalho com foco nesta etapa do modelo, e para isso, foi feita uma análise macro e micro do perfil do cliente, entendendo-se o perfil sócio demográfico e manutenção pós ocupacional.

As etapas 2, 3, 4, 5 e 6 são necessárias para determinar o preço de mercado. Em paralelo com a etapa 1, são desenvolvidas as etapas 2 e 4. Na etapa 2 são estimados o preço e o custo do produto com estudos de massa e quadro de áreas e na 4 o preço é determinado a partir de informações coletadas de corretoras de imóveis, produtos concorrentes, produtos desenvolvidos anteriormente pela mesma empresa e dados referenciais.

Na etapa 3 as percepções do que representa valor aos clientes são transformadas em atributos de projeto e identificação de tendências, para que na etapa 5 seja determinado o preço associado a esse diferencial do produto. Essa determinação é feita com base em sistemas estratégicos de informações e conhecimento do mercado.

Associando os dados das etapas de 2 a 5, é possível gerar o preço de mercado (PM) para o produto em desenvolvimento, caracterizando a etapa 6. Esse preço é utilizado para o lançamento do produto.

Figura 2.1 - Modelo para incorporação do Custeio Meta no PDP de edificações



Fonte: JACOMIT (2010). Adaptado pelo autor (2017).

Na etapa 7 é definida a margem de lucro, ou melhor, o *mark-up* (despesas comerciais e despesas administrativas (*Back-Office*), impostos e taxas) e esta parcela é decomposta no Lucro unitário associado a cada produto. Na construção civil, em geral, é decomposta pelos diversos empreendimentos, de acordo com o tempo de execução, e o volume de vendas seria balizado pelo número de unidades a serem comercializadas.

Segundo Monden e Hamad (1991) é recomendado que o *mark-up* seja derivado do planejamento de lucros de médio prazo, para que dessa forma reflita as estratégias gerenciais da empresa nos próximos 3 a 5 anos, ou seja, considerando os custos e receitas ao longo do ciclo de vida produtivo.

Nas etapas 11 e 12, que ocorrem simultaneamente com a etapa 7, será feita a primeira estimativa do custo de produção (CP1) a partir da comparação de características do produto com dados históricos de outras obras executadas anteriormente pela empresa. O termo custo de produção se refere a todos os custos diretos e indiretos.

Conhecendo-se o preço de mercado (PM) e estabelecendo-se a margem de lucro desejada, chega-se ao valor do custo permissível (CPer), que é: $CPer = PM - \text{Lucro unitário}$ (etapa 8). Na maioria das vezes, é impossível se atingir o custo permissível com as capacidades atuais da empresa. Assim sendo, os gerentes de cada parte do projeto e de suprimentos são convocados para determinar as capacidades reais de redução de custo de cada área (etapa 9). Com isso é possível estabelecer um custo meta (CM) num valor intermediário entre CP1 e CPer (etapa 10).

Na etapa 13, o custo de produção ainda é superior ao custo meta ($CP1 > CM$), ou seja, o *Cost gap* é maior do que zero. O *Cost gap* é a diferença entre o custo de produção e o custo meta ($Cost\ gap = CP1 - CM$). Serão determinados os componentes e subsistemas que possuem um maior *cost gap* e os fornecedores relacionados a eles. Será analisado o tipo de relacionamento existente entre esses fornecedores e a empresa, para que seja feita uma tentativa de criação de “*open book*” entre empresa, fornecedores e prestadores de serviços envolvidos nas atividades com maior *cost gap*.

A etapa 14 é a responsável pela decomposição do custo meta em itens do custo macro – fundações, vedação, estrutura – neste item, são selecionadas técnicas e ferramentas para propor soluções construtivas na engenharia.

A etapa 15 tem o foco na aquisição de materiais ou pacotes de serviços e é utilizada para direcionar as negociações da equipe de suprimentos com os fornecedores e prestadores de serviços.

São definidas as tecnologias que serão empregadas e suas metas correspondentes, assim como selecionam-se os fornecedores para cada especialidade na etapa 16.

Finalmente à medida que as informações de projeto se tornam disponíveis (etapa 17) e os orçamentos respectivos vão sendo elaborados (etapa 18), é possível gerar versões mais precisas do ciclo de produção.

O ciclo de etapas 13 a 18 ocorreria então a cada etapa de projeto ou até zerar o *cost gap*. Quando o $CP \leq CM$ entende-se que o projeto está finalizado (19) e que a produção pode ser iniciada. Para que melhoria seja contínua, é sugerida a aplicação do custeio *kaizen* na fase de produção, até que o produto seja entregue para o cliente final (20).

2.2 A MENTALIDADE ENXUTA

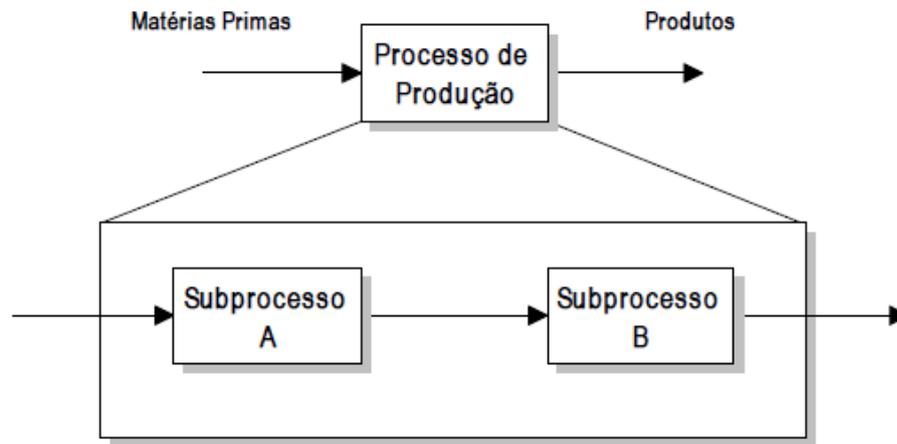
Na tentativa de generalizar o Sistema Toyota de Produção, Womack, Jones e Ross (1992) em seu primeiro livro, “A máquina que mudou o mundo”, propuseram a expressão Produção Enxuta (*Lean Production*), como denominação para um sistema de produção no qual se produz cada vez mais com cada vez menos e oferece ao cliente o que este deseja e quando deseja.

Em outro trabalho publicado posteriormente, Womack e Jones (1996) propõem não somente o uso de ferramentas e técnicas específicas aplicadas no sistema de produção, mas uma nova mentalidade na gestão das organizações. A ampliação desse conceito, estendendo às demais áreas da organização, ampliando seu enfoque inicial para sistemas de negócios das empresas, foi denominada mentalidade enxuta (BULHÕES, 2009).

A mentalidade enxuta traz como principal mudança conceitual para construção civil a introdução de uma nova forma de se entender os processos produtivos. Na visão tradicional, ou modelo de conversão, o processo produtivo consiste na conversão de matérias primas (*inputs*) em produtos (*outputs*), podendo ser dividido em subprocessos, que são também atividades de conversão. Nele os custos podem ser reduzidos através da redução dos custos

dos subprocessos a ele associados (BERNARDES, 2001). Este modelo tradicional foi representado esquematicamente por Koskela (1992) na Figura 2.2.

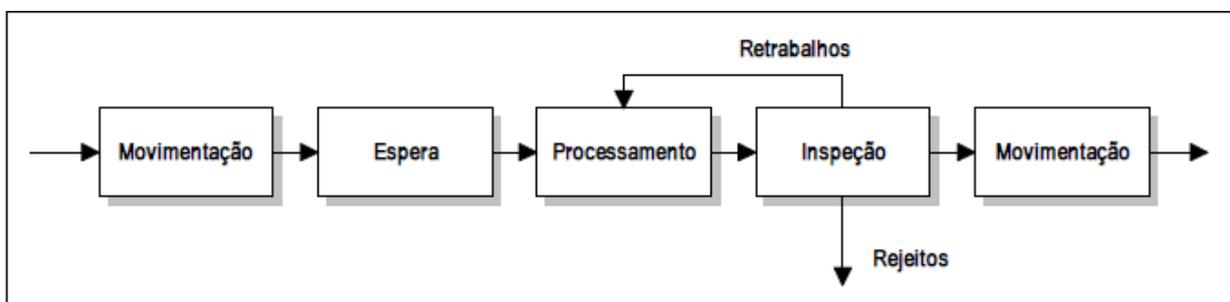
Figura 2.2 - Modelo tradicional de processo



Fonte: KOSKELA (1992).

Diferente do modelo de conversão, a Mentalidade Enxuta considera que o processo produtivo seja composto por atividades de conversão e de fluxo, representada na Figura 2.3. As atividades de fluxo podem ser atividades de transporte, movimentação ou espera, e apesar de não agregarem valor, o seu gerenciamento é de fundamental importância na melhoria do processo produtivo (KOSKELA, 1992).

Figura 2.3 - Modelo de processo da Mentalidade Enxuta



Fonte: KOSKELA (1992).

Para que o pensamento enxuto seja aplicado com êxito em uma empresa, são necessárias algumas mudanças categóricas de todos os envolvidos na cadeia de valor (GALLARDO, 2007). Womack e Jones (1996) explicam a mentalidade enxuta com cinco princípios fundamentais, que representam uma sequência de implementação:

- Especificação de valor para o cliente (valor)

Na Mentalidade Enxuta, o primeiro passo é identificar o que representa valor para o cliente, ou seja, o que representa benefícios, e incorporá-lo ao produto sem desperdícios a um preço e tempo determinados. O que acontece com frequência é a suposição do que é valor para determinado cliente, sem que este tenha de alguma forma se manifestado, sem ter sido analisada as suas expectativas (GALLARDO, 2007).

- Alinhamento na melhor sequência de ações que criam valor (fluxo de valor)

O fluxo de valor refere-se a todas as etapas e processos da cadeia produtiva, desde a matéria prima até o produto acabado, focando na identificação e eliminação de todo e qualquer desperdício ao longo do processo produtivo, são considerados desperdícios tudo que não agrega valor para o cliente final (WOMACK; JONES, 1996).

Durante a análise do fluxo de valor, observam-se atividades que agregam valor ao produto, atividades que não agregam valor ao produto, mas que são necessárias para a produção, e ações desnecessárias. Essas últimas são as ações elimináveis (KOSKELA, 1993).

Para entender este fluxo, é utilizada uma ferramenta chamada Mapa de Fluxo de Valor, que é uma representação visual das etapas envolvidas no desenvolvimento de um produto, ou em uma etapa do mesmo (GALLARDO, 2007).

- Realização dessas atividades sem interrupção (fluxo)

Para Womack e Jones (1996), fluxo contínuo é entendido como a produção de uma peça de cada vez, passando de um processo para o próximo sem interrupção na produção. Então a divisão do processo produtivo em grupos de serviços dificulta a implantação de um fluxo contínuo na produção, criando gargalos (tempos de espera) até que o próximo serviço possa ser iniciado. Lembrando dos sete tipos de desperdício aceitos no TPS, a formação de estoque é um deles, por utilizar mais espaço do que é necessário para uma produção em fluxo contínuo.

- Toda vez que alguém as solicita (puxar)

Quando consegue-se atingir o fluxo contínuo, criam-se equipes balanceadas, reduz-se assim o tempo de resposta às necessidades do cliente. Este cliente não necessariamente é visto como o

cliente final do processo produtivo, mas também como a atividade posterior no processo produtivo. Ou seja, na construção de um edifício, o cliente do serviço emboço seria o serviço de pintura, e quem falará de suas qualidades ou pontos a serem melhorados. Cria-se assim um produto puxado pelo cliente, e não empurrado pelo produtor (GALLARDO, 2007).

- De forma cada vez mais eficaz (perfeição)

Depois de todo o processo descrito anteriormente aplicado, será possível perceber novos pontos de eliminação de desperdícios, em um ciclo de melhoria contínua.

2.2.1 A Mentalidade Enxuta e o Custeio Meta

Na literatura autores relacionam, direta ou indiretamente, o Custeio Meta com a mentalidade enxuta, a começar pela origem comum, no Sistema Toyota de Produção. Um dos objetivos do TPS é a eliminação de desperdícios com vistas à redução de custos, outro é maximizar os serviços que agregam valor e reduzir os que não agregam (GALLARDO, 2007), que são as bases da mentalidade enxuta e do Custeio Meta.

Cooper e Slagmulder (1997) argumentam que o Custeio Meta é a forma encontrada por empresas enxutas para competir globalmente em mercados extremamente competitivos. Koskela (2000) afirma que o Custeio Meta é um “método ou prática” associado ao JIT (*just in time*) característica marcante da mentalidade enxuta.

Para Ballard (2006), o Custeio Meta é um método que pode ser entendido como uma aplicação da filosofia do ‘gerenciamento orientado pela produção’ na qual uma empresa se compromete com a busca da melhoria contínua (...). E Granja *et al.* (2011) acrescentam que o Custeio Meta trata simultaneamente de quatro questões que são centrais na mentalidade enxuta: valor, custo, lucro e integração do projeto com a produção.

Diante destas considerações, a aplicação de ferramentas da mentalidade enxuta na implementação do Custeio Meta tem grandes possibilidades de produzir bons resultados, dada a inter-relação dos conceitos.

2.2.2 Conceitos Utilizados na Pesquisa

Além dos cinco princípios ditados por Womack e Jones (1996) existem alguns conceitos que são de fundamental importância para o êxito do processo.

2.2.2.1 Os sete desperdícios de Ohno

De acordo com Ohno (1997) desperdícios são as atividades que não agregam valor ao produto final, podendo estar vinculados a atividades que são inevitáveis para as condições de produção, ou a atividades evitáveis. O propósito é eliminar estas últimas atividades.

Os desperdícios de superprodução estão vinculados à produção além da necessidade do próximo processo ou do cliente. Este tipo de desperdício contribui com a ocorrência dos outros seis desperdícios, podendo ser classificado como o pior entre eles (GALLARDO, 2007).

O desperdício de tempo disponível envolve o intervalo de tempo em que nenhum processo ou operação é executado, também conhecido como tempo de espera. Já o desperdício de transporte, é aquele vinculado a movimentações desnecessárias de produtos ou peças, podendo ser resolvidos, em sua maioria, pela mudança de *layout* da fábrica, canteiro, *etc* (OHNO, 1997).

Existe ainda o desperdício do processamento em si, que está ligado a realização de etapas desnecessárias e que poderiam ser eliminadas sem afetar o produto, ou ainda a produção de um produto que não é mais relevante aos objetivos da empresa (OHNO, 1997).

Desperdício de estoque disponível está vinculado à quebra da produção puxada, em que se deve produzir apenas quanto o próximo processo ou o cliente demandem. Até a movimentação desnecessária de um operador durante a execução de sua função é considerada um desperdício (GALLARDO, 2007).

Por fim existe o desperdício em produzir produtos defeituosos, ou fora dos padrões de qualidade especificados, e que por essa razão, não satisfazem os requisitos de aplicação, gerando retrabalho, inspeção e refugo (GALLARDO, 2007).

2.2.2.2 Processos e operações

Processos e operações têm seus conceitos confundidos ou sobrepostos por muitas empresas, principalmente no ocidente. Para Shingo (1996) processos são as grandes unidades de análise da produção, enquanto operações são as pequenas. Esse conceito levou à crença de que a melhoria das operações levaria à melhoria dos processos.

Aprofundando no conceito de processo, ele se caracteriza pelo fluxo de matéria prima de um trabalhador ao outro ou estágios pelos quais a mesma passa até se tornar um produto acabado. São quatro os fenômenos envolvidos, processamento, inspeção, transporte e espera (GALLARDO, 2007).

Já as operações se caracterizam pelas ações sobre o material, o estágio no qual um trabalhador pode trabalhar em diferentes produtos (GALLARDO, 2007).

2.2.2.3 Tempo *Takt*, Tempo de Ciclo e *Lead Time*

A definição de Tempo *Takt* utilizada neste trabalho é a dada pelo *Lean Enterprise Institute* (2003, p. 79), “o tempo disponível para a produção dividido pela demanda do cliente”, ou seja, o tempo disponível para atender uma determinada demanda em função da demanda do cliente.

Na construção civil, a demanda do cliente pode ser vista como o cronograma de obra. Então, se uma empresa trabalha 8 horas por dia (480 minutos/dia), e precisa produzir 1.760 m² de emboço em um mês para se manter dentro do cronograma de obras, deverão ser produzidos, considerando 22 dias úteis (10.560 minutos/mês), 80 m² de emboço por dia de trabalho e 8 m²/h. Sendo assim, a cada 6 minutos, 1 m² de emboço deve ser executado. Esse seria o tempo *takt* do serviço emboço.

Tempo de ciclo (T/C) seria o tempo que leva entre um componente e o próximo saírem do mesmo processo, ou seja, mede-se a frequência com que uma peça (ou produto) é completada por um processo. Na contagem deste tempo, incluem-se os tempos usados na própria operação e na preparação, carregamento e descarregamento dos materiais (BULHÕES, 2009).

O *lead time* representa o tempo que leva uma peça percorrer todo o caminho no chão de fábrica, desde sua chegada como matéria prima, até a liberação para o cliente.

2.2.3 Mapa de Fluxo de Valor (MFV)

O MFV é visto como uma ferramenta chave para diagnosticar os pontos a serem trabalhados em um sistema de produção. Nele são representadas as etapas envolvidas nos fluxos de materiais, necessárias para atender aos clientes, desde o pedido até a entrega, podendo dessa maneira, identificar a ocorrência de desperdícios e tentar eliminá-los por meio de um mapa de fluxo de valor de estado futuro, no qual se adote o fluxo contínuo e a produção puxada (BULHÕES, 2009).

Para Rother e Harris (2002), o fluxo de materiais e informações deve ser feito inicialmente dentro dos limites de uma fábrica ou posto de trabalho, para depois do processo estar maduro, abranger outros níveis de processo, como é apresentado na Figura 2.4.

Figura 2.4 - Diferentes níveis de fluxo de valor



Fonte: ROTHER e SHOOK (1999).

Ainda os mesmos autores descrevem as etapas do mapeamento do fluxo de valor como sendo: identificação da família de produtos, mapeamento do estado atual, mapeamento do estado futuro, elaboração do plano de trabalho e implementação.

Para auxiliar no desenvolvimento do mapeamento do estado futuro, Rother e Shook (1999) sugerem as seguintes questões:

- Qual o tempo *takt*?
- Produzir para um supermercado ou diretamente para a expedição?
- Onde usar o fluxo contínuo?
- Onde introduzir os sistemas puxados?

- Em que ponto da cadeia de produção se programará a produção?
- É possível nivelar a produção no processo puxador?
- Qual o incremento de trabalho será liberado uniformemente do processo puxador?
- Quais melhorias no processo são necessárias para implementar o fluxo de valor proposto no mapa do estado futuro?

Para Rother e Shook (1999) o MFV é de fundamental importância para retratar o estado atual do processo de produção, ajudar na identificação dos desperdícios, mostrar a relação entre fluxo de materiais e o fluxo de informação, possibilitando o entendimento do processo produtivo como um todo.

Gallardo (2007) em sua pesquisa utilizou um MFV de estado atual já desenhado pela fábrica antes de sua chegada, e percebeu que pelo fato de alguns desperdícios já terem sido eliminados do processo produtivo, o MFV de estado atual não atingiu algumas de suas metas.

Bulhões (2009) utilizou inicialmente o MFV para mapear o fluxo de um produto, complementando a análise realizada por meio da Linha de Balanço. Com esta técnica, pôde-se estimar algumas perdas, com a comparação do *lead time* e o tempo de agregação de valor. A ferramenta foi adaptada ao contexto das obras, e a unidade de planejamento passou a ser o apartamento. Para a formação do MFV de estado futuro, as questões de Rother e Shook (1999) foram de grande importância para o êxito do processo.

No trabalho de Moreira (2011) a utilização do MFV permitiu ter a percepção do estado atual das operações, levando a identificar todos os problemas existentes, e as melhores formas de resolvê-los.

Diante dos resultados que os autores citados obtiveram, é fácil concluir a importância do MFV no entendimento da rotina de uma fábrica. Porém, Araújo *et. al.* (2015) defendem que o ambiente dinâmico dos canteiros de obra na construção civil não condiz com a análise estática que os resultados do MFV fornecem, apesar de muito importantes. A simulação computacional é uma alternativa para isso.

2.2.4 Simulação Computacional

Na indústria da manufatura, a simulação computacional tem-se tornado uma ferramenta de uso corrente, devido a sua facilidade em trabalhar com modelos complexos, permitindo que sejam considerados comportamentos dinâmicos com as mais diversas peculiaridades, e também, devido à pressão competitiva que este setor possui pela eficiência operacional (OLIVEIRA; CORREA; NUNES, 2013).

Wu (1992) considera a simulação computacional como uma abordagem para estudar propriedades funcionais de uma organização através da experimentação em um modelo computacional apropriado.

Pegden, Shannon e Sadowsky (1995) definem a simulação como o processo de projetar um modelo computacional de um sistema real e conduzir experimentos com este modelo com objetivo de entender seu comportamento e/ou avaliar estratégias para a sua operação.

A simulação computacional de acordo com Kelton, Sadowski e Sturrock (2004), é uma técnica utilizada para avaliar sistemas de produção, considerando todos os fatores que condicionam a sua forma de comportamento. Refere-se a um amplo conjunto de métodos e aplicativos utilizados para reproduzir o comportamento de sistemas reais, usualmente em computador e com um programa apropriado.

Trata-se de uma forma mais econômica, flexível, rápida e menos arriscada de se promover experimentações, se comparada à execução de protótipos, ou sistemas reais (WU, 1992; MARTINEZ, 1996).

Possui ainda outro fator relevante que favorece o seu uso, um modelo de simulação pode se tornar complexo caso seja necessário, enquanto outros métodos exigem uma simplificação do sistema real para que possam ser analisados (KELTON; SADOWSKI; STURROCK, 2004).

É necessário conhecer as características do processo que será modelado e os parâmetros que regem seu funcionamento, para que possa ser iniciado o processo de simulação, inserindo os dados iniciais por meio de programação apropriada às finalidades da análise que será feita (WU, 1992).

Com a simulação computacional, é possível dimensionar os recursos físicos e de mão de obra, determinar a capacidade de produção e o tempo de ciclo, identificar gargalos e dessa forma, auxiliar nas decisões operacionais (LAW; KELTN, 2007). Benks *et al.* (2007) entre os ganhos da utilização da simulação computacional na construção civil e na gestão de projetos estão a importância na aplicação dos conceitos *Lean*, na simulação da dinâmica do fluxo de trabalho e na elaboração de modelos virtuais.

Existem no mercado alguns programas simuladores que apresentam interface gráfica de comunicação com o usuário, têm capacidade de desenvolver modelos orientados a objetos (dispensa a necessidade do usuário em possuir conhecimentos mais profundos em simulação), possuem animação, fornecem relatórios e possuem algumas ferramentas estatísticas de tratamento dos dados (LOBÃO; PORTO, 1999).

Existe na simulação computacional uma dificuldade que se refere à necessidade do pesquisador conhecer o programa que será utilizado para lhe retornar resultados.

No âmbito da construção, o trabalho de Araújo *et al.* (2015) apontou resultados positivos do emprego do programa ProModel® para estudo do mapeamento do fluxo atual em canteiros de obras.

Com base na planta de canteiro, os lotes de produção que constituem objetos de análise e os tempos de produção, o programa auxilia na representação da dinâmica da obra observada *in loco*. O modelo permite inserir tempos produtivos e auxiliares para aferir com maior precisão o diagnóstico do processo.

2.3 O CUSTEIO KAIZEN

De acordo com Cogan (1999) o custeio kaizen é um complemento para o custeio meta, pois é aplicado para diminuir o custo do produto durante sua fase de produção e ao longo do ciclo de vida. Este termo é japonês e significa melhoramento contínuo, gradual. Diferente do custeio meta, sua tradução para o português não é literal.

Monden (1999, p. 221) afirma que o “Custeio Kaizen significa manter os níveis correntes de custo para os produtos atualmente manufaturados e trabalhar sistematicamente para reduzir os custos aos valores desejados”.

O objetivo desta filosofia é “o constante melhoramento do processo crítico, de tal forma que os custos possam ser continuamente reduzidos nas linhas de produtos que são maduras, altamente sensíveis a preço, e não receptivas à inovação do produto” (COGAN, 1999, p.122). Com essa mesma linha de raciocínio, Monden (1999, p.221) define que “o principal objetivo do custo kaizen é a constante busca de reduções de custo em todas as etapas da manufatura para ajudar a eliminar qualquer diferença entre os lucros-alvo e os lucros estimados”.

2.3.1 Princípios do Custeio Kaizen

No que se refere ao desenvolvimento de um produto, é consenso que ele possui duas grandes fases, sendo a primeira a fase de planejamento e desenvolvimento do produto, e a segunda a fase de produção. Nesta forma de visualização, pode-se afirmar que o custeio meta é aplicado na primeira fase e o custeio kaizen na segunda (ROBERT, 2007).

Para Cooper e Slagmulder (1999), o custeio kaizen é essencialmente uma técnica de gestão de lucros, uma vez que atua como sistema de gestão de custos para redução de custos para atendimento ao lucro alvo, ao invés de limitar-se à tomada de ações corretivas após extrapolações de custos ocorrerem.

2.3.2 Etapas de Implantação do Custeio Kaizen

Para Monden (1998), na implantação do custeio kaizen, tem-se que erradicar todos os tipos de desperdícios. Esses desperdícios são conhecidos no Japão pela palavra *Muda*, que vem do Sistema Toyota de Produção (TPS – *Toyota Production System*), e significa qualquer operação que não agregue valor ao produto que está sendo desenvolvido. O TPS reconhece sete tipos de desperdícios, são eles: superprodução, estoque, transporte, correção, movimentação, espera e processamento.

2.4 MAPEAMENTO SISTEMÁTICO DE LITERATURA

O tema relativo ao Custeio Meta está sendo discutido e aplicado por diversos autores no âmbito da construção civil. Porém para encontrar as lacunas do conhecimento a respeito e a caracterização das publicações deste tema, um apanhado geral da literatura foi realizado. Buscando investigar a produção científica a respeito do Custeio Meta na construção civil, no

Brasil e no mundo, foi realizado um Mapeamento Sistematizado da Literatura, mais conhecido como “*Systematic Mapping Study*” (SMS).

O SMS é um processo que auxilia a busca por literatura para determinar as publicações e trabalhos existentes a respeito de um tema de estudo. Tem como objetivo proporcionar uma visão geral do tema pesquisado, permitindo assim, identificar a quantidade, o tipo e os resultados obtidos nos estudos encontrados. Além disso, tem-se uma percepção dos veículos de publicação e das Bases de Dados em que foram indexadas. Esse processo contribui com a identificação das lacunas do conhecimento auxiliando no refino e lapidação da questão de pesquisa (RUIZ; GRANJA, 2013).

Como o SMS é pautado na coleta de informações que comprovem, justifiquem, complementem e embasem as pesquisas em desenvolvimento, ele é caracterizado por ser “Baseado em Evidências” (MELO; GRANJA; BALLARD, 2013).

2.4.1 Método

Para que o SMS fosse realizado, algumas etapas tiveram que ser seguidas. Estas etapas foram baseadas nos trabalhos de Ruiz e Granja (2013), Melo, Granja e Ballard (2013), Costa, Staut e Ilha (2014) e Pacheco e Campos (2017) e estão representadas na Figura 2.5.

Figura 2.5 - Etapas para a realização do SMS

PLANEJAMENTO	CONDUÇÃO	DOCUMENTAÇÃO
O QUE BUSCAR? DEFINIÇÃO DO TEMA	COMO SALVAR? EXTRAÇÃO SISTEMATIZADA DE DADOS	COMO ANALISAR? CODIFICAÇÃO DE DADOS
ONDE BUSCAR? SELEÇÃO DAS BASES DE DADOS	COMO SELECIONAR? CRITÉRIOS DE SELEÇÃO DOS ARTIGOS	SÍNTESE DE DADOS
COMO BUSCAR? FORMULAÇÃO DA <i>STRING</i> DE BUSCA	COMO CONFIRMAR? AMOSTRAGEM BOLA DE NEVE	ANÁLISE DE DADOS

Fonte: RUIZ e GRANJA (2013), MELO *et al.* (2013), COSTA *et al.* (2014) e PACHECO e CAMPOS (2017).

Adaptado pelo autor (2017).

- O que buscar?

Esta primeira etapa do SMS é a definição do tema de pesquisa, especificamente das palavras que servirão de entrada nas bases de dados selecionadas pelo autor. Devem ser analisados os termos comumente utilizados nos trabalhos internacionais e verificados se são os termos que melhor descrevem o tema que será pesquisado (RUIZ; GRANJA, 2013).

Neste caso, o Custeio Meta foi traduzido por alguns autores como Custeio Alvo, e no caso da pesquisa ser conduzida em periódicos nacionais, as duas palavras deveriam ter sido incluídas na busca. Como foi conduzida em periódicos internacionais na língua inglesa, não houve esta divergência, já que o termo utilizado é único: *target costing*.

- Onde buscar?

Depois de definido o tema, deve-se selecionar as Bases de Dados em que será realizada a pesquisa. Esta escolha deve ser em função de critérios de qualidade, para que a bibliografia encontrada seja realmente relevante ao estudo. As bases de dados possuem, em sua maioria, especificidades por área de abrangência científica.

As bases selecionadas como saída de dados neste trabalho foram: *Scopus*, *Science Direct*, *Engineering Village* (Compendex) e *Web of Knowledge*.

- Como buscar?

Para iniciar a busca é necessária a criação de uma *string* de busca, que é a sequência de palavras chave que restringem a busca ao tema em estudo. Para facilitar o delineamento da pesquisa e auxiliar na definição das lacunas do conhecimento que são de interesse do atual trabalho, foram propostas algumas questões a serem respondidas com a bibliografia encontrada na busca:

- Qual o estágio do desenvolvimento das pesquisas relacionadas à aplicação do Custeio Meta e Custeio Kaizen na construção civil?
- Quais pesquisas relacionam o Custeio Meta e Custeio Kaizen com a Mentalidade enxuta?

Também como estratégia de pesquisa, definiu-se por entender a situação do tema em nível internacional apenas focando em trabalhos publicados em periódicos internacionais na língua inglesa.

A partir da análise de artigos relacionados ao tema, percebeu-se que “*Target cost*” é o termo mais apropriado para o estudo. Pelo fato de o Custeio Meta ter sido criado na indústria automobilística, a grande maioria dos trabalhos sobre o assunto estão nela, e não são do interesse da pesquisa. Decidiu-se então por inserir a palavra “*Construction*”, como uma forma de restringir a pesquisa ao âmbito da construção civil. Para caracterizar a relação existente entre o Custeio Meta e a filosofia da Mentalidade Enxuta, utilizou-se também o termo “*Lean*” para formar o *string* de busca.

Depois de muitas tentativas para analisar a melhor forma de combinação das palavras chave na formação do *string* de busca, indicadas na Tabela 2.2, definiu-se por: “*Target cost**” AND “*Construction*” AND “*Lean*”.

Tabela 2.2 - Definição da *string* de busca

ENTRADAS DE BUSCA – Somatório de todas as bases de dados pesquisadas	
“Target cost*” AND Construction	= 1.387 artigos
“Target cost” AND Construction	= 1.109 artigos
“Target cost*” AND “Lean thinking”	= 231 artigos
“Target cost” AND Lean thinking	= 170 artigos
“Target cost*” AND Construction AND Lean thinking	= 130 artigos
“Target cost” AND Construction AND Lean thinking”	= 96 artigos
“Target cost*” AND Construction AND Lean	= 292 artigos

Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

Nos sistemas de busca pesquisados, a palavra “AND” escrita em caixa alta é um operador que traz nos resultados da busca trabalhos que possuam todas as palavras conectadas por ele. Já o recurso “*” possibilita fixar radicais de busca, dessa forma, ele busca as palavras que possuam o radical que o precede, no caso desta pesquisa, houve a intenção de buscar *target cost* e *target costing*.

Pelo fato da grande abrangência da *string* de busca selecionada, não foram feitas restrições quanto estarem no título, resumo ou palavras chave dos trabalhos pesquisados, não foram restringidos tipos de trabalhos e nenhum período exato.

- Como salvar?

Cada Base de Dados possui uma forma própria de disponibilizar o conteúdo pesquisado para ser arquivado pelo pesquisador. Entre as bases selecionadas, algumas tinham a opção de salvar em formato “txt”, e outras em “html”, que são arquivos editáveis, facilitando assim o tratamento das informações adquiridas com mais facilidade para esse tipo de trabalho. Estas foram as formas utilizadas de salvamento neste estudo.

Existem outras formas, tais como salvamento individual, geralmente em “pdf”, salvamento dentro da Base de Dados, por meio de *login* no próprio site ou ainda por meio de *programas* específicos de gestão de referências bibliográficas, tais como o “Endnote” e o “Zotero”.

- Como selecionar?

Depois dos dados salvos, alguns filtros foram utilizados para excluir os trabalhos que não eram do interesse da pesquisa. O primeiro filtro foi a exclusão dos textos duplicados, e em seguida foram utilizados critérios como a leitura dos títulos e resumos, respectivamente, para excluir os artigos que não abordavam os temas de interesse, *target cost* e/ou *lean* ou os que não estavam no âmbito da construção civil. Além disso, foram excluídos artigos que estavam em outras línguas, e os que não estavam disponíveis por acesso gratuito no Portal da Capes, como é mostrado na

Tabela 2.3.

Os artigos que permaneceram foram lidos na íntegra e também passaram pelos critérios abordados anteriormente.

- Como confirmar?

Para confirmar se os trabalhos de interesse são apenas os que foram selecionados pelos critérios descritos anteriormente, foi feita uma amostragem por bola de neve (*snowball sampling*), que é a leitura das referências bibliográficas dos trabalhos selecionados, com o intuito de acrescentar trabalhos que não entraram ainda no mapeamento.

Com o intuito de exemplificar o que descrito, a

Tabela 2.3 mostra esses critérios e a quantidade de artigos que foram eliminados em cada etapa.

Tabela 2.3 - Critérios de seleção dos artigos

ARTIGOS SELECIONADOS		= 292
FILTROS	1º Filtro (Exclusão dos artigos duplicados)	= - 43
	2º Filtro (Leitura dos títulos – <i>Target Costing</i> e/ou <i>Lean e Construction</i>)	= - 168
	3º Filtro (Leitura dos resumos – <i>Target Costing</i> e/ou <i>Lean e Construction</i>)	= - 33
	4º Filtro (Artigos não encontrados)	= - 13
	5º Filtro (Leitura completa dos artigos – <i>Target Costing</i> e/ou <i>Lean e Construction</i>)	= - 20
	6º Filtro (Amostragem Bola de Neve – ABN)	= + 2
Total de pesquisas aderentes		= 17

Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

- Como analisar?

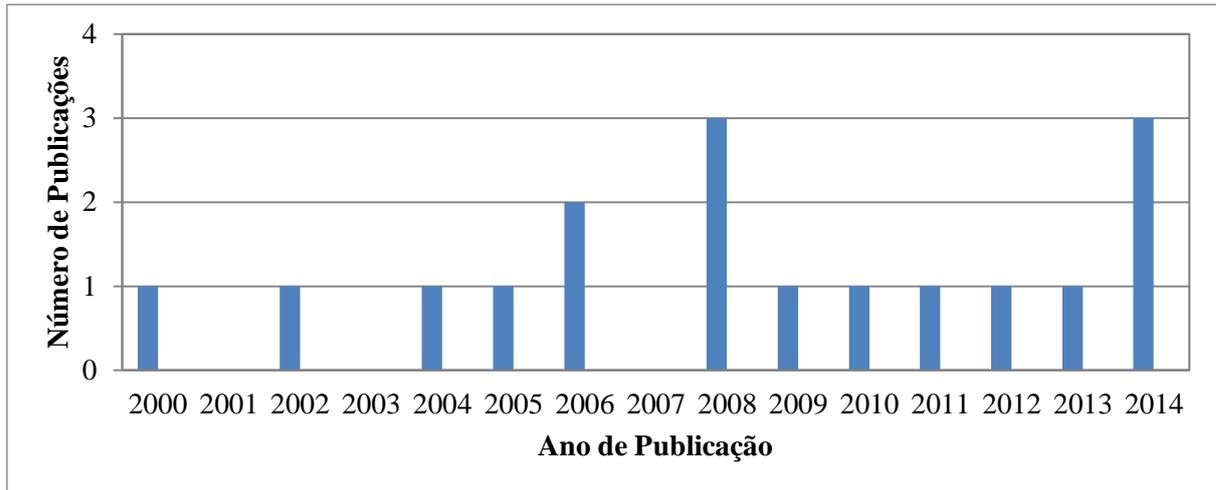
Esta é a última etapa do SMS, e é também a que demanda mais tempo. Para essa etapa, os dados devem ser codificados, sintetizados e enfim analisados. A codificação foi feita a partir das iniciais dos sobrenomes dos autores, seguidas do ano de publicação e das iniciais do periódico ou evento em que foi publicado.

Já a sintetização foi obtida através do lançamento de dados padronizados em uma tabela do Excel. Para cada trabalho foram feitas as especificações: nome(s) do(s) autor(es); título do trabalho; ano de publicação; local de publicação; tipo de documento, entre outros que permitiram suas análises.

2.4.2 Resultados

Como resultados deste SMS obteve-se um panorama de como estão as publicações a respeito do tema em âmbito internacional. A primeira constatação foi a de que pesquisas sobre o Custeio Meta na Construção Civil são bem recentes, como mostra a Figura 2.6.

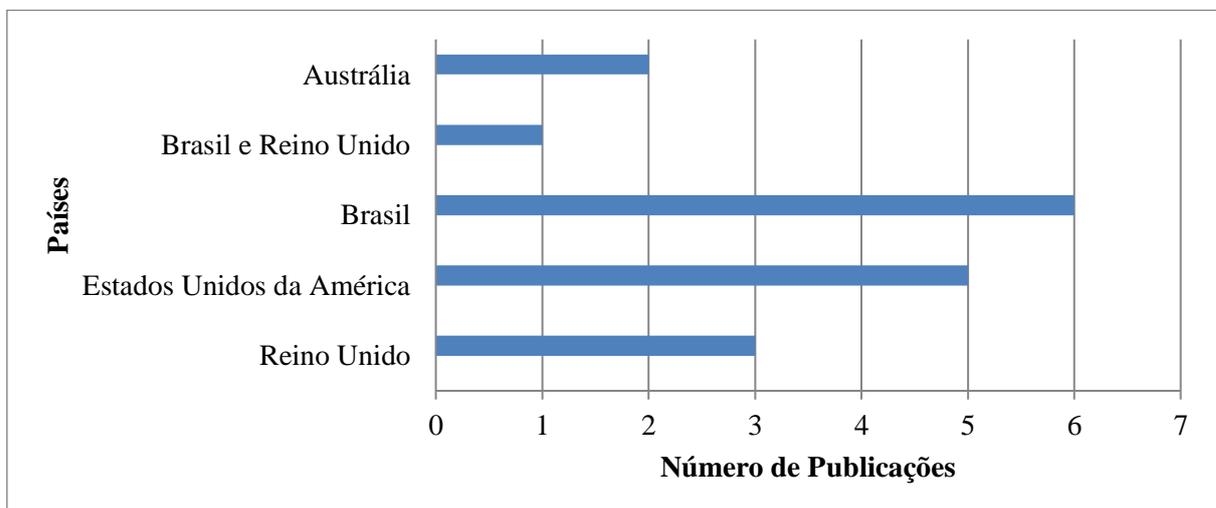
Apesar do surgimento do Custeio Meta ter sido na década de 60, as publicações em periódicos internacionais em língua inglesa, que são relevantes para este trabalho, só foram iniciar no ano de 2000, e durante as buscas não houve restrições quanto ao tempo de pesquisa.

Figura 2.6 - Quantidade de publicações por ano

Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

Com a Figura 2.7, pode-se observar que os países que publicaram mais sobre o tema até o ano de 2014 foi o Brasil, com seis publicações, seguido pelos Estados Unidos da América, com cinco publicações. Este é um indício de que em periódicos e eventos nacionais, as publicações sobre o tema também estão em destaque.

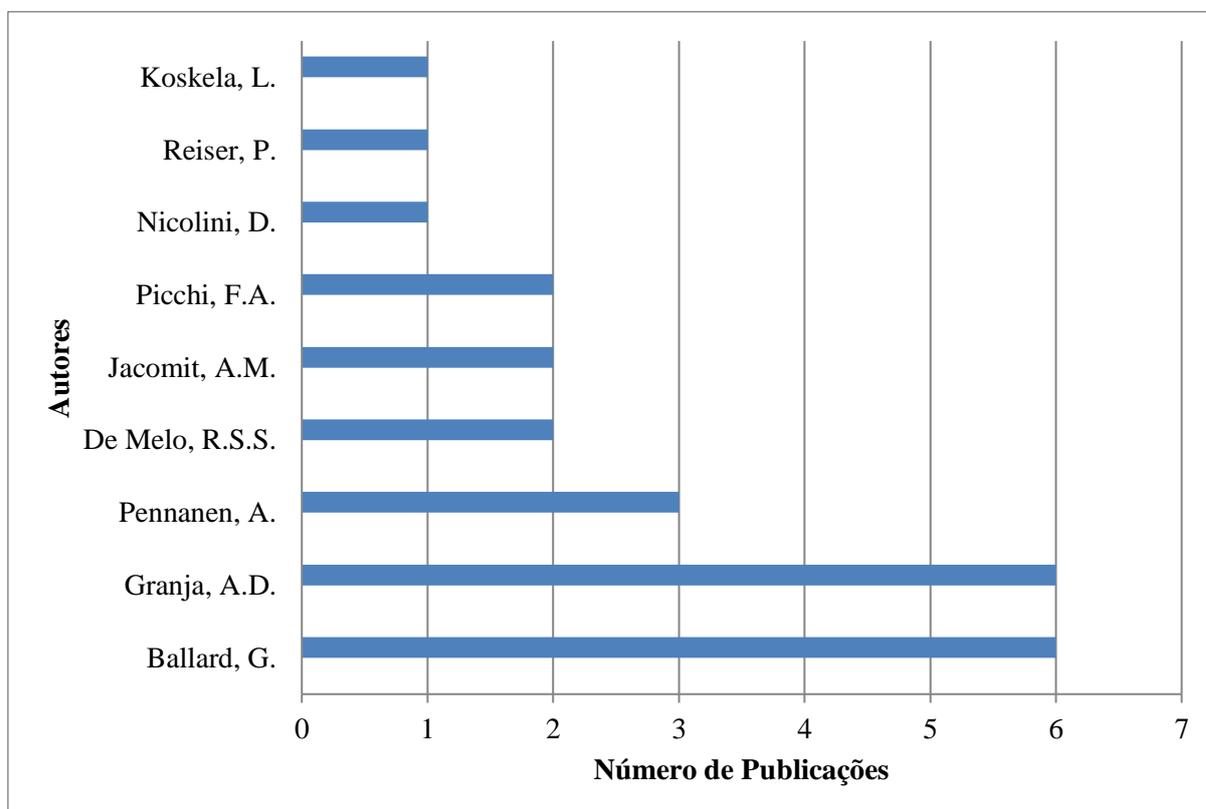
Se fossem considerados eventos e congressos nacionais, de acordo com o trabalho de Cândido, Barreto e Barros Neto (2014), entre 2009 e 2013 foram publicados 36 artigos que abordam o Custeio Meta aplicado à construção civil, sendo que 63,33% foram publicados em congressos, 26,67% em revistas, 6,67% são oriundos de dissertações de mestrado e 3,33% em outras formas.

Figura 2.7 - Número de publicações por países

Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

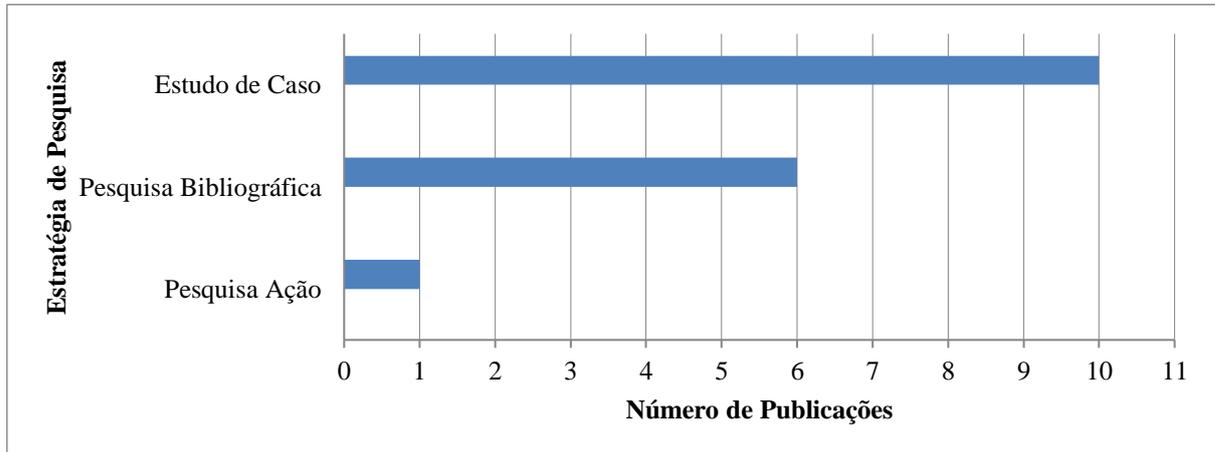
Na Figura 2.8, é abordada a quantidade de publicações por autor. São nove autores e coautores listados, sem distinção entre eles. Lideram o cenário internacional Ariovaldo Denis Granja e Glenn Ballard, empatados com seis publicações cada um.

Figura 2.8 - Número de publicações por autor



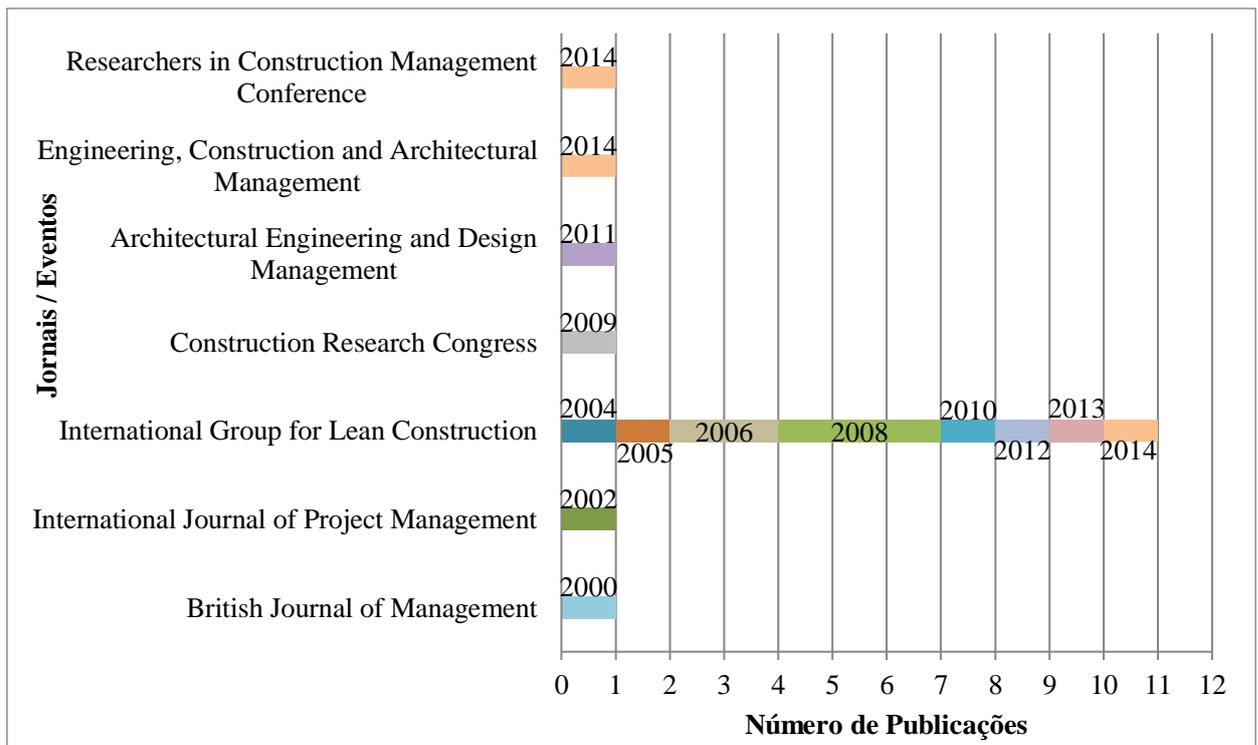
Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

Na Figura 2.9, é relacionada a quantidade de publicações em função das estratégias de pesquisa utilizadas. Em sua maioria utilizou-se o estudo de caso de cunho exploratório, o que mostra o estágio inicial de maturação em que se encontra o Custeio Meta. Nestes estágios, a formulação de hipóteses e relacionamentos entre variáveis se torna particularmente desafiadora, visto que, em muitos casos, os constructos e/ou variáveis ainda não são conhecidos (JACOMIT, 2010).

Figura 2.9 - Número de publicações por estratégia de pesquisa

Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

Em relação às fontes de publicação, a Figura 2.10 mostra que há uma evidente polarização para artigos de congresso. Liderando o ranking encontra-se a conferência do *International Group of Lean Costruction* (IGLC), com 11 publicações.

Figura 2.10 - Quantidades de publicações em Jornais ou Eventos pelo tempo

Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

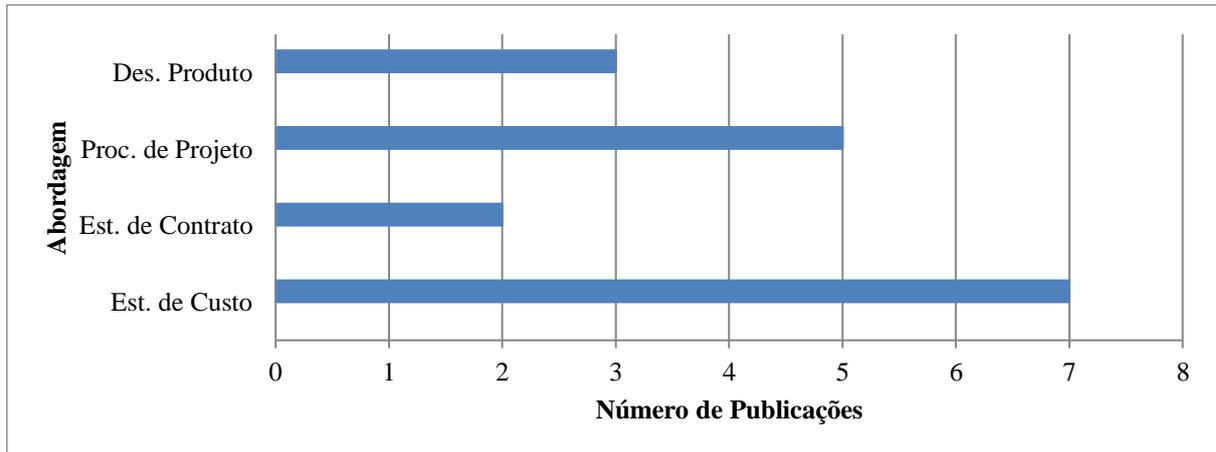
A Tabela 2.4 apresenta o detalhamento das fontes das respectivas quantidades de pesquisas publicadas em relação aos temas abordados no mapeamento.

Tabela 2.4 – Análise das pesquisas de acordo com a fonte, autores e ano de publicação

Número de trabalhos	Título do <i>Journal</i> ou <i>Conference</i>	Autores e ano de publicação
1	<i>British Journal of Management</i>	Nicolini <i>et al</i> (2000)
1	<i>International Journal of Project Management</i>	Broome e Perry (2002)
11	<i>International Group for Lean Construction</i>	Ballard e Reiser (2004); Granja, Picchi e Robert (2005); Ballard (2006); Robert e Granja (2006); Simões, Takinami e Hirota (2008); Pennanen e Ballard (2008); Jacomit, Granja e Picchi (2008); Pennanen, Ballard e Haahtela (2010); De Melo e Granja (2012); Ballard e Pennanen (2013); De Melo <i>et al</i> (2014)
1	<i>Construction Research Congress</i>	Ballard e Rybkowski (2009)
1	<i>Architectural Engineering and Design Management</i>	Jacomit e Granja (2011)
1	<i>Engineering, Construction and Architectural Management</i>	Hosseinian e Carmichael (2014)
1	<i>Annual Association of Researchers in Construction Management</i>	Williams, Williams e Ryall (2014)

Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

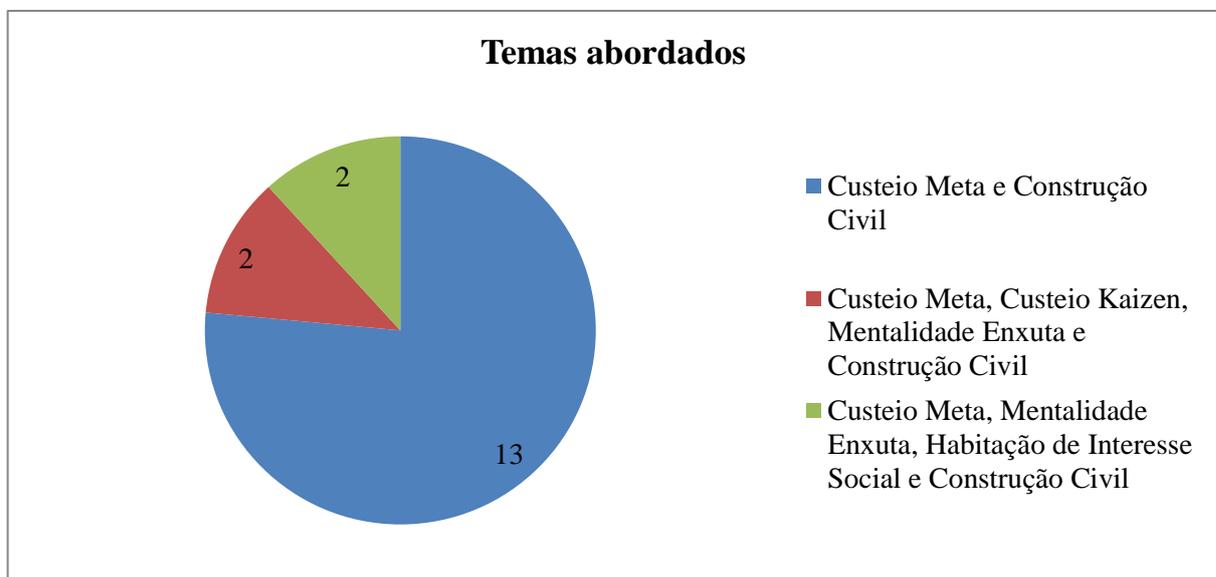
Com o intuito de mapear as abordagens estudadas por cada autor, e caracterizar a porcentagem de trabalhos em cada abordagem, na Figura 2.11 os trabalhos foram categorizados em quatro temas: Processo de Desenvolvimento do Produto (Des. Produto), Processo de Projeto (Proc. de Projeto), Estudo de Contrato (Est. Contrato) e Estudo de Custo (Est. de Custo).

Figura 2.11 - Categorias de abordagem

Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

A abordagem que foi mais estudada nos trabalhos mapeados foi o Estudo de Custo, que representa 41,18% do total e agrupa os trabalhos que buscaram modelar custos, elaborar planos de custos, realizar estimativas de custo, seguido pelos trabalhos que abordaram o Custeio Meta no Processo de Projeto com 29,41%, no Processo de Desenvolvimento do Produto com 17,65% e, por fim, Estudo de Contrato com 11,75%.

Quando são analisados os temas abordados em cada publicação, como pode ser observado na Figura 2.12, pode-se perceber que em sua maioria faz-se apenas um estudo da aplicação do Custeio Meta na construção civil, correspondendo a 13 dos 17 artigos encontrados.

Figura 2.12 - Temas abordados em relação ao total de publicações

Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

As quatro publicações restantes acrescentaram a abordagem da mentalidade enxuta em seus trabalhos, e duas combinaram como a aplicação do custeio kaizen e outras duas inseriram abordagem relativas às habitações.

2.4.3 Discussões

De acordo com Bueno e Brandstetter (2016), foi possível observar que as pesquisas relacionadas ao tema Custeio Meta são recentes e em consolidação, já que a primeira publicação a respeito do tema se deu em 2001 e em 2014 obteve-se o maior número de publicações.

O Brasil foi o país que mais publicou a respeito do tema, com duas publicações a mais que o Estados Unidos da América. Das sete publicações do Brasil, seis levam o nome de Ariovaldo Denis Granja, que está empatado com Glenn Ballard.

A maioria das publicações são artigos de congresso, sendo onze delas na conferência do *International Group of Lean Construction* (IGLC). Ressalta-se que desde 2004 quando iniciaram as publicações a respeito do Custeio Meta nesta conferência, apenas em 2007 não tiveram publicações a respeito do tema. Em contrapartida, em 2008 foram três publicações, quantidade máxima de publicações por ano.

Ao analisar as estratégias de pesquisa utilizadas nos artigos pesquisados, percebe-se o caráter exploratório do tema, sendo das dezessete publicações, dez Estudos de Caso. Já a abordagem de maior expressão foi o Estudo de Custo.

Respondendo às questões propostas no início do mapeamento, são elas:

- Qual o estágio do desenvolvimento das pesquisas relacionadas à aplicação do Custeio Meta e Custeio Kaizen na construção civil?

O estágio de desenvolvimento das pesquisas relacionadas à aplicação do Custeio Meta e do Custeio Kaizen na construção civil é considerado inicial, já que o tema é novo, tendo publicações apenas a partir de 2001, e em sua maioria, estão sendo publicados artigos com a estratégia de pesquisa sendo o Estudo de Caso, que salienta o caráter exploratório do tema.

- Quais pesquisas relacionam o Custeio Meta e o Custeio Kaizen com a Mentalidade Enxuta?

As pesquisas que relacionam o Custeio Meta e o Custeio Kaizen com a Mentalidade Enxuta são duas entre as dezessete, ambas publicadas por brasileiros, uma em 2005 por Ariovaldo Dênis Granja, Flávio Picchi e Gabriel Robert, e a outra em 2006 por Gabriel Robert e Ariovaldo Granja.

Essa escassez de pesquisas que relacionam Custeio Meta, custeio kaizen e mentalidade enxuta no âmbito da construção civil, mostra uma lacuna no conhecimento, e abre um nicho a ser pesquisado.

Como uma das possíveis propostas de pesquisa para suprir tal lacuna, surgem os estudos que possam relacionar os conceitos do Custeio Meta e da Mentalidade Enxuta com enfoque na melhoria dos processos produtivos. Entre tais estudos, o foco nas medições de desempenho e produtividade da mão de obra foi definido pela consolidação do tema na literatura nacional e internacional no ambiente da construção.

2.5 PRODUTIVIDADE DA MÃO DE OBRA

2.5.1 Contextualização e Definição

O estudo da produtividade tem estado associado às ferramentas gerenciais comumente utilizadas pela Engenharia de Produção. Tem como objetivo a geração de índices que possibilitem a comparação entre empresas do mesmo setor, ou a verificação de melhoria de desempenho da empresa em determinado setor quanto à meta almejada ou pela própria empresa (LIBRAIS, 2001).

A indústria da construção civil, especificamente o subsetor Edificações, possui algumas características distintas da indústria de produção seriada. Na indústria seriada, onde há imensas plantas horizontais e um caminho bem determinado de produção, o produto recebe incrementos de peças e componentes em momentos específicos e locais determinados nas fábricas e, ao término, o produto deixa a indústria e segue para o consumidor final (LIBRAIS, 2001).

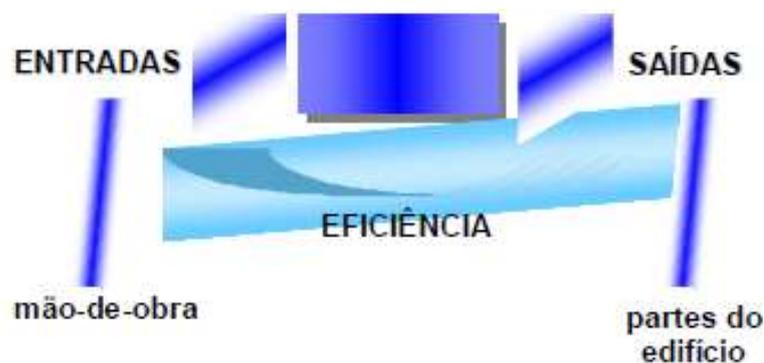
Na construção civil, também existe uma planta industrial, porém esta fica agregada ao produto acabado, ou seja, quando a construção do produto edifício é concluída, a indústria é quem deixa o ambiente de produção, o canteiro de obras se muda para iniciar um novo produto, em local geográfico distinto, e muitas vezes até com finalidades de uso, formas geométricas, materiais constituintes e mão de obra demandada, diferentes do anterior. Os processos produtivos variam em função do tempo e etapas de confecção do produto final (LIBRAIS, 2001).

Ishikawa (1996) define a produtividade como sendo uma atitude da mente cujo objetivo é procurar a melhoria contínua do que já existe, propondo que se pode fazer melhor hoje do que ontem, e melhor amanhã do que hoje.

Para Maeda (2002) a produtividade é a combinação entre a efetividade, que mede quão bem os resultados são alcançados, e a eficiência, que verifica quão bem os recursos são utilizados na busca dos resultados de um determinado sistema produtivo.

Paliari (2008) define como sendo a relação entre as entradas de um processo e as saídas do mesmo. E com foco exclusivo na produtividade da mão de obra, Souza (2001) estabelece que a produtividade consiste na eficiência da transformação do esforço humano em serviços de construção, conforme ilustrado na Figura 2.13.

Figura 2.13 – Processo de transformação de recursos em produtos



Fonte: LIBRAIS (2001).

2.5.2 Modelo dos Fatores

Para medir a produtividade na construção civil, Thomas e Yiakoumis (1987) propuseram um modelo intitulado “Modelo dos Fatores”. Este modelo analisa a produtividade da mão de obra

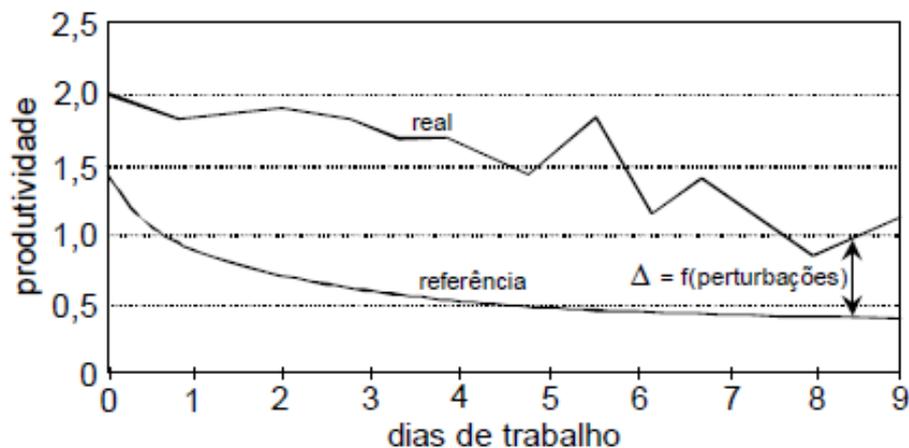
quanto às equipes de trabalho, levando-se em consideração o efeito da curva de aprendizagem de atividades repetitivas, assim como outros fatores que interferem no seu valor (PALIARI, 2008).

O trabalho das equipes pode ser influenciado por fatores de caráter sistêmico, ou seja, o ambiente de trabalho, aspectos organizacionais e gerenciais, condições atmosféricas, disponibilidade de materiais e equipamentos, entre outros; ou de caráter aleatório, tais como especificação dos materiais e detalhes de projeto. Thomas e Yiakoumis (1987) mostram ainda que o efeito cumulativo das perturbações pode gerar uma irregularidade quanto à forma da curva de produtividade real, que dificulta a sua interpretação.

Porém, utilizando-se da extração matemática dos efeitos dos fatores da curva real, será gerada uma curva de produtividade de referência. Esta curva representa o desempenho básico para realização do serviço, podendo inclusive levar em consideração as melhorias obtidas quanto à repetitividade intrínseca ao serviço, denominada curva de aprendizagem. Com isso, a forma e a magnitude da curva real de produtividade estão diretamente relacionadas ao número de fatores relacionados, tais como as condições ambientais do canteiro de obras, métodos construtivos e aspectos relacionados à construtibilidade (PALIARI, 2008).

Na Figura 2.14 é possível visualizar a variação da curva real e da curva de referência ao longo do tempo.

Figura 2.14 – Modelo dos fatores para produtividade na construção



Fonte: SOUZA (1996).

Em alguns casos pode acontecer a existência de fatores influenciadores que incidam sobre a produtividade e gerem curvas reais localizadas abaixo da curva de referência (ARAÚJO, 2000).

Estes fatores que influenciam a produtividade da mão de obra podem ser classificados em dois grupos, segundo Thomas e Smith (1990), sendo eles relacionados ao conteúdo do trabalho ou ao contexto do mesmo. Existem ainda, as anormalidades, geradas por causas que poderiam ou não ser previstas pela gerência do empreendimento, e que podem causar grandes danos ao ritmo de trabalho do operário (SOUZA, 1996).

Librais (2001) reúne exemplos de fatores que podem influenciar a produtividade de um oficial ou de sua equipe. Apresentados na Tabela 2.5, eles podem ser quantitativos, assim como o comprimento de uma parede, ou qualitativos, como as ferramentas necessárias para desempenhar um serviço.

Tabela 2.5 – Fatores influenciadores da produtividade da mão de obra

FATORES		
Conteúdo do Trabalho	Contexto do Trabalho	Anormalidades
Peso dos blocos	Ferramenta para assentamento	Chuva torrencial
Comprimento das paredes	Ferramenta para desempenho	Falta de material
Espessura do revestimento	Temperatura	Quebra de grua
Acabamento superficial	Umidade relativa do ar	

Fonte: LIBRAIS (2001). Adaptado pelo autor (2017).

Ainda de acordo com o Modelo de Fatores, se o conteúdo de um serviço e o contexto em que é realizado não sofresse alteração alguma ao longo do tempo, a produtividade seria uma constante. Sendo assim, a produtividade varia na medida em que os fatores associados ao conteúdo ou ao contexto em que se encontram variam (SOUZA, 2001).

2.5.3 Indicadores para Mensuração da Produtividade da Mão de Obra

Uma das funções básicas da utilização de indicadores é a possibilidade de perceber o ritmo de trabalho de determinada equipe ou setor de produção, ou até mesmo a comparação desses índices com outras empresas do mesmo setor. Para que isso ocorra, é necessária uma padronização do modo de mensurar e gerar esses índices (SOUZA, 2000).

A produtividade é a relação entre as entradas de um processo, tais como materiais e mão de obra, e as saídas do mesmo como, por exemplo, m² de emboço, metros de requadrção, entre outros. A forma de mensuração da produtividade da mão de obra adotada foi a Razão Unitária de Produção (RUP), que, segundo Souza (1996), é medida relacionando o esforço humano, avaliado em Homens x hora (Hh), com a quantidade de serviço realizado, como pode ser visto na Equação (2.1).

$$RUP = \frac{Hh}{QS} \quad (2.1)$$

Onde:

Hh = Homens hora despendidos na execução do serviço

QS = Quantidade de serviço executado pela mão de obra em determinado tempo

Desta forma, quanto maior a RUP de um operário em determinada função, menor produtividade ela representa.

Para desenvolver o cálculo da RUP para determinado serviço, deve ser considerada a quantidade líquida de serviço executado, ou seja, para o caso de um revestimento, onde a quantidade de serviço é medida em área, não se considera a área das aberturas. E o tempo utilizado na fórmula é todo o tempo em que os operários estiverem disponíveis para o trabalho, tanto os tempos produtivos quanto os improditivos (PALIARI, 2008).

Santos (1996) trabalhou com os seguintes conceitos para os tempos vinculados à produção:

- Tempo Produtivo (TP): é todo aquele tempo gasto para desenvolver atividades diretamente ligadas à execução da tarefa foco, que agrega valor ao produto final, ou seja, que efetivamente contribuem para o crescimento da obra. Como por exemplo, um oficial assentando blocos de alvenaria;
- Tempo Auxiliar (TA): representam as atividades que não agregam valor de forma direta ao produto, mas que são necessárias para a execução do mesmo. Entre essas estão as atividades de transporte de materiais, limpeza, montagem de andaimes, entre outras;

- Tempo Improdutivo (TI): podem ser causados por anormalidades evitáveis ou inevitáveis e pela ociosidade. As anormalidades evitáveis ocorrem por falta de domínio do processo, podendo ser facilmente evitáveis com treinamento da equipe de trabalho; as inevitáveis decorrem de causas externas e imprevisíveis, aleatórias ou incontroláveis; já as causadas por ociosidade se referem à inatividade intencional, por um estado físico ou predisposição dos operários.

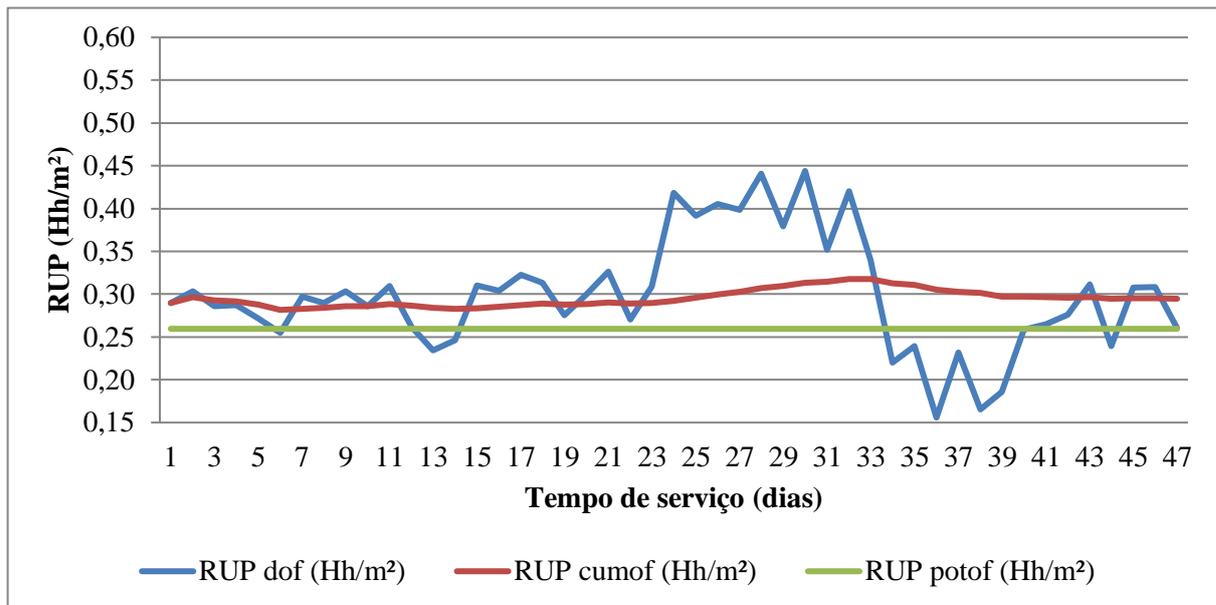
2.5.4 Classificação dos Indicadores de Produtividade da Mão de Obra

Para gerar a produtividade atual dos oficiais das equipes por serviço, é necessário o levantamento das RUP: diária (RUP d), cumulativa (RUP cum), cíclica (RUP cic) e potencial (RUP pot).

Segundo Silva (2001), a RUP diária corresponde à mensuração das entradas e saídas de cada dia útil de trabalho. A RUP cumulativa é referente a um período acumulado, quando as quantidades de entrada e de saída são aquelas acumuladas desde o primeiro dia de estudo até a data de sua avaliação. A RUP cíclica se refere a um ciclo do serviço dentro do desenvolvimento do empreendimento. Já a RUP potencial é definida por Souza (2001) como o valor da RUP diária ou da RUP cíclica que, apesar de possuir bom desempenho, se mostre possível de ser atingido em função de valores já detectados, sendo obtida matematicamente como a mediana dos valores das mesmas que estejam abaixo do último valor da RUP cumulativa observada no período de coleta dos dados.

Na Figura 2.15 tem-se a representação gráfica dos tipos de RUPs que serão adotadas nesse trabalho.

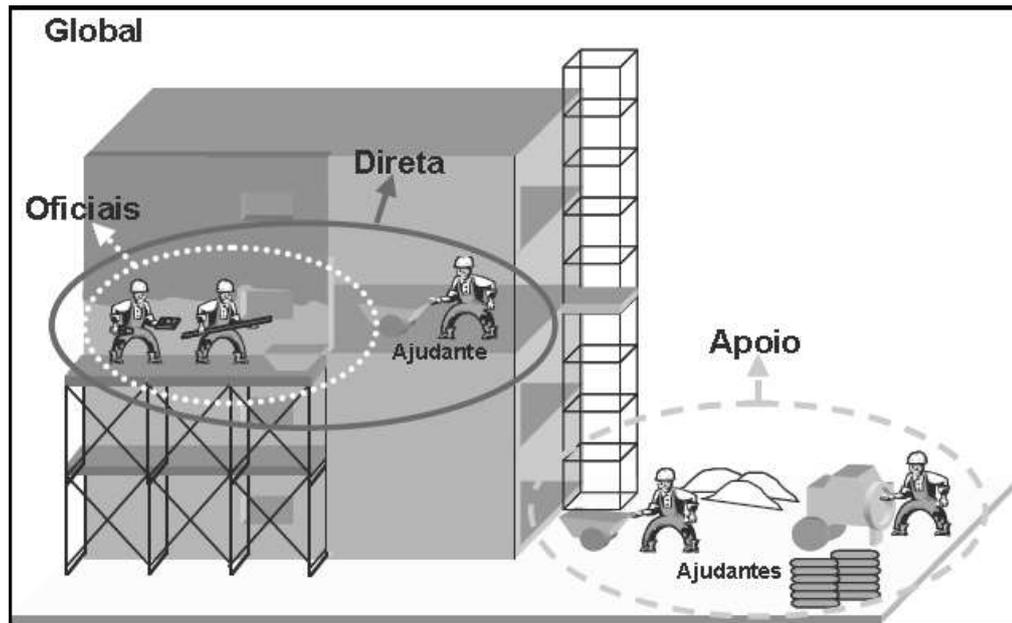
Figura 2.15 – Tipos de RUPs



Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

As RUP podem se referir a:

- Equipe de oficiais (RUP d_{of} , RUP cum_{of} , RUP cic_{of} , RUP pot_{of}), que se refere apenas à produtividade dos oficiais envolvidos no serviço;
- Equipe direta (RUP d_{dir} , RUP cic_{dir} , RUP cum_{dir}), referente aos oficiais e ajudantes ligados diretamente à execução dos serviços;
- Equipe de apoio, que é caracterizada pelos ajudantes responsáveis por processar a matéria prima e fazer com que chegue à equipe direta. Na Figura 2.16 é possível visualizar cada um desses tipos de equipe.

Figura 2.16 – Categorias que abrangem a mão de obra nas RUP

Fonte: SILVA (2002).

A junção de todos que, de forma direta ou indireta, trabalham para que o serviço seja executado é chamada de equipe global (RUP d_{glob} , RUP cic_{glob} , RUP cum_{glob}).

CAPÍTULO 3

MÉTODO DE PESQUISA

Neste capítulo são apresentadas a estratégia e delimitação da pesquisa com a descrição de suas etapas, a empresa e o objeto do estudo, além da instrumentalização da coleta e análise dos dados.

3.1 ESTRATÉGIA DE PESQUISA

Este trabalho tem como foco a melhoria da qualidade das habitações, tendo como objetivo propor diretrizes baseadas no Custeio Meta para a melhoria do seu ciclo produtivo. Partiu-se de uma revisão bibliográfica que abrangeu o Custeio-Meta, a Mentalidade Enxuta e a Produtividade da Mão de Obra.

Classificando essa pesquisa quanto ao objetivo, ela tem um caráter descritivo, já que segundo Gallardo (2007) e Gil (2010), uma pesquisa se caracteriza como descritiva quando descreve o comportamento de fenômenos e Soares (2003) destaca que este tipo de estudo deve ser utilizado quando o pesquisador procura responder as questões do tipo “como” e “por quê”, bem como em situações em que o investigador tem pouco controle sobre os eventos do ambiente estudado.

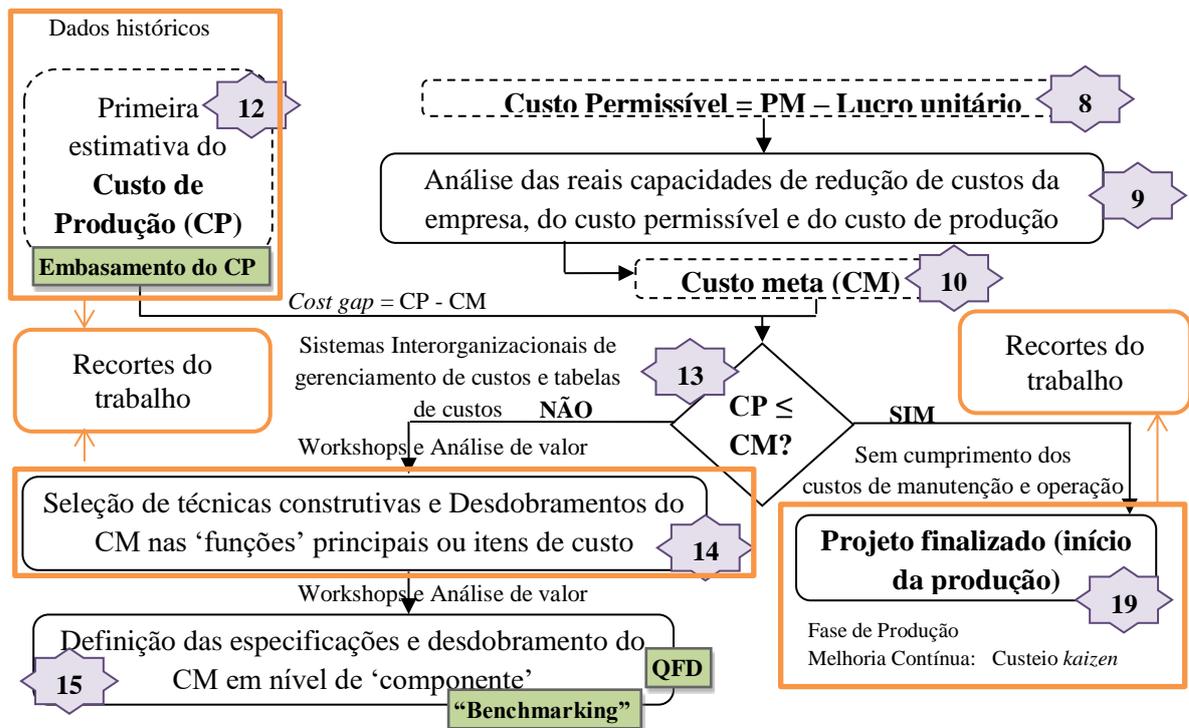
Yin (1994) levanta três aspectos que devem ser definidos na hora da escolha de uma estratégia de pesquisa: o tipo de questão que a pesquisa se propõe a responder, o grau de controle que o pesquisador terá sobre o fenômeno a ser estudado e se o foco do estudo está relacionado a eventos históricos ou a contemporâneos.

Desta forma, a estratégia de pesquisa foi o estudo de caso, uma vez que a pergunta respondida pela pesquisadora foi do tipo “como”, o grau de controle do pesquisador sobre o fenômeno foi baixo, e a investigação está relacionada a eventos contemporâneos.

3.2 DELIMITAÇÃO E ETAPAS DA PESQUISA

Para o desenvolvimento deste trabalho, decidiu-se por abordar um recorte do modelo descrito no item 2.1.5 (Modelo para incorporação do Custeio Meta no PDP de edificações proposto por Jacomit em 2010), para previsão dos custos estimados de produção apresentado na Figura 3.1.

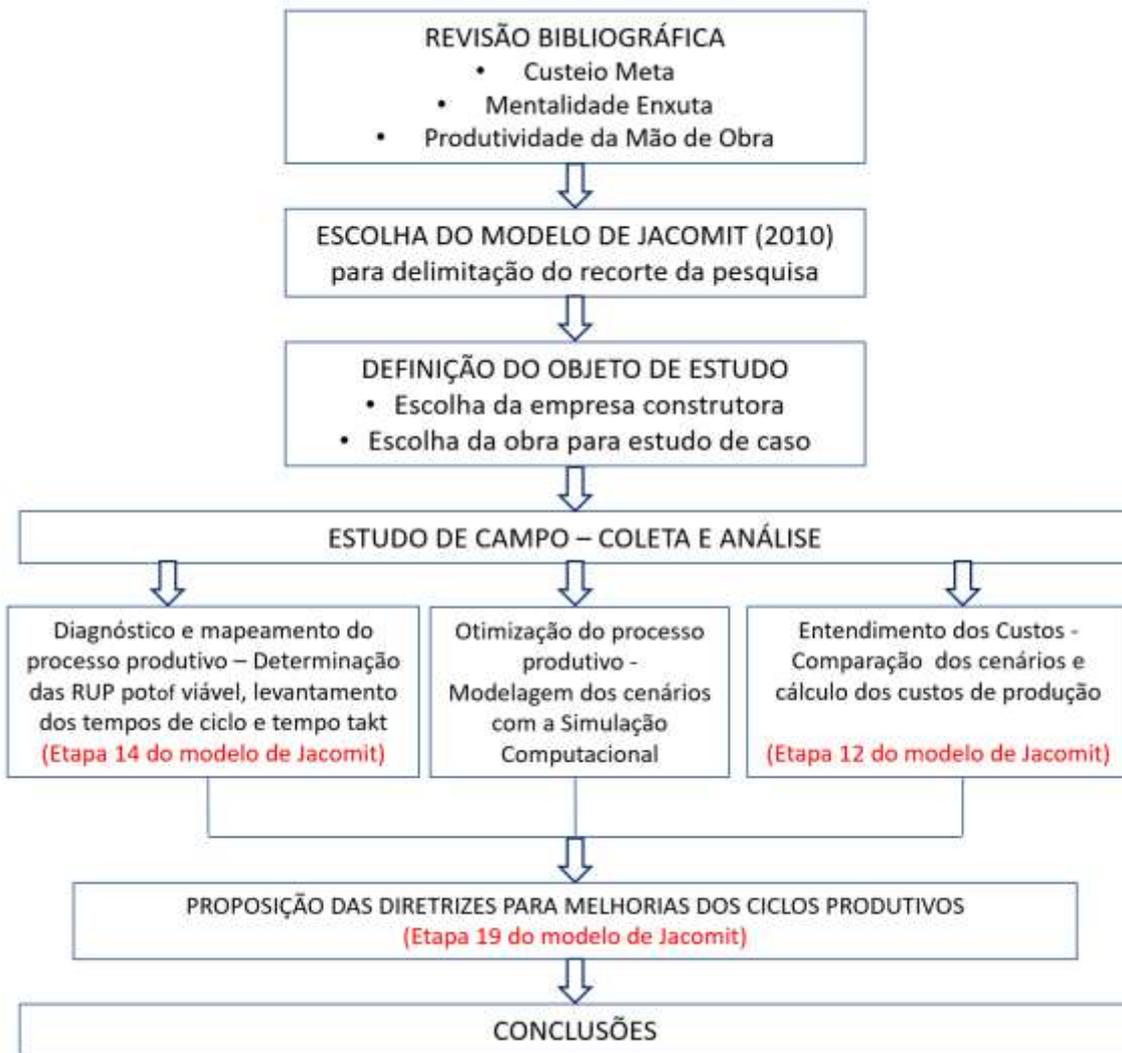
Figura 3.1 - Delimitação do recorte da pesquisa



Fonte: JACOMIT (2010). Adaptado pelo autor (2017).

As etapas da pesquisa, apresentadas na Figura 3.2, têm início com a revisão bibliográfica referente aos três temas em estudo - Custeio Meta, Mentalidade Enxuta e Produtividade da Mão de Obra. Salienta-se que a revisão bibliográfica teve continuidade no decorrer de todo o desenvolvimento da pesquisa. Em seguida, definiu-se por colocar em prática parte do modelo de Jacomit (2010) e foi feita uma delimitação do recorte a ser abordado.

Posteriormente a empresa parceira foi contatada e o empreendimento foco de estudo foi definido. O empreendimento selecionado é composto por processos produtivos repetitivos, com ciclos de produção bem definidos, o que facilita a aplicação de ferramentas ligadas à indústria da produção seriada.

Figura 3.2 - Etapas de pesquisa

Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

O estudo de campo que constitui a investigação do processo produtivo se inicia com o diagnóstico e mapeamento do processo por meio de visita à obra, em seguida foi feito um estudo do cronograma e foram determinados os serviços que teriam os dados coletados para o estudo dos ciclos de produção.

Para entender os parâmetros de entrada do processo, foram estimados a partir do cronograma de obras os tempos planejados para os serviços, para que pudessem ser feitas medições de produtividade das equipes dos serviços em execução. Esta etapa de diagnóstico definiu também as perdas segundo a classificação de Ohno (1997) e buscou-se também levantar os custos de produção da obra, que para um próximo empreendimento, correspondem a etapa 12 do Modelo de Jacomit (2010).

De posse dos processos a serem melhorados, foi definida a proposta pela busca da redução dos custos por meio da análise das perdas detectadas, com a parceria da equipe de obra. Esta redução foi proposta por meio do estudo da produtividade da mão de obra e análise da descontinuidade dos ciclos de produção, diretamente relacionadas ao planejamento e controle da obra. Estas ações correspondem mais diretamente à etapa 14 do Modelo de Jacomit (2010).

As diretrizes baseadas no diagnóstico foram formuladas de acordo com os princípios do Custeio Meta e Kaizen e aplicadas nos processos. Para esta proposição, foram simulados novos cenários de ciclos produtivos considerando as equipes e os serviços escolhidos. Os novos cenários simularam situações reais e consideraram os dados de otimização calculados a partir do estudo da produtividade.

O levantamento dos novos custos de produção foi considerado para compreensão da aplicabilidade do Custeio Meta. Estas ações correspondem à etapa 19 do Modelo de Jacomit (2010).

Por fim, as conclusões visaram confirmar os objetivos do trabalho, relacionando o estudo da produtividade para otimização do tempo de produção, a simulação computacional para comparar cenários e permitir a análise de possibilidades de melhorias nos ciclos produtivos e nos custos dos processos.

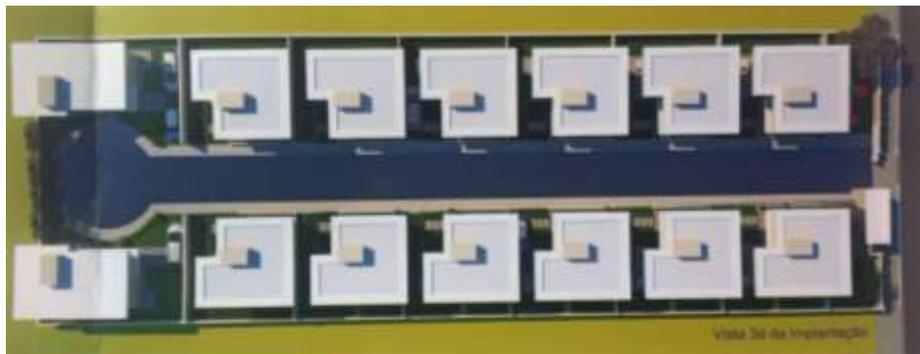
3.3 ESCOLHA DA EMPRESA E DO CASO

A empresa escolhida é uma construtora que foi fundada em Campo Grande – MS há 15 anos, e atua na região metropolitana de Goiânia – GO desde 2001. Possui como foco a qualidade do atendimento ao cliente, com a utilização de materiais e mão de obra de qualidade, dando suporte na criação e desenvolvimento de projetos residenciais e comerciais. Possui em seu escopo de atuação mais de 150 imóveis entregues em Campo Grande e vários conjuntos habitacionais em Goiânia.

Os critérios para a definição da empresa parceira foram principalmente relacionados à experiência e consolidação no mercado, e à abertura para o desenvolvimento de trabalhos científicos em seus canteiro de obras.

O empreendimento selecionado é um condomínio que contém 14 sobrados, sendo 12 modelos tipo 1 e dois tipo 2 como pode ser visto na Figura 3.3, a implantação do empreendimento. Os dois tipos arquitetônicos do condomínio possuem área muito similar, sendo 91,05 m² para as casas do tipo 1 e 93,17 m² para as casas tipo 2. Na Figura 3.4, é possível visualizar a fachada do sobrado, e na Figura 3.5, sua planta arquitetônica.

Figura 3.3 - Vista 3D da implantação do empreendimento



Fonte: Empresa parceira (2015). Adaptado pelo autor (2017).

Figura 3.4 - Vista 3D da fachada Tipo 1



Fonte: Empresa parceira (2015). Adaptado pelo autor (2017).

Figura 3.5 - Planta casa Tipo 1

Fonte: Empresa parceira (2015). Adaptado pelo autor (2017).

A obra teve início em janeiro de 2015 e possui três equipes de trabalho, que executam os mesmos serviços de engenharia em unidades habitacionais diferentes. Entre essas equipes, existem duas formadas por 2 oficiais e 2 ajudantes de oficiais e uma que é formada por 2 oficiais e 1 ajudante de pedreiro.

Os serviços medidos foram escolhidos considerando os critérios de fazerem parte do caminho crítico quanto ao planejamento da obra e estarem em execução no período da coleta de dados. A escolha por serviços do caminho crítico decorre da hipótese que sua otimização pode levar à diminuição do tempo total de execução da obra, que gera redução de custo do empreendimento.

A Tabela 3.1 possibilita um melhor entendimento da divisão de serviço por equipe na obra em estudo.

Tabela 3.1- Divisão de trabalho entre as equipes

Equipe	Formação	Serviços executados			Unidades Habitacionais					
		Emboço Externo	Emboço Interno	Contrapiso	14	13	11	10		
A	2 oficiais e 2 ajudantes	Emboço Externo	Emboço Interno	Contrapiso	01	12	05	09		
B	2 oficiais e 1 ajudante				02	03	04	06	08	07
C	2 oficiais e 2 ajudantes									

Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

Na Figura 3.6 pode ser vista uma foto do canteiro de obras no momento do início da pesquisa.

Figura 3.6 - Empreendimento em estudo



Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

3.4 INSTRUMENTALIZAÇÃO DA COLETA DE DADOS – PRODUTIVIDADE DA MÃO DE OBRA

Os dados da pesquisa foram obtidos por duas formas, coleta de dados em obra durante um mês ininterrupto e coleta de dados a partir de documentos fornecidos pela equipe da obra. No primeiro momento, houve a coleta de dados de no mínimo um ciclo produtivo para cada equipe em cada etapa de serviço estudada.

A segunda parte da coleta dos dados envolveu medições de aferição *in loco*, observações das estratégias de logística e movimentação de materiais, investigações junto ao corpo gerencial da obra e estudo das planilhas de controle de ponto do mestre de obra. Sendo possível

verificar o controle de frequência de cada funcionário e o serviço desempenhado em cada dia. Na Figura 3.7 é possível ver um exemplo de controle de ponto preenchido.

Figura 3.7 – Folha de Ponto

CONTROLE DE PONTO - MÊS: Janeiro 2016						
FUNCIONÁRIO: Gilson Pedreira						
DIA	OBIS	ENT	SAIDA	ENT	SAIDA	EMPREITA / TAREFA
1						
2						
3						
4	E. Real	07:00	12:00	13:00	17:00	E. Reboco e Requadros C 03
5	P. Real	07:00	12:00	13:00	17:00	E. Reboco e Requadros C 03
6	P. Real	07:00	12:00	13:00	17:00	E. Requadros C 03
7	P. Real	07:00	12:00	13:00	17:00	E. Requadros C 03
8	P. Real	07:00	12:00	13:00	16:00	E. Requadros C 03
9						
10						
11	P. Real	07:00	12:00	13:00	17:00	E. Reboco interno e C 04
12	P. Real	07:00	12:00	13:00	17:00	E. Reboco interno C 04
13	P. Real	07:00	12:00	13:00	17:00	N. Reparo de Reboco que -
14	P. Real	07:00	12:00	13:00	17:00	E. Reboco interno C 04
15	P. Real	07:00	12:00	13:00	16:00	E. Reboco interno C 04

Fonte: Empresa parceira (2016). Adaptado pelo autor (2017).

Para o levantamento dos quantitativos de serviço, tais como as áreas de parede para emboço interno e externo, área de piso, comprimento da escada, perímetro das molduras, pingadeiras e requadros, foram utilizadas as plantas arquitetônicas no programa AutoCad, também disponibilizadas pela empresa parceira.

A partir disso, foram coletadas as informações de cada equipe (A, B e C) em cada casa do empreendimento (1 a 14) e lançadas em planilha do Microsoft Excel, para facilitar o processamento dos dados referente a cada serviço. Na Tabela 3.2 pode ser visto um exemplo da forma como os dados foram lançados.

Tabela 3.2 – Planilha de processamento de dados

Dias de Coleta	Serviço	Ped 1 (dia)	Ped 2 (dia)	Ajudante (dia)	Of RE (hr)	Aj RE (hr)	Of Ping (hr)	Aj Ping (hr)	Of Mold (hr)	Aj Mold (hr)	Of RI (hr)	Aj RI (hr)	Of Req (hr)	Aj Req (hr)	Of CP (hr)	Aj CP (hr)	Of Escada (hr)	Aj Escada (hr)	Of Talisca (hr)	Aj Talisca (hr)
1	RI	1	1	0	0	0	0	0	0	0	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	RI	1	1	1	0	0	0	0	0	0	14	7	0	0	0	0	0	0	0	0
3	RI	1	1	1	0	0	0	0	0	0	16	8	0	0	0	0	0	0	0	0
4	RI	1	1	1	0	0	0	0	0	0	16	8	0	0	0	0	0	0	0	0
5	RI	1	1	1	0	0	0	0	0	0	16	8	0	0	0	0	0	0	0	0
6	RE	1	1	1	16	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	RE	1	1	1	16	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	RE	1	1	1	14	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	Rq	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	16	8	0	0	0	0	0	0
10	Rq	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	16	8	0	0	0	0	0	0
11	Rq	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	8	8	0	0	0	0	0	0
12	Rq	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	16	8	0	0	0	0	0	0
13	M	1	1	1	0	0	0	0	14	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	M	P	1	1	1	0	0	7	3,5	7	3,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	T	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	8
16	CP	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	8	0	0	0	0
17	CP	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	8	0	0	0	0
18	E	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	7	0	0
19	E	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	8	0	0
20	P	1	0	1	0	0	8	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	P	0,5	0	0,5	0	0	3,5	3,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SOMATÓRIO DOS TEMPOS (hr)					46	23	18,5	15	21	10,5	76	31	56	24	36	16	15	15	16	8

Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

A primeira coluna representa a quantidade de dias em que a casa foi executada, em seguida o dia da semana com sua numeração de referência (considerando domingo como dia 1 e sábado como dia 7). Essas duas últimas colunas foram necessárias para auxiliar a distinguir os dias em que a carga horária de trabalho era de 8 horas diárias (segunda à quinta) dos dias em que, pelo sindicato, o funcionário deve trabalhar 1 hora a menos (sexta e sábado).

Na quarta coluna está a data do dia de anotação, e como pode ser visto na tabela, nas linhas 19 e 20, existem descontinuidades na execução dos serviços medidos. Por isso a importância da especificação da data. Essas descontinuidades são ocasionadas por faltas dos oficiais ou por

execução de serviços que não estão sendo medidos neste trabalho. Elas são consideradas por hipótese como um fator de diminuição da produtividade das equipes.

Na quinta coluna, estão descritas as etapas de serviços executadas no dia de trabalho da equipe. As etapas de serviço medidas foram: emboço externo (RE), moldura (Mold), pingadeira (Ping), emboço interno (RI), requadros (Req), contrapiso (CP), talisca (Tal) e escada (Esc).

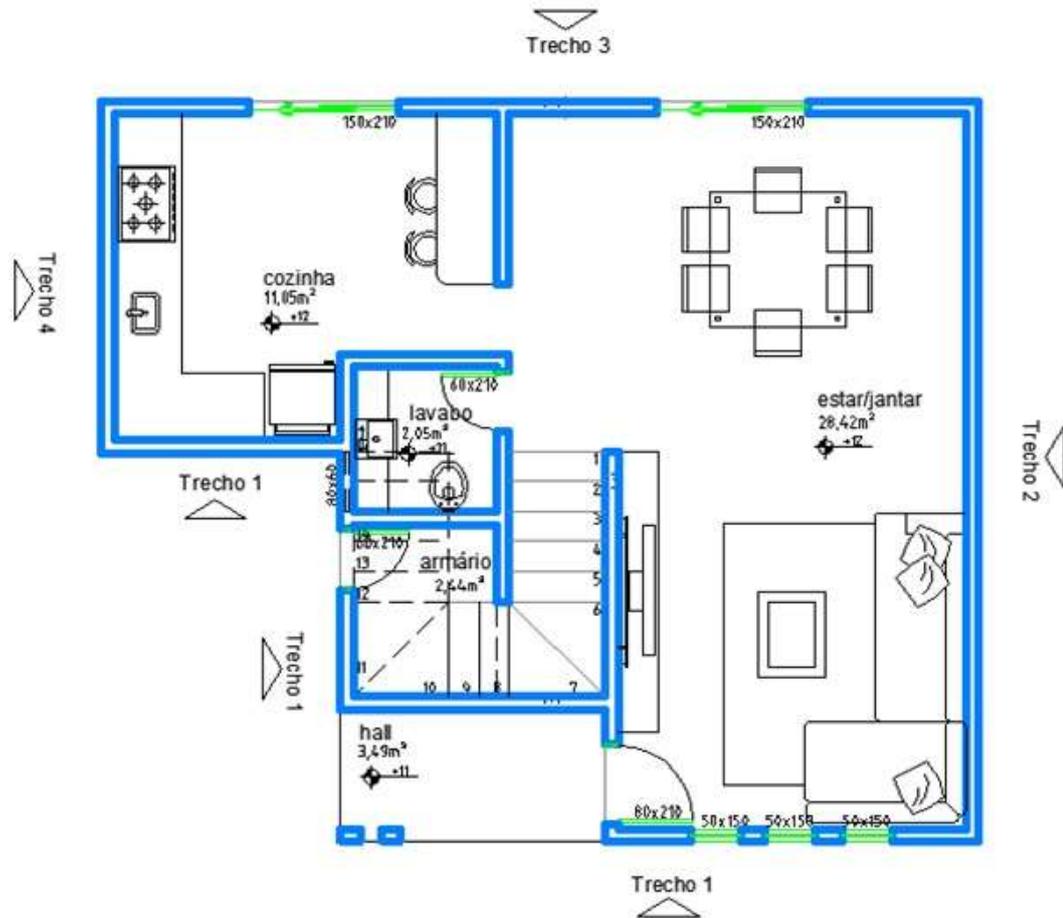
As três próximas colunas se referem à folha de ponto dos funcionários, e é representada por 1,0 quando desenvolveu trabalho naquela unidade habitacional por um dia completo, caso tenha ficado apenas um período, obtém-se 0,5 e no caso de não comparecimento à obra, ou da execução de serviços não medidos neste trabalho, entende-se por 0,0.

O restante das colunas representa a quantidade de horas trabalhadas em cada etapa de serviço pelos oficiais (Oficiais – Of) e pelos ajudantes (Ajudantes – Aj).

Em simultâneo, os dados de coleta em campo também foram lançados em planilha no Microsoft Excel já que as anotações do mestre não possibilitavam o entendimento dos tempos auxiliares envolvidos em cada atividade, tais como tempos de montagem e desmontagem de andaimes, fixação de roldanas e os tempos de transporte vertical e horizontal dos materiais.

As medições de produtividade (RUP) foram desenvolvidas a partir do trabalho dos oficiais (oficiais). Sendo os transportes de materiais, função dos ajudantes de pedreiro, não justificaria inserir como tempo auxiliar. Porém, na equipe formada por dois oficiais e um ajudante, não raro, o segundo pedreiro teve que assumir a função de transportes, tendo que ser descontado na consideração dos tempos deste funcionário para verificar uma produtividade mais próxima da real.

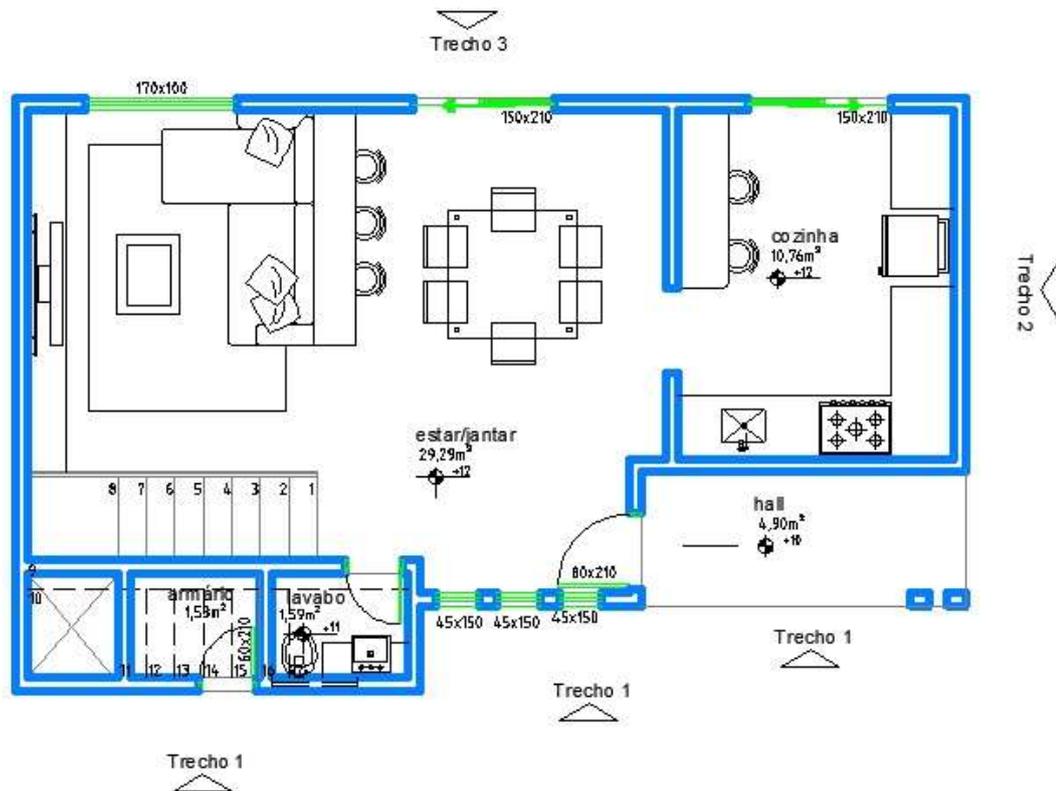
Para a definição dos tempos auxiliares, a unidade habitacional do tipo 1 foi dividida em 4 trechos de montagem de andaime, sendo o trecho 1 na fachada frontal, o trecho 2 na fachada lateral 1, o trecho 3 na fachada dos fundos e o trecho 4 na fachada lateral 2. A Figura 3.8 é uma imagem da planta baixa do primeiro pavimento da casa tipo 1, em que podem ser vistas as localizações dos trechos de 1 a 4.

Figura 3.8 – Trechos para montagem de andaimes casa tipo 1

Fonte: Empresa parceira (2015). Adaptado pelo autor (2017).

Para o emboço interno do pavimento superior, para o emboço externo da parte interna da platibanda e emboço externo e interno da caixa d'água, a montagem de uma roldana se fazia necessária, então esta montagem ficou determinada como trecho 5.

Para a unidade habitacional do tipo 2, que possui a lateral 2 encostada no muro de divisa dos fundos do condomínio, foi dividida em apenas 3 trechos de andaime e 1 de roldana, sendo o trecho 1 na fachada frontal, o trecho 2 na fachada lateral 1, o trecho 3 na fachada dos fundos. A Figura 3.9 é uma imagem da planta baixa do primeiro pavimento da casa tipo 2, em que podem ser vistas as localizações dos trechos de 1 a 3. A montagem de roldana ficou sendo o trecho 4.

Figura 3.9 – Trechos para montagem de andaimes casa tipo 2

Fonte: Empresa parceira (2015). Adaptado pelo autor (2017).

Os valores dos tempos auxiliares médios para esses serviços estão descritos na

Tabela 3.3. Esses tempos foram calculados a partir da medição repetida das montagens de andaime e das roldanas para cada trecho por mais de uma equipe. O tempo gasto foi medido em Homens x hora (Hh), ou seja, três homens trabalhando por duas horas são capazes de montar o andaime da fachada frontal, ou do trecho 1, da casa tipo 1.

Esse tempo de serviço não foi descontado apenas nas horas de oficiais, já que neste momento de preparação para o serviço a ser executado, a equipe inteira se organiza para agilizar o processo. Nas equipes A e C, que são formadas por quatro integrantes, gastaria pouco mais de uma hora para montar o mesmo andaime descrito no exemplo anterior.

Tabela 3.3 – Tempos auxiliares para montagem de andaimes e roldanas

Atividade	Trecho	Casa Tipo 1	Casa Tipo 2
		Esforço (Hh)	Esforço (Hh)
Montagem de andaime	1	6,00	6,00
	2	5,00	4,00
	3	5,00	5,00
	4	4,00	-
Fixação de Roldana	5	3,00	3,00

Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

Com estas planilhas de diagnóstico nas mãos, foram iniciados os cálculos das RUP atuais para cada etapa de serviço, desenvolvida por cada equipe nas 14 unidades habitacionais. Para este cálculo, foram subtraídos os valores de tempo gastos pelas equipes no desenvolvimento das atividades auxiliares, com a finalidade de não interferir nos índices de produtividade das mesmas.

3.4.1 Cálculo da RUP atual

Para o cálculo da RUP atual, foram utilizadas as planilhas de dados representadas na Tabela 3.2 e subtraídos os tempos auxiliares obtidos a partir da

Tabela 3.3, gerando assim os tempos produtivos e improdutivo, gastos em horas, para a execução dos serviços em estudo. Um exemplo de cálculo das RUP atuais pode ser visto na Tabela 3.4.

Tabela 3.4 – Exemplo de cálculo das RUP atuais

Dia	Hh of	Área liq (m ²)	RUP cicof (Hh/m ²)	Hh of cum	Área liq cum (m ²)	RUP cumof(Hh/m ²)	RUP potof (Hh/m ²)
1	14,00	37,10	0,38	14,00	37,10	0,38	0,36
2	13,00	40,06	0,32	27,00	77,16	0,35	
3	12,00	32,63	0,37	39,00	109,79	0,36	
4	16,00	42,38	0,38	55,00	152,17	0,36	
5	15,00	35,30	0,42	70,00	187,47	0,37	
6	14,00	38,12	0,37	84,00	225,59	0,37	

7	15,50	36,53	0,42	99,50	262,11	0,38
8	13,00	38,17	0,34	112,50	300,28	0,37
9	8,00	19,60	0,41	120,50	319,88	0,38

Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

Após o cálculo das RUP atuais para cada etapa de serviço desenvolvida em cada unidade habitacional, foram gerados o tempo de ciclo (T/C) e o tempo *takt* (TT) por equipe, baseado nas RUP pot_{of} atual de cada uma delas, e o *lead time* da obra.

A partir do cronograma de planejamento da obra, apresentado na Figura 3.10, foi calculado o tempo total disponível para a execução dos três serviços medidos, já que estava planejada a execução do serviço “Reboco” no período de Junho de 2015 a Fevereiro de 2016.

Figura 3.10 - Cronograma da obra em estudo

CRONOGRAMA (MACRO)																				
VERSÃO 01/04/2015																				
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO
	/15	/15	/15	/15	/15	/15	/15	/15	/15	/15	/15	/15	/16	/16	/16	/16	/16	/16	/16	/16
ALVENARIA (UNIDADES)																				
REBOCO (UNIDADES)																				
GESSO																				
REVESTIMENTOS PISOS/GRANITOS																				
PORTAS INTERNAS																				
PORTAS EXTERNAS/ JANELAS																				
PINTURA																				
RUA/CALÇADAS INTERNAS																				
ELÉTRICA/HIDRÁULICA																				
FINALIZAÇÕES/LIMPEZA DA OBRA																				

Fonte: Empresa parceira (2015).

Com as RUP atuais definidas, foi possível iniciar a revisão das RUP viáveis.

3.4.2 Cálculo da RUP viável

A primeira etapa para o cálculo das RUP potenciais viáveis foi uma tentativa de gerar as regressões lineares das etapas de serviço medidas, com foco nas etapas principais de cada serviço tais como emboço externo, emboço interno e contrapiso, por serem as etapas que possuem um volume maior de dados a serem analisados. Para isso, foram levantados os

fatores de influência sobre cada uma delas, e através dos trabalhos de Souza (2001), Souza (2006), Silva (2002), Librais (2001), obteve-se a forma de calculá-los.

Porém, como os dados foram coletados em uma mesma obra, por equipes que desenvolviam os mesmos serviços, em unidades habitacionais com plantas arquitetônicas idênticas, ou muito similares, os principais fatores de influência obtiveram índices iguais, o que inviabilizava a geração das regressões lineares. Por exemplo, no parâmetro Per/A (perímetro/área) o perímetro e a área das atividades desenvolvidas por cada equipe eram as mesmas, sem possibilidades de variação.

Em uma segunda etapa, decidiu-se por dividir as unidades habitacionais em trechos de trabalho, no caso do emboço externo foram divididas por fachadas; dessa forma os parâmetros teriam de 4 a 5 trechos de diferentes dimensões, possibilitando a variação dos índices gerados.

De fato, os índices variaram e as regressões lineares foram geradas. Algumas delas até produziram resultados similares às equações propostas nos trabalhos de Souza (2001) e Silva (2002), porém, nenhuma delas obtiveram o coeficiente de determinação R^2 superior a 10% com o F de significação inferior a 5%. Essas tentativas de regressões estão apresentadas no Apêndice do trabalho.

As tentativas ineficazes em gerar regressões lineares que estivessem relacionadas diretamente à obra em estudo levaram a análise de que, apesar de possuir quantidades razoáveis de índices de produtividade com seus fatores relacionados, por não possuir medições em diferentes tipos de obras, os resultados poderiam ficar comprometidos.

Dessa forma, definiu-se por utilizar as fórmulas propostas por Souza (2001), que possuem um nível de confiança aceitável pela estatística e obtiveram resultados de produtividade viável muito compatíveis com os dados levantados.

Em cada etapa de serviço, para que a $RUP_{pot_{of}}$ viável fosse calculada, foram levantados os fatores que interferem na produtividade do oficial e da equipe e foram feitas as estimativa da $RUP_{pot_{of}}$ e do $\Delta RUP(cum-pot)_{of}$, assim como sugere Souza (2001). Cada um destes cálculos são explicados por serviço na sequência.

3.4.2.1 Revestimento externo com argamassa

O serviço de revestimento externo com argamassa pode ser dividido em três etapas: emboço externo, molduras e pingadeiras, as quais foram analisadas individualmente e correlacionadas ao término do item.

- Emboço Externo

A etapa emboço externo ainda pode ser dividida em três subtarefas: chapisco, talisca e aplicação da argamassa. Na obra em questão não foi executada a subarefa chapisco, e a talisca foi aplicada por uma quarta equipe, fazendo com que a RUP para emboço externo seja apenas vinculada à aplicação da argamassa.

- Cálculo da RUP pot_{of} viável para emboço externo

De acordo com Souza (2001), dentre os fatores que podem influenciar a produtividade estão a espessura da camada (*esp*) de revestimento e o fator mudança de direção (*Mud*).

- Espessura do revestimento (*esp*): acredita-se que a espessura do revestimento implique num esforço maior por parte do oficial;

- Mudança de direção (*Mud*): comprimento de intersecção entre planos revestidos em metros com relação à área revestida. Esse fator foi calculado com a Equação (3.1).

$$Mud = \frac{C_{cantos} + C_{quinas}}{A_{liq}} \quad \text{onde:} \quad (3.1)$$

C_{cantos} = comprimento de cantos executados para um pavimento tipo/unidade habitacional (m)

C_{quinas} = comprimento de quinas executados para um pavimento tipo/unidade habitacional (m)

A_{liq} = área líquida de revestimento executados para um pavimento tipo/unidade habitacional (m²)

Na fórmula proposta por Souza (2001) os comprimentos dos requadros foram adicionados aos comprimentos de cantos e quinas, porém na obra em estudo os requadros não foram executados durante este serviço, e foram considerados uma etapa do serviço emboço interno.

- Estimativa da RUP pot_{of} para emboço externo com argamassa

Ainda de acordo com Souza (2001), a estimativa da RUP pot_{of} $EmboçoE$ pode ser feita pela observação da faixa de variação, orientada pela indicação de fatores influenciadores ou pela utilização de expressões matemáticas, nesta etapa de serviço, optou-se pela segunda opção. É possível basear-se na Equação (3.2).

$$RUP_{pot_{of} ReboçoE} = 0,46 + 0,408Mud - 0,25esp \quad (3.2)$$

onde:

esp: é igual a 1 para espessura do revestimento menor que 3,5 cm;

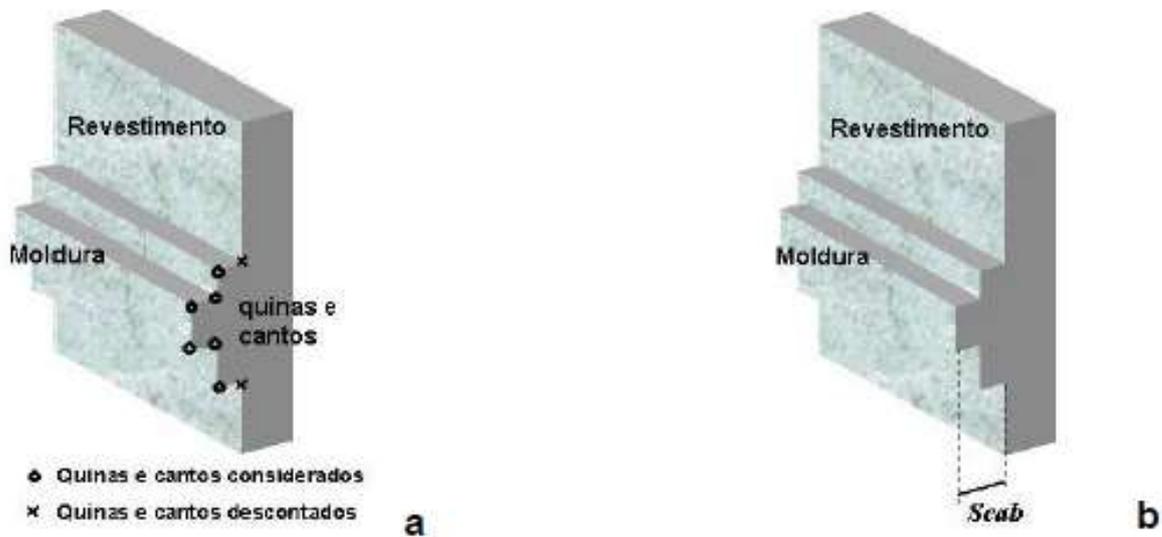
esp: é igual a 0 para espessura do revestimento maior ou igual a 3,5 cm;

- Moldura

As molduras são um elemento arquitetônico que podem ser aplicadas sobre o revestimento argamassado das fachadas, sobre o revestimento básico ou até mesmo diretamente sobre a base. A produtividade deste serviço é medida em função do comprimento de moldura ao invés da área revestida.

- Cálculo da RUP pot_{of} viável para molduras

Para o levantamento da produtividade das molduras, Souza (2001) propõe que sejam analisados dois fatores que possuem maior influência na execução deste serviço, o número de quinas e cantos das molduras (Nq/c), que é a soma dos cantos e quinas exceto aqueles que estão em contato com o revestimento externo, e a espessura da sobrecabeça ($Scab$), que é a altura das molduras em centímetros. Esses fatores podem ser entendidos com a observação da Figura 3.11.

Figura 3.11 – a) Número de quinas e cantos e b) Espessura de revestimento

Fonte: SOUZA (2001).

- Estimativa da RUP pot_{of} para moldura

A equação obtida por Souza (2001) com o uso da regressão linear para apresentar a relação entre esses fatores foi a Equação (3.3).

$$RUP_{pot_{ofMoldura}} = 0,263 + 2,46Nq/c + 3,48Scab \quad (3.3)$$

em que:

$Nq/c = 0$, para $Nq/c \leq 2$; 1, para $Nq/c > 2$;

$Scab = 0$, para $Scab \leq 2\text{cm}$; 1, para $Scab > 2\text{cm}$;

- Pingadeira

Pingadeiras são elementos arquitetônicos de proteção que desvia as águas das chuvas, impedindo que elas escorram nas paredes das fachadas. A produtividade deste serviço, assim como nas molduras, é medida em função do comprimento de revestimento.

- Cálculo da RUP pot_{of} viável para pingadeiras

Não foi proposta nenhuma fórmula para o cálculo das pingadeiras, nesses casos, a RUP pot_{of} viável foi definida como sendo o melhor índice entre as equipes da RUP pot_{of} atual.

3.4.2.2 Revestimento interno com argamassa

O serviço revestimento interno com argamassa pode ser dividido em duas etapas, emboço interno e requadros.

- Emboço interno

A etapa emboço interno pode ser dividida em três subtarefas: chapisco, talisca e aplicação da argamassa. E, da mesma forma que o emboço externo, a RUP para emboço interno é vinculada apenas à aplicação da argamassa.

- Cálculo da RUP pot_{of} viável para emboço interno

De acordo com Souza (2001) os fatores que interferem na execução do emboço interno são as referências geométricas, o tipo de aplicação do revestimento, o acabamento do revestimento, a área líquida característica (A_{carac}), a quina por área executada (EX_{quina}) e o número de cheias ou camadas de revestimento.

- As referências geométricas dizem respeito à execução prévia das taliscas e mestras, e na obra em estudo apenas as taliscas são executadas antes da execução do emboço interno;
- O tipo de aplicação do revestimento tem o objetivo de definir se o revestimento é aplicado manual ou por projeção. Na obra em estudo é manual (uso de colher de pedreiro);
- O acabamento do revestimento pode ser sarrafeado, desempenado ou com espuma. Neste caso é desempenado.
- A área líquida característica (A_{carac}) se refere à área de parede que mais representa o serviço executado. É um indicador calculado a partir da média ponderada das áreas dos panos executados num certo período, com relação a estas mesmas áreas, conforme a Equação (3.4).

$$A_{carac} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} (A_{revi})^2}{\sum_{i=1}^{i=n} A_{revi}} \quad (3.4)$$

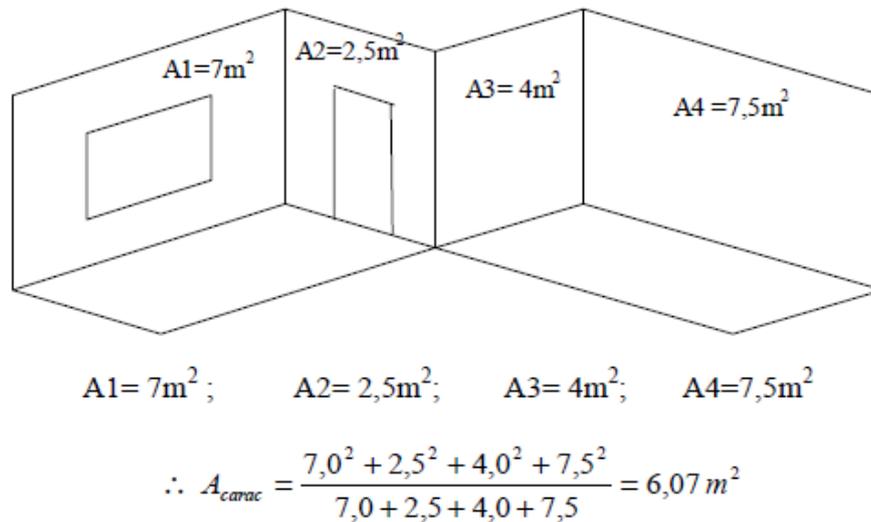
onde:

A_{carac} = área líquida característica do revestimento (m^2);

A_{revi} = área líquida da parte i a revestir (m^2);

O cálculo deste fator é demonstrado na Figura 3.12.

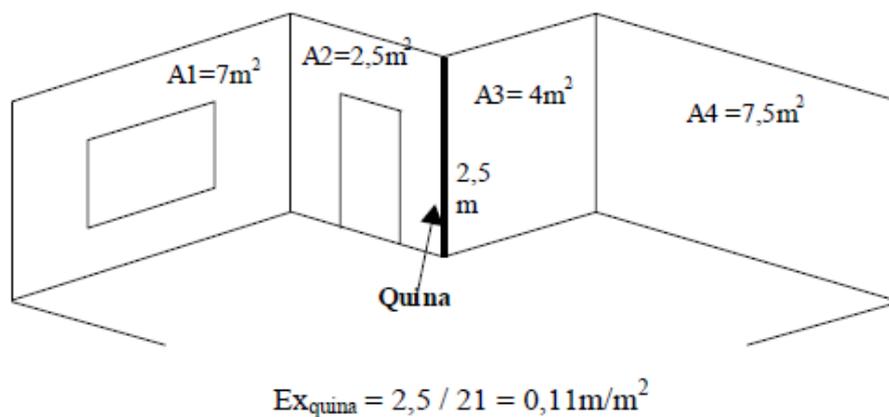
Figura 3.12 - Cálculo da A_{carac}



Fonte: SOUZA (2001).

- A quina por área executada (Ex_{quina}) é a relação entre a quantidade de quinas a serem executadas e a área líquida de revestimento. Pode-se entender melhor este fator com a Figura 3.13;

Figura 3.13 - Cálculo da Ex_{quina} (SOUZA, 2001)



Fonte: SOUZA (2001).

- Por fim, o número de cheias se refere à quantidade de camadas adotadas na execução do serviço. Sendo apenas uma camada adotada na obra em estudo.

- Estimativa da RUP pot_{of} para emboço interno

A Equação (3.5) é proposta para a previsão da RUP pot_{of} para o serviço emboço interno.

$$RUP_{pot_{of\ Rebo\ col}} = 0,615 - 0,11Soma + 1,02Ex_{quina} - 0,0149A_{carac} \quad (3.5)$$

onde:

Soma = soma dos quatro fatores de acordo com a Tabela 3.5.

Tabela 3.5 – Atribuição de pontuação aos fatores influenciadores qualitativos (SOUZA, 2001)

Fatores influenciadores qualitativos	Pontuação	
Tipo de acabamento	Sarrafeado = 1	Demais tipos = 0
Tipo de aplicação	Projetada = 1	Manual = 0
Quantidade de cheias	Cheia única = 1	Mais de uma Cheia = 0
Execução prévia da referência geométrica	Mestras ou todas as taliscas = 1	Somente taliscas inferiores = 0

Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

- Requadros

Os requadros são os acabamentos com argamassa dos vãos de portas e janelas. Podem ser executados tanto como etapa de serviço do revestimento interno quanto do externo. Na obra em estudo, optou-se por integrá-los ao revestimento interno. Assim como as pingadeiras e molduras, os requadros também foram medidos em Hh/m.

- Cálculo da RUP pot_{of} viável para os requadros

Não foi proposta nenhuma fórmula para o cálculo das pingadeiras, nesses casos, a RUP pot_{of} viável foi definida como sendo o melhor índice entre as equipes da RUP pot_{of} atual.

3.4.2.3 Contrapiso

Este serviço foi dividido em três etapas: talisca, contrapiso e escada. Na obra em estudo foram executados quatorze sobrados, e pelo fato de a escada demandar muito tempo para ser executada em relação ao restante do contrapiso, decidiu-se por medi-la a parte.

- Contrapiso

Este item discute a aplicação do revestimento de piso, e no caso da obra em estudo, não engloba o taliscamento. Este serviço foi medido em Hh/m².

- Cálculo da RUP pot_{of} viável para contrapiso

De acordo com Souza (2001) os fatores que interferem na execução do contrapiso são o tipo de fornecimento da argamassa, o momento de execução das referências geométricas, a relação ajudante oficial, a área líquida característica (A_{carac}) e a espessura característica (E_{carac}).

- O tipo de fornecimento de argamassa é importante para a farta disponibilidade de material para os oficiais, considera-se que o bombeamento proporciona essa fartura e diminui o esforço de transporte associado aos ajudantes diretos, muito comum em obras verticais. Não é o caso da obra em estudo, o fornecimento não é bombeado;

- As referências geométricas são executadas antes da realização do serviço, o que demanda menos esforço da equipe na hora de executar a aplicação do serviço;

- A relação de ajudantes por oficiais (aj/of) favorece a produtividade deste serviço, já que é comum que os ajudantes participem ativamente do próprio lançamento e compactação da argamassa;

- O acabamento do revestimento pode ser sarrafeado, desempenado ou com espuma. Na obra em estudo o acabamento foi sarrafeado, já que seria aplicado um piso cerâmico sobre o revestimento de piso com argamassa;

- A área líquida característica (A_{carac}) se refere à área de piso que mais representa o serviço executado. É um indicador calculado a partir da média ponderada das áreas dos panos executados num certo período, com relação a estas mesmas áreas, conforme a Equação (3.4) do item 4.2.1.4;

- A espessura característica (E_{carac}) é calculada a partir da média das espessuras ponderadas pela área de cada ambiente e imagina-se que um aumento da espessura implique em esforço maior por parte do oficial. Esse indicador pode ser calculado utilizando-se a Equação (3.6):

$$E_{\text{carac}} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} E_i \times A_{\text{revi}}}{\sum_{i=1}^{i=n} A_{\text{revi}}} \quad (3.6)$$

onde:

E_i = espessura do contrapiso i ;

A_{revi} = área líquida do contrapiso i .

- Estimativa da RUP pot_{of} para contrapiso

A fórmula proposta por Souza (2001) para o cálculo da RUP potencial foi transcrita na Equação (3.7):

$$RUP_{pot_{of}} = 0,286 - 0,076 \times Soma \quad (3.7)$$

onde:

Soma = soma dos seis fatores de acordo com a Tabela 3.6.

Tabela 3.6 – Pesos para os fatores influenciadores (SOUZA, 2001)

Fatores influenciadores	Peso	
Área característica	$A_{carac} > 25 \text{ m}^2 = + 1$	$A_{carac} < 25 \text{ m}^2 = - 1$
Relação Aj/of	$Aj/of > 0,7 = + 1$	$Aj/of < 0,7 = - 1$
Espessura característica	$E_{carac} > 3 \text{ cm} = - 1$	$E_{carac} < 3 \text{ cm} = + 1$
Fornecimento de argamassa	Argamassa bombeada = + 1	Demais tipos = - 1
Referência geométrica	Com referências = + 1	Sem referências = - 1
Tipo de acabamento	Sarrafeado = + 1	Demais tipos = - 1

Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

- Talisca

O taliscamento foi executado pela mesma equipe responsável pela casa, em momento anterior à execução do contrapiso. Foi o único serviço analisado a partir da RUP da equipe direta, já que em sua maior parte é executado pelos ajudantes de pedreiro. Este serviço foi medido em Hh/m².

- Cálculo da RUP pot_{of} viável para talisca

Não foi proposta nenhuma fórmula para o cálculo das pingadeiras, nesses casos, a RUP pot_{of} viável foi definida como sendo o melhor índice entre as equipes da RUP pot_{of} atual.

- Escada

A escada foi executada pela mesma equipe responsável pela casa, em momento anterior à execução do contrapiso. Este serviço foi medido em Hh/m.

- Cálculo da RUP pot_{of} viável para escada

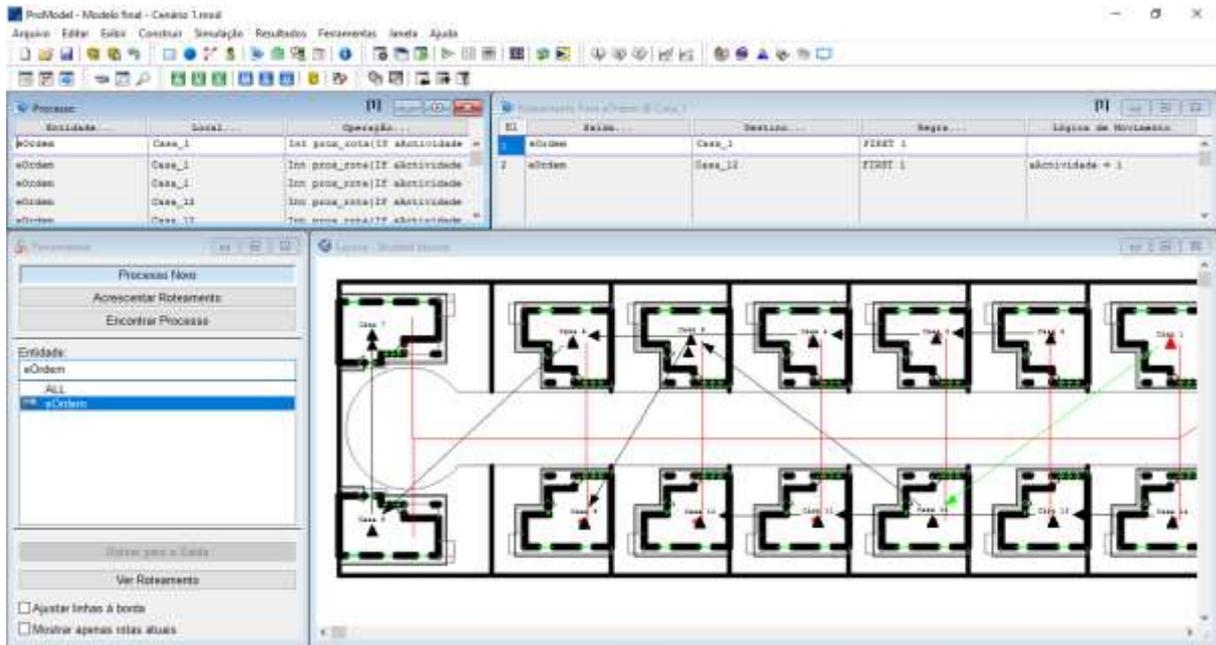
Não foi proposta nenhuma fórmula para o cálculo da escada, nesses casos, a RUP pot_{of} viável foi definida como sendo o melhor índice entre as equipes da RUP pot_{of} atual.

3.5 INSTRUMENTALIZAÇÃO DA COLETA DE DADOS – SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL

Dando sequência aos objetivos do trabalho, após a determinação das RUP atuais e viáveis, das determinações dos tempos de produção determinados em projeto, e dos tempos de produção incorridos em obra, foi possível iniciar o trabalho com a simulação computacional.

A Figura 3.14 ilustra a tela principal do *software* ProModel®, representando uma das etapas da modelagem em que corresponde à definição dos processos analisados em cada uma das unidades habitacionais utilizadas no estudo. A simulação computacional foi utilizada com a finalidade de facilitar a geração de cenários futuros para o estado atual do canteiro. Dessa forma, a primeira definição desta fase do trabalho, foi a modelagem do Cenário 1 como uma representação fiel do cenário do canteiro de obras, e a utilização dos resultados da coleta de dados de produtividade de cada equipe em cada unidade habitacional como *input* (dados de entrada do programa) neste primeiro cenário.

Figura 3.14 - Tela do *software* ProModel®



Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

O processo de modelagem computacional deve ser iniciado com a concepção da forma como que o modelo será representado, com a definição do *layout* a ser utilizado como plano de fundo. Foi definido neste trabalho por utilizar uma imagem da planta baixa do canteiro, mas existem autores que preferem a construção de fluxogramas, ou até mesmo a construção de um Mapa de Fluxo de Valor. Essa decisão deve ser tomada a partir dos dados que se deseja obter.

Com o plano de fundo definido, iniciou-se a inserção dos locais necessários para o modelo. Foram inseridas no programa as 14 unidades habitacionais como locais da obra em estudo. O próximo passo foi a definição dos recursos que desenvolveram os serviços propostos, e no caso estudado, foi definido por utilizar as equipes de trabalho.

Poderiam ter sido inseridos no sistema os profissionais de cada equipe, e com isso serem estudados os tempos de transporte de materiais, mas como o trabalho foi desenvolvido na versão *student* do programa, existiam limitações quanto à quantidade de locais a serem inseridos. Como a real necessidade dos cenários era entender os tempos de produção das equipes, esse fato não foi considerado uma perda para a pesquisa.

Em seguida, uma entidade foi criada. Nos sistemas de produção, essa entidade é uma matéria prima que passa pelos locais com o auxílio de um recurso, podendo ser uma esteira de

transporte, uma máquina automatizada ou um recurso humano, até a sua transformação em produto final, com a saída do sistema.

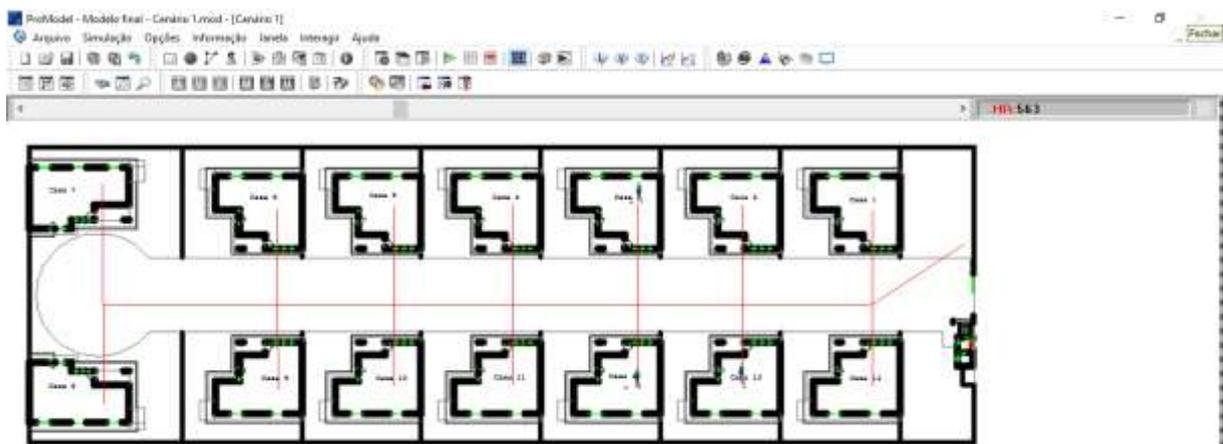
Como o processo produtivo desta pesquisa não é fabril, a entidade criada foi uma ordem de serviço. É necessária a inserção do local em que essa ordem de serviço chega ao sistema, a criação de uma rede em que ela poderá se movimentar, e a forma como ela vai se comportar.

Como chegadas para as entidades, foram inseridas a primeira casa executada por cada equipe, e foram traçados os percursos das redes de caminho como sendo a ordem de trabalho real das equipes no decorrer do canteiro, por exemplo, a equipe A inicia o serviço na casa 14, passa pelas casas 13 e 11, e sai do cenário quando termina a casa 10.

O último passo foi a criação dos processos, local em que foram inseridas as lógicas de operação (algoritmos) para que o programa entenda a forma como o sistema real funciona, e gere o modelo representativo. A partir daí, foram inseridos os tempos efetivos que cada equipe gastou para desenvolver as unidades habitacionais de sua responsabilidade, e essa inserção é feita pela geração de tabelas no Microsoft Excel.

Neste primeiro cenário, também foram inseridos os tempos de paradas não programadas para a execução de serviços que não foram medidos neste trabalho, sendo representados pelo único ponto fora das unidades habitacionais no *layout*. A Figura 3.15 exemplifica uma simulação em andamento, em que as equipes estão posicionadas nas casas em execução, e os tempos estão sendo medidos no canto superior esquerdo da imagem.

Figura 3.15 – Simulação do Cenário 1



Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

Os outros cenários utilizaram a mesma configuração do cenário 1, sendo modificados apenas os tempos inserido na tabela do Excel.

Na proposição do Cenário 2, optou-se por apenas serem retirados os tempos de parada não programadas do Cenário 1, para que fosse possível analisar a influência que elas exerceram sobre o custo de produção.

No Cenário 3, os tempos utilizados foram os calculados nas RUP pot_{of} viáveis para a obra em estudo, sendo uma proposta de otimização de custos a partir de um envolvimento maior da equipe de trabalho, com a adequação de alguns fatores no canteiro e da forma de gerenciar a produção. Na

Tabela 3.7 estão representadas as diferenças entre os cenários.

Tabela 3.7 – Diferenças entre os cenários modelados

Modelo	Característica
Cenário 1	Simulação dos dados coletados em obra Tempos de paradas não planejadas contabilizados
Cenário 2	Simulação dos dados coletados em campo Paradas não consideradas
Cenário 3	Simulação dos dados a partir dos tempos calculados com as RUP pot _{of} viáveis

Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

3.6 INSTRUMENTALIZAÇÃO DA COLETA DE DADOS – CUSTOS

Após a determinação dos índices de produtividade das equipes, sendo analisado o estado atual e proposto o estado futuro baseado nas RUP pot_{of} viáveis para os serviços em estudo, e com os resultados da simulação a partir da análise dos cenários propostos, foram calculados os custos relativos à mão de obra utilizada para desenvolver os serviços medidos.

Este cálculo foi feito para cada unidade habitacional, levando em consideração a formação das equipes, ou seja, foram considerados os custos mensais dos oficiais e ajudantes de pedreiro que compuseram as equipes.

Os valores unitários para cada função foram retirados do site do Sindicato da Indústria da Construção do Estado de Goiás (SINDUSCON GO) e são referentes ao ano de 2016, já que os salários para 2017 serão atualizados apenas em maio. Este item está ligado ao terceiro objetivo específico do trabalho, e tem como função:

- acessar os dados históricos - gerados a partir da coleta de dados e da análise dos documentos coletados em obra;
- calcular os custos atuais de produção – com a finalidade de gerar a etapa 12 do modelo de Jacomit (2010), e estimar o primeiro custo de produção (CP) para os serviços estudados;
- determinar o custo meta (CM) para os serviços em estudo - a partir do cronograma de obra;
- gerar o *cost gap* – confirmar se $CP \leq CM$;

- determinar o novo custo meta (CM) - com o suporte dos índices de produtividade viáveis gerados nas etapas anteriores da pesquisa.

Entende-se que com estas etapas vinculadas ao custo meta, seja possível melhorar o ciclo produtivo em obra, para os serviços que foram estudados.

CAPÍTULO 4

RESULTADOS E DISCUSSÕES

No decorrer deste capítulo são apresentadas as análises da produtividade da mão de obra por serviço estudado para cada equipe, contendo a RUP pot_{of} atual e a previsão da RUP pot_{of} viável. Foi desenvolvida uma tabela que relaciona os índices de produtividade atual³ e viável com os custos que eles representam. A simulação computacional foi utilizada com a finalidade de mapear a situação atual do canteiro de obras e propor novos cenários que aperfeiçoem o ciclo de produção, auxiliando a atingir a RUP pot_{of} viável. E, por fim, foram traçadas diretrizes baseadas no Custeio Meta para melhoria do ciclo produtivo das habitações.

4.1 ANÁLISES DE PRODUTIVIDADE

Neste item serão apresentadas as razões unitárias de produção atuais e, em seguida, as razões unitárias de produção viáveis para cada equipe e etapa de serviço.

4.1.1 REVESTIMENTO EXTERNO COM ARGAMASSA

O serviço de revestimento externo com argamassa pode ser dividido em três etapas: emboço externo, molduras e pingadeiras, as quais serão analisadas individualmente e correlacionadas ao término do item.

4.1.1.1 Emboço externo

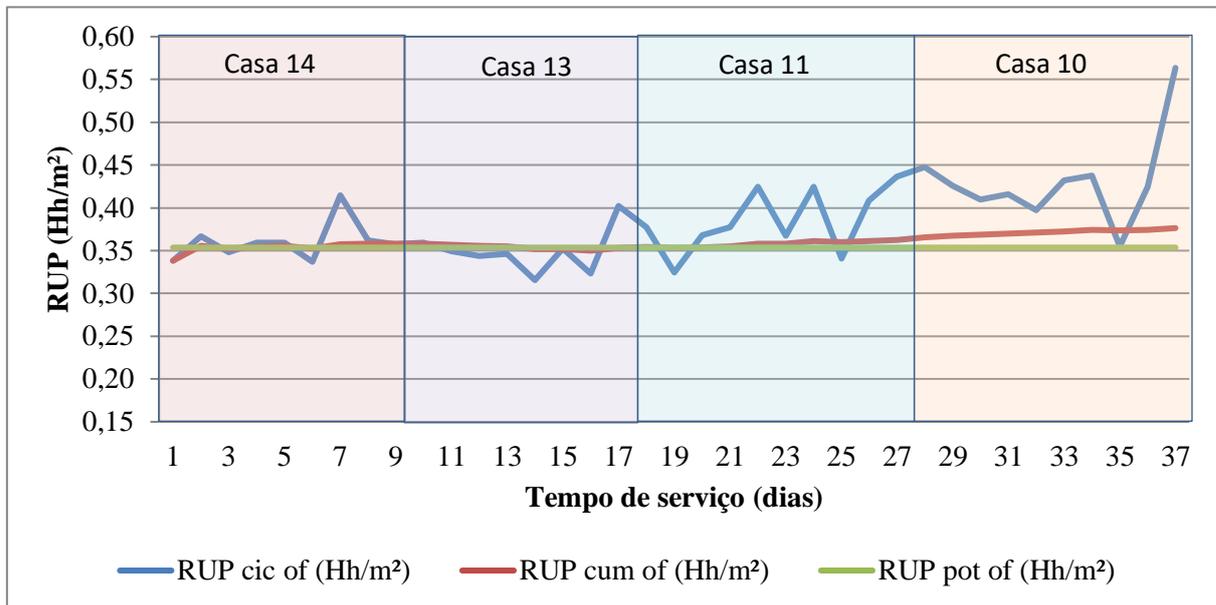
A etapa emboço externo ainda pode ser dividida em três subtarefas: chapisco, talisca e aplicação da argamassa. Na obra em questão não foi executada a sub tarefa chapisco, e a talisca foi aplicada por uma quarta equipe, fazendo com que a RUP para emboço externo seja apenas vinculada à aplicação da argamassa.

- EQUIPE A

3 O termo atual é empregado no trabalho para indicar a situação na época da coleta dos dados.

Na Figura 4.1 são apresentadas as RUP cic_{of} , RUP cum_{of} , RUP pot_{of} (respectivamente cíclica, cumulativa e potencial do oficial) da Equipe A, para o serviço emboço externo, nas unidades habitacionais trabalhadas (casas 14, 13, 11 e 10).

Figura 4.1 - RUP emboço externo Equipe A



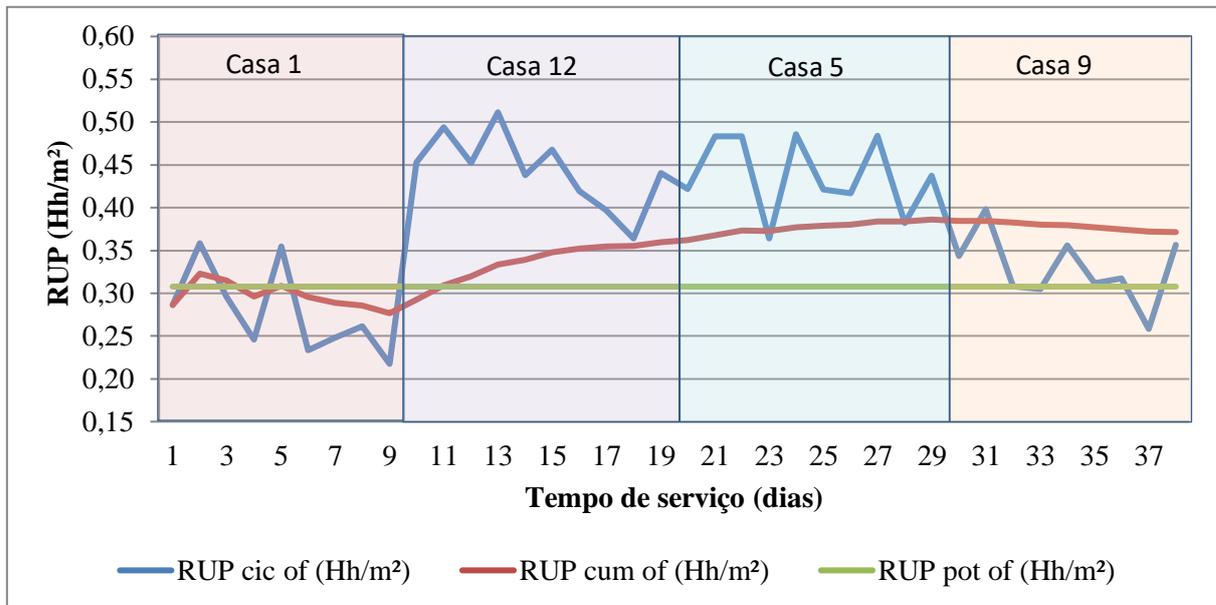
Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

A RUP cic_{of} desta equipe variou entre 0,32 Hh/m² a 0,56 Hh/m², com RUP pot_{of} de 0,35 Hh/m².

Quando a produtividade de uma equipe é medida, espera-se que a RUP cum_{of} diminua no decorrer do tempo, o que caracterizaria o fator aprendizado da equipe para aquele projeto arquitetônico, nesta equipe não foi possível perceber uma melhora na produtividade na última casa.

- EQUIPE B

Na Figura 4.2 são apresentadas as RUP cic_{of} , RUP cum_{of} , RUP pot_{of} da Equipe B, para o serviço emboço externo, nas unidades habitacionais trabalhadas. Esta equipe é formada por dois oficiais e um ajudante, é a única equipe que se difere pela quantidade de componentes na equipe.

Figura 4.2 - RUP emboço externo Equipe B

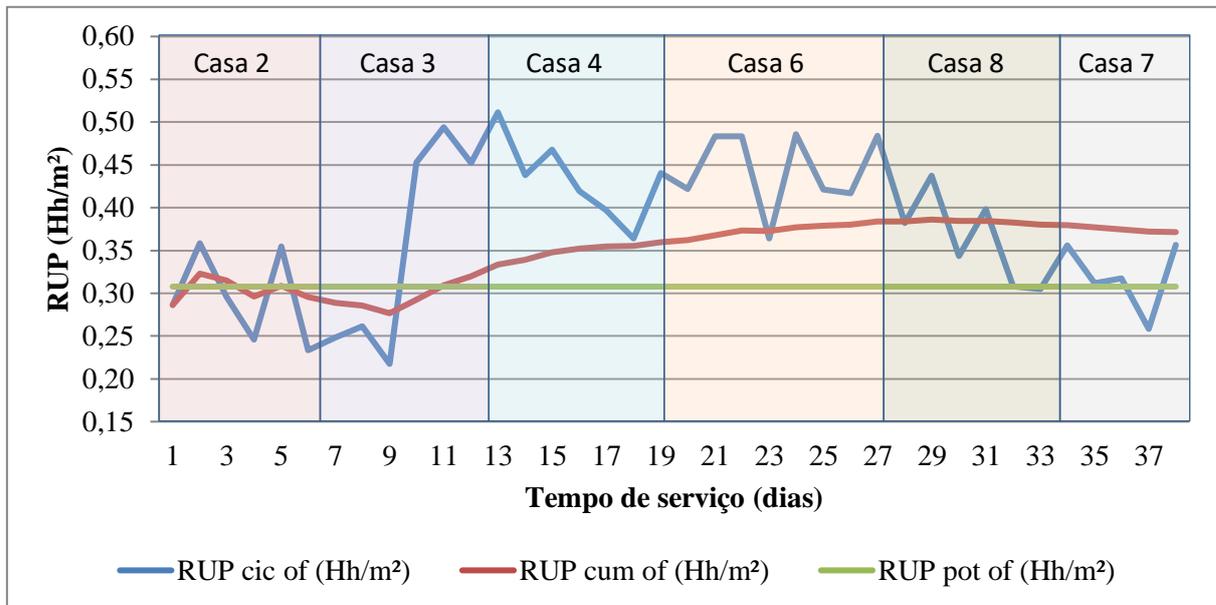
Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

A RUP cic_{of} desta equipe variou entre 0,22 Hh/m² a 0,51 Hh/m², com RUP pot_{of} de 0,31 Hh/m². A equipe em estudo mostrou que pode ser muito produtiva, apesar de não ter atingido RUP cum_{of} melhores do que a atendida na primeira casa.

- EQUIPE C

Na Figura 4.3 são apresentadas as RUP cic_{of} , RUP cum_{of} , RUP pot_{of} da Equipe C, para o serviço emboço externo, nas unidades habitacionais trabalhadas. Esta equipe é formada por dois oficiais e dois ajudantes.

Figura 4.3 - RUP emboço externo Equipe C



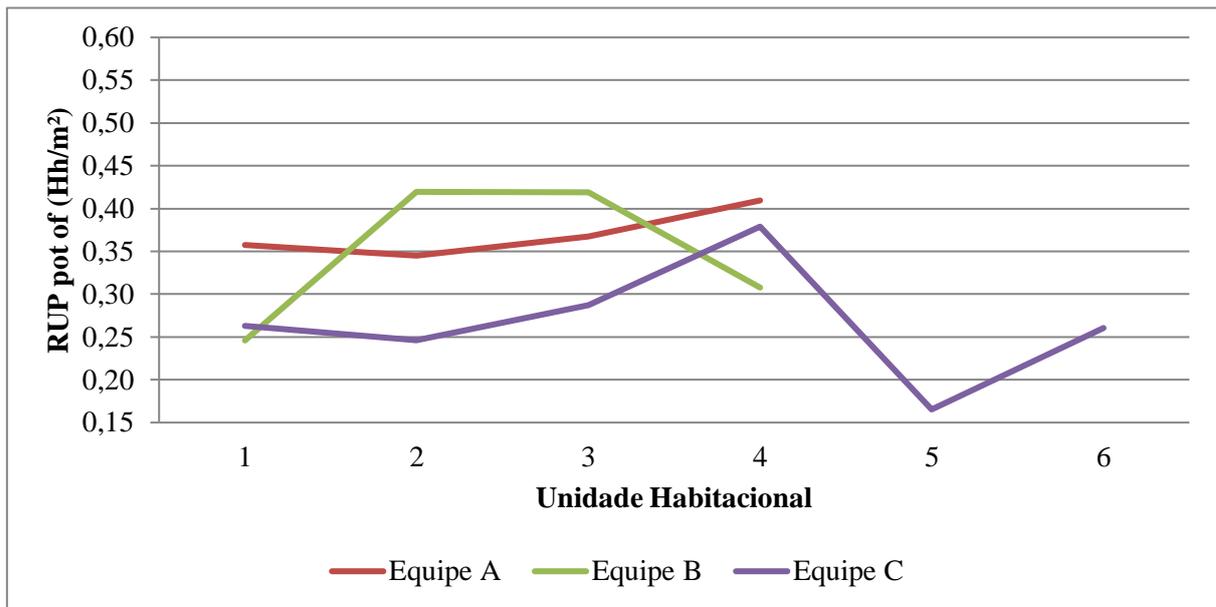
Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

A RUP cic_{of} desta equipe variou entre 0,16 Hh/m² a 0,44 Hh/m², com RUP pot_{of} de 0,26 Hh/m². Não houve de forma evidente a caracterização do fator aprendido da equipe, entretanto a equipe em estudo mostrou que pode ser muito produtiva, apesar de não ter atingido RUP cum_{of} melhor do que a obtida na última casa.

- COMPARAÇÃO DAS RUP pot_{of}

A RUP pot_{of} das equipes também foram analisadas por casa executada, e na

Figura 4.4 é possível visualizar a curva de desempenho das mesmas por unidade habitacional.

Figura 4.4 – Comparação RUP pot_{of} emboço externo

Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

Com a análise do gráfico, é possível perceber a discrepância entre as RUPs pot_{of} até dentro da mesma equipe. Percebeu-se que em alguns momentos os serviços medidos foram interrompidos por motivos diversos, como por exemplo a execução de outros serviços fora do escopo da pesquisa. A cada interrupção, mediu-se perda na produtividade.

Além disso, é comum que cada equipe se organize e obtenha índices de produtividade distintos entre si. A Equipe A pode ser caracterizada, de acordo com o gráfico, por possuir um ritmo quase constante na execução de seus serviços, possuindo a menor variação entre índices do empreendimento. Porém, é importante salientar, que também foi a equipe que obteve a menor quantidade de interrupções.

A Equipe B, por possuir um número menor de componentes, obteve baixa produtividade em duas das quatro unidades habitacionais que ficaram responsáveis. Ao mesmo tempo, surpreendeu as expectativas ao alcançar a segunda maior RUP pot_{of} do empreendimento.

Por fim, com a análise do desempenho da Equipe C neste serviço, percebeu-se uma quebra pontual no ritmo produtivo, mas no geral, foi a equipe que obteve os melhores índices e manteve a produtividade com pouca variação. Justificando a execução de duas unidades habitacionais a mais que as demais equipes.

- ESTIMATIVA DA RUP pot_{of} PARA EMBOÇO EXTERNO COM ARGAMASSA

Como pode ser comprovado na Tabela 4.1, todas as equipes obtiveram o mesmo valor tanto no fator $\text{Mud}=0,24 \text{ m/m}^2$ quanto no fator $\text{esp}=1,00$. Isso ocorreu pelo fato de todas estarem trabalhando com a mesma planta arquitetônica ou, no caso da equipe C, em planta arquitetônica muito similar. Além disso, as espessuras da camada de emboço externo variaram entre 2,5 e 3,3 cm, o que gera o mesmo fator a ser inserido na fórmula (Equação 3.2 apresentada no capítulo anterior).

Tabela 4.1- Levantamento de dados das equipes A, B e C (emboço externo)

Equipe	RUP pot_{of} atual	$\Delta\text{RUP}(\text{cum-pot})_{\text{of}}$	RUP cum_{of}	RUP cum_{dir}	RUP cum_{glob}	Mud	esp	RUP pot_{of} viável
A	0,35	0,02	0,38	0,68	0,88	0,24	1,00	0,31
B	0,31	0,06	0,37	0,52	0,73	0,24	1,00	0,31
C	0,26	0,03	0,29	0,56	0,75	0,24	1,00	0,31

Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

Os valores de $\Delta\text{RUP}(\text{cum-pot})_{\text{of}}$ para emboço externo nas equipes A, B e C foram 0,02, 0,06 e 0,03 respectivamente, essa faixa de variação baixa já era esperada, dado que as equipes medidas fazem parte de um mesmo empreendimento, executam a mesma área de revestimento e estão submetidas às mesmas condições de trabalho. Por essa razão, a RUP pot_{of} viável dos serviços estudados por Souza (2001) foi calculada a partir das fórmulas sugeridas e, para os demais serviços, foi considerada como a melhor RUP pot_{of} atual entre as três equipes.

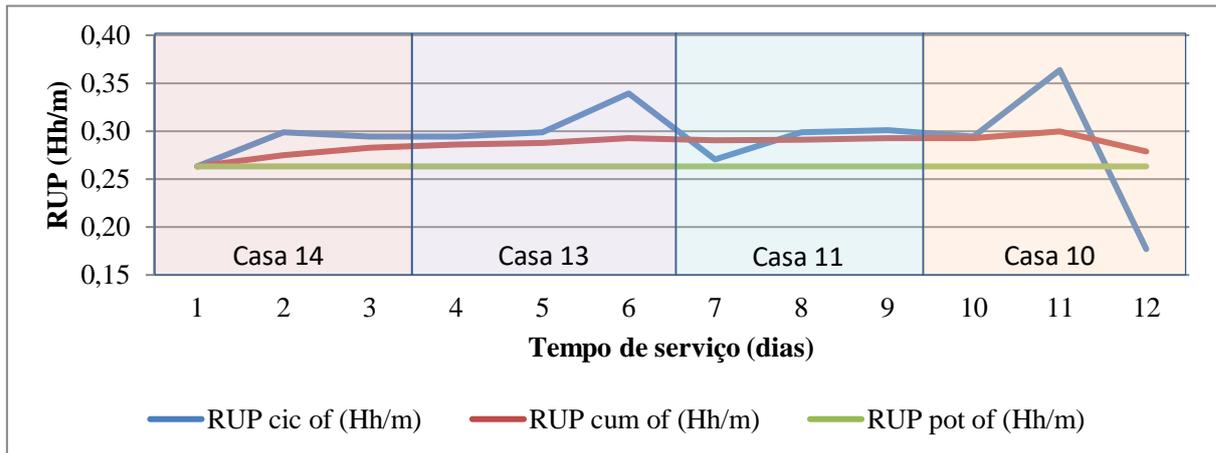
Por fim, a RUP pot_{of} viável para o emboço externo ficou em 0,31 Hh/m² para as três equipes.

4.1.1.2 Moldura

Na obra em estudo, a moldura foi aplicada sobre o emboço externo.

- EQUIPE A

Na Figura 4.5 são apresentadas as RUP cic_{of} , RUP cum_{of} , RUP pot_{of} da Equipe A, para o serviço moldura, nas unidades habitacionais trabalhadas.

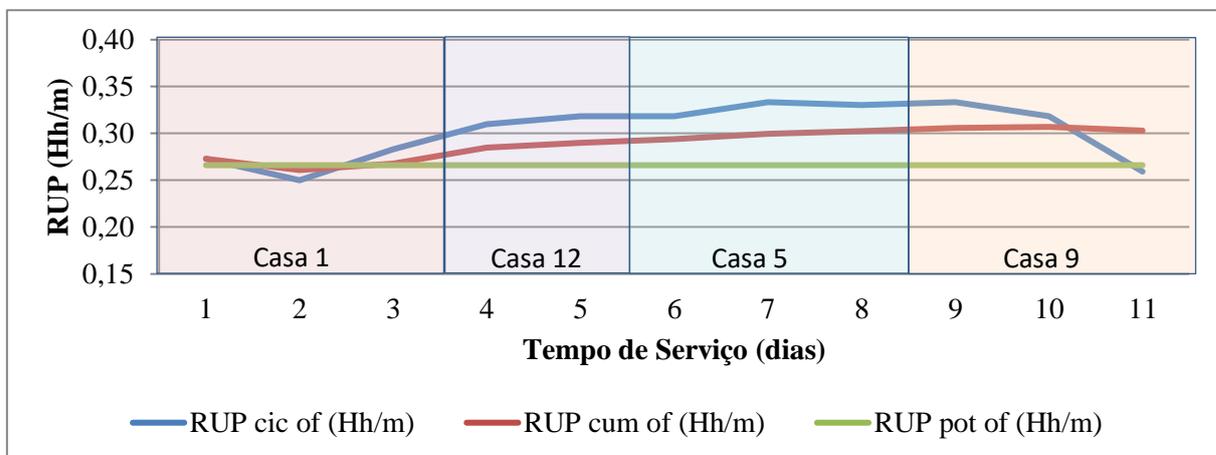
Figura 4.5 - RUP moldura Equipe A

Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

A RUP cic_{of} desta equipe variou entre $0,18 \text{ Hh/m}^2$ a $0,36 \text{ Hh/m}^2$, com RUP pot_{of} de $0,26 \text{ Hh/m}^2$. Pode-se entender que houve aprendizado na execução deste serviço para a equipe A, já que a RUP cum_{of} apresenta queda na execução da última casa.

- EQUIPE B

Na Figura 4.6 são apresentadas as RUP cic_{of} , RUP cum_{of} , RUP pot_{of} para as unidades habitacionais executadas pela Equipe B.

Figura 4.6 - RUP moldura Equipe B

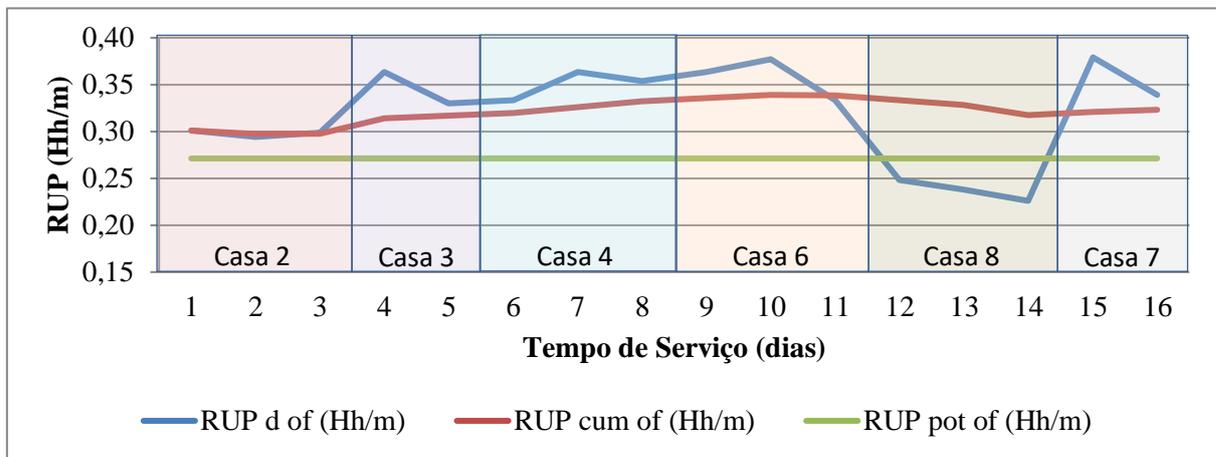
Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

A RUP cic_{of} desta equipe variou entre $0,25 \text{ Hh/m}^2$ a $0,33 \text{ Hh/m}^2$, com RUP pot_{of} de $0,27 \text{ Hh/m}^2$.

- EQUIPE C

Na Figura 4.7 são apresentadas as RUP cic_{of} , RUP cum_{of} , RUP pot_{of} para as unidades habitacionais executadas pela Equipe C.

Figura 4.7 - RUP moldura Equipe C



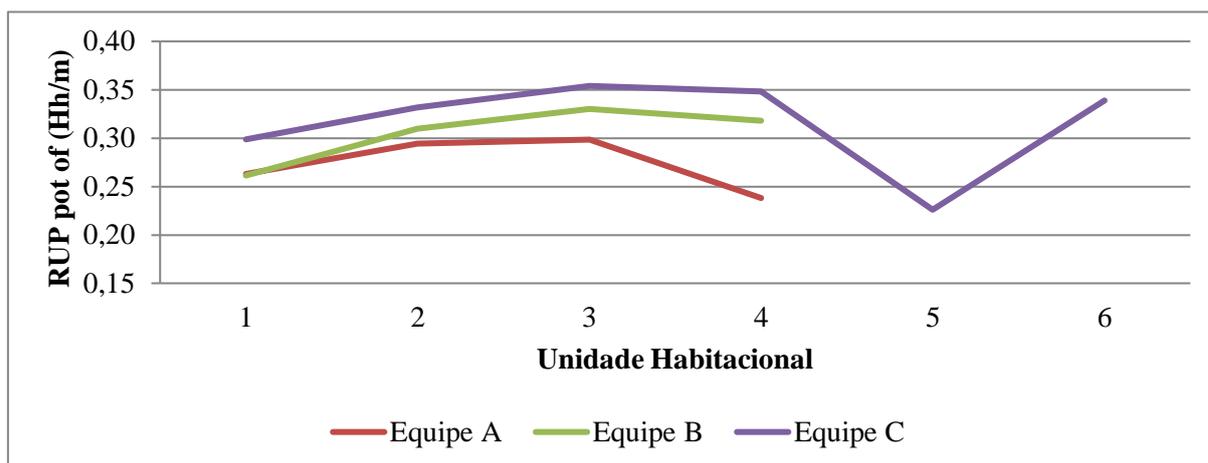
Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

A RUP cic_{of} desta equipe variou entre 0,25 Hh/m² a 0,33 Hh/m², com RUP pot_{of} de 0,27 Hh/m².

- COMPARAÇÃO DAS RUP pot_{of}

Na

Figura 4.8, as equipes foram analisadas por casa executada, é possível visualizar a curva de desempenho de cada uma delas.

Figura 4.8 - RUP pot_{of} moldura

Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

Na execução deste serviço, percebe-se que a Equipe A consegue se organizar de forma a tornar o serviço mais produtivo que as demais equipes na maior parte do tempo. As demais equipes, apesar de possuírem maior variabilidade entre seus índices, também conseguiram produzir de forma eficiente em pelo menos uma unidade habitacional de sua responsabilidade.

- ESTIMATIVA DA RUP pot_{of} PARA MOLDURA

Na obra em estudo, as molduras possuem $Nq/c = 2,00$ e $Scab = 2,30$ cm em todas as equipes, pelos mesmos motivos descritos no item anterior, chegando a uma RUP pot_{of} viável de 0,26 Hh/m para as três equipes. A Tabela 4.2 apresenta estes dados.

Tabela 4.2 - Levantamento de dados das equipes A, B e C (moldura)

Equipe	RUP pot _{of} atual	$\Delta RUP(cum-pot)_{of}$	RUP cum _{of}	RUP cum _{dir}	RUP cum _{glob}	Nq/c	Scab (cm)	RUP pot _{of} viável
A	0,26	0,02	0,28	0,49	0,85	2,00	2,00	0,26
B	0,27	0,04	0,30	0,41	0,55	2,00	2,00	0,26
C	0,27	0,05	0,32	0,64	0,95	2,00	2,00	0,26

Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

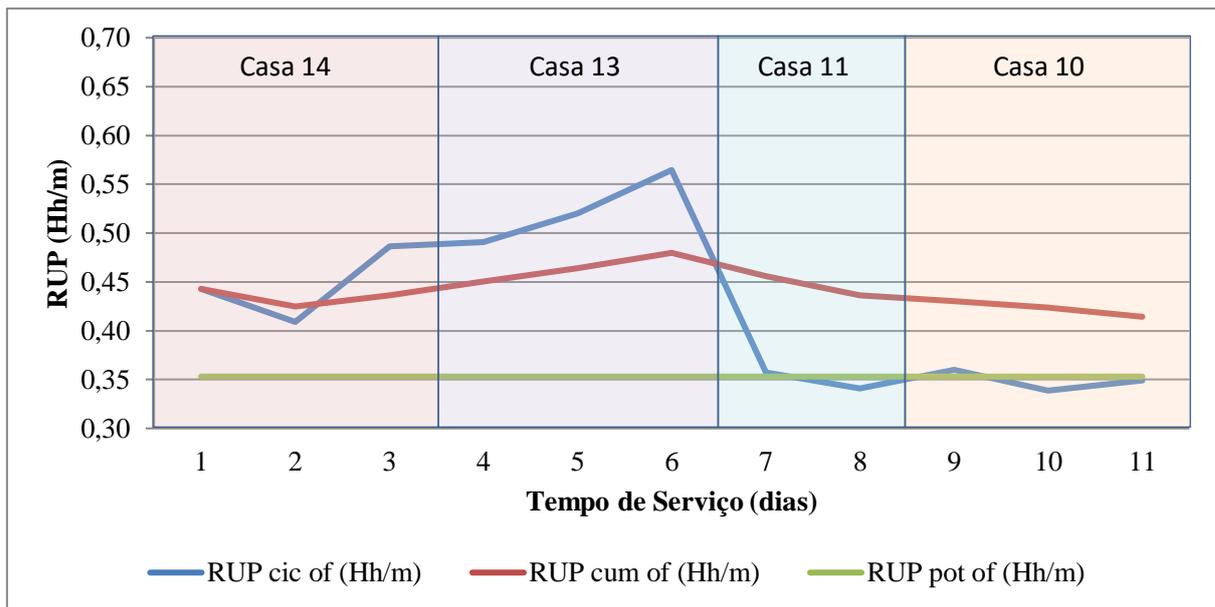
Os valores de $\Delta RUP(cum-pot)_{of}$ para moldura nas equipes A, B e C foram 0,02, 0,04 e 0,05 respectivamente.

4.1.1.3 Pingadeira

- EQUIPE A

Na Figura 4.9 são apresentadas as RUP cic_{of} , RUP cum_{of} , RUP pot_{of} da Equipe A, para o serviço moldura, nas unidades habitacionais trabalhadas pela equipe.

Figura 4.9 - RUP pingadeira Equipe A

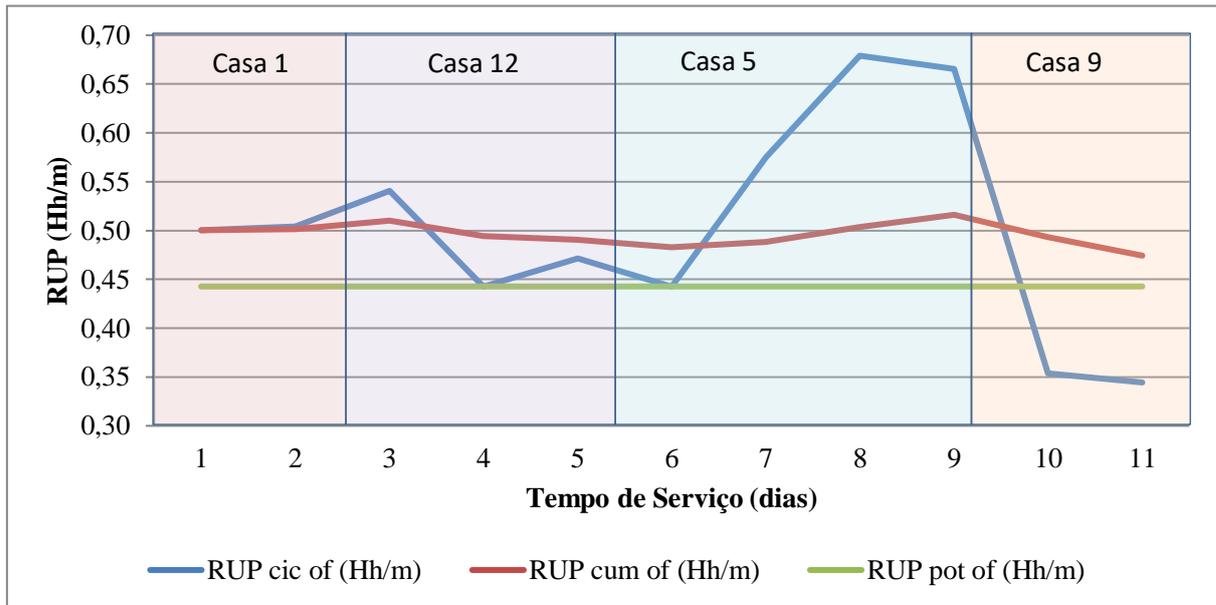


Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

A RUP cic_{of} desta equipe variou entre 0,34 Hh/m² a 0,56 Hh/m², com RUP pot_{of} de 0,35 Hh/m². Pode-se entender que houve aprendizado na execução deste serviço para a equipe A, já que a RUP cum_{of} apresenta queda na execução das duas últimas casas.

- EQUIPE B

Na Figura 4.10 são apresentadas as RUP cic_{of} , RUP cum_{of} , RUP pot_{of} para as unidades habitacionais executadas pela Equipe B.

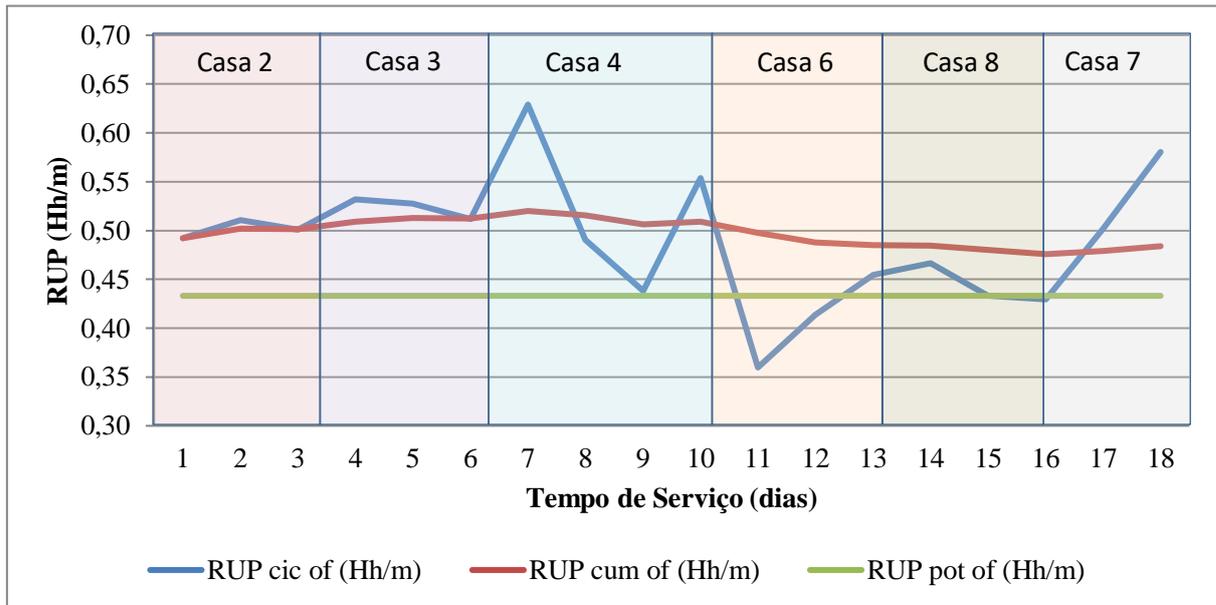
Figura 4.10 - RUP pingadeira Equipe B

Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

A RUP cic_{of} desta equipe variou entre 0,34 Hh/m² a 0,68 Hh/m², com RUP pot_{of} de 0,44 Hh/m².

- EQUIPE C

Na Figura 4.11 são apresentadas as RUP cic_{of} , RUP cum_{of} , RUP pot_{of} para as unidades habitacionais executadas pela Equipe C.

Figura 4.11 - RUP pingadeira Equipe C

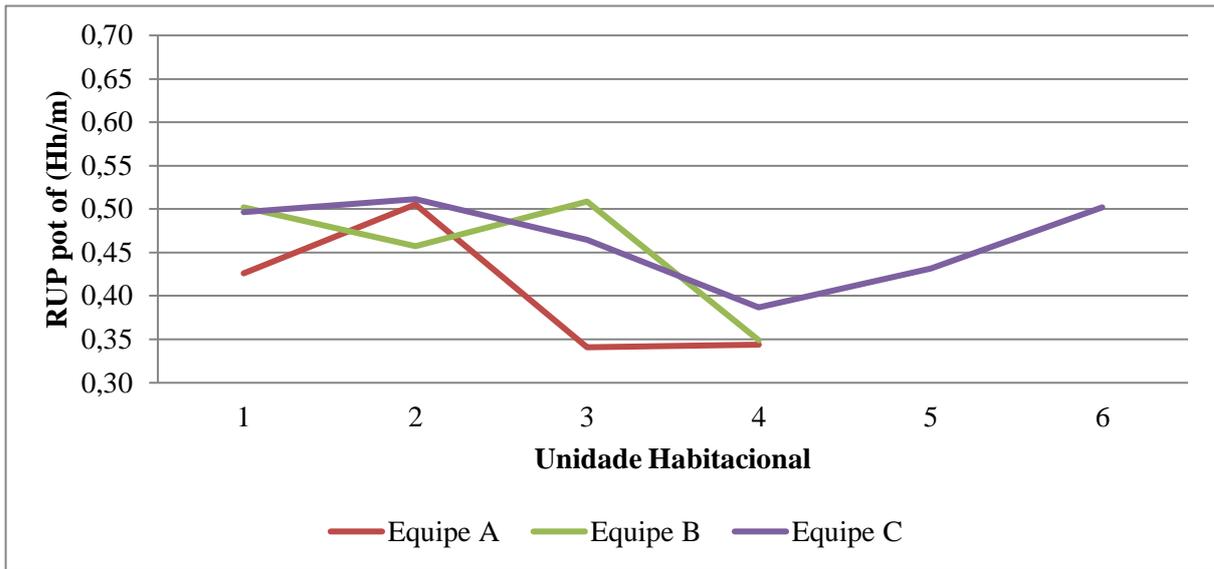
Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

A RUP cic_{of} desta equipe variou entre 0,36 Hh/m² a 0,63 Hh/m², com RUP pot_{of} de 0,43 Hh/m²

- COMPARAÇÃO DAS RUP pot_{of}

A análise das equipes por casa executada, exposta na

Figura 4.12, permite a visualização de suas curvas de desempenho.

Figura 4.12 - RUP pot_{of} pingadeira

Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

Mantendo a análise relativa às molduras, na execução das pingadeiras a Equipe A também se destacou pelos menores índices de produtividade, apesar da variação da produtividade em cada equipe se mantivesse muito próxima. Essa proximidade dos índices de produtividade máximos e mínimos entre as equipes, gera a constatação de que todas são capazes de atingir índices melhores.

- CÁLCULO DA RUP pot_{of} VIÁVEL PARA PINGADEIRAS

Para o cálculo da RUP pot_{of} viável das pingadeiras foram analisadas as RUP pot_{of} atuais de cada equipe e a melhor foi sugerida como viável, como pode ser visto na Tabela 4.3.

Tabela 4.3 - Levantamento de dados das equipes A, B e C (pingadeira)

Equipe	RUP pot _{of} atual	Δ RUP(cum-pot) _{of}	RUP cum _{of}	RUP cum _{dir}	RUP cum _{glob}	RUP pot _{of} viável
A	0,35	0,06	0,41	0,77	1,11	0,35
B	0,44	0,03	0,47	0,79	1,10	0,35
C	0,43	0,05	0,48	0,98	1,44	0,35

Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

Os valores de Δ RUP (cum-pot)_{of} para pingadeira nas equipes A, B e C foram 0,06, 0,03 e 0,05 respectivamente.

4.1.2 REVESTIMENTO INTERNO COM ARGAMASSA

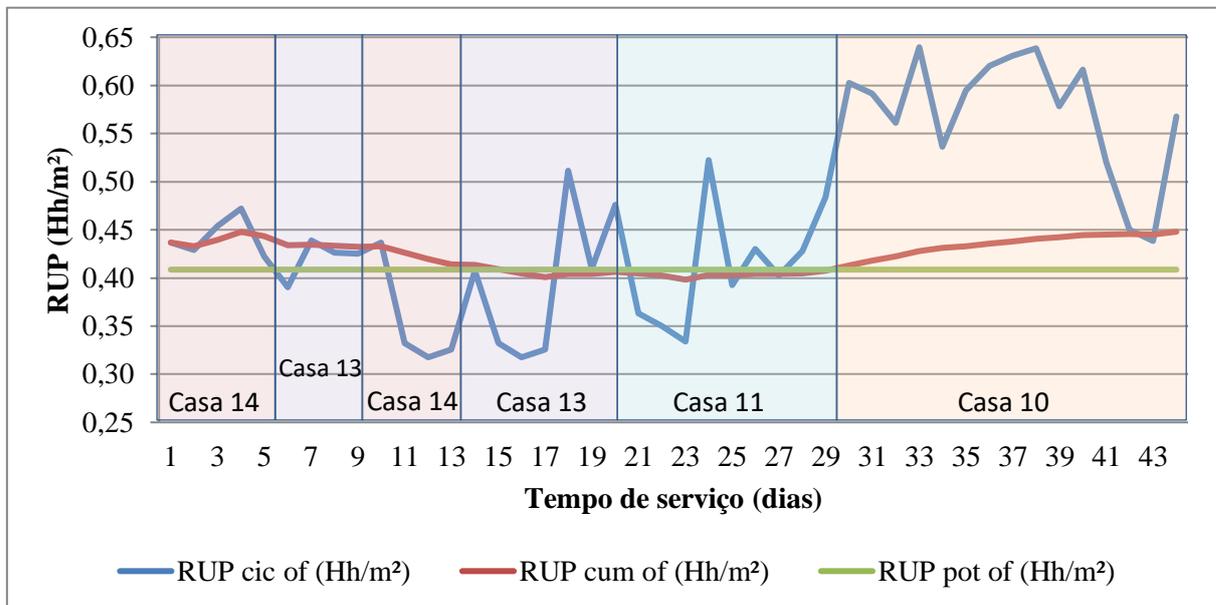
Neste item são apresentadas as RUP atuais e em seguida as RUP viáveis para cada equipe e etapa de serviço.

4.1.2.1 Emboço interno

- EQUIPE A

Na Figura 4.13 são apresentadas as RUP cic_{of} , RUP cum_{of} , RUP pot_{of} da Equipe A, para o serviço emboço interno nas unidades habitacionais trabalhadas.

Figura 4.13 - RUP emboço interno Equipe A

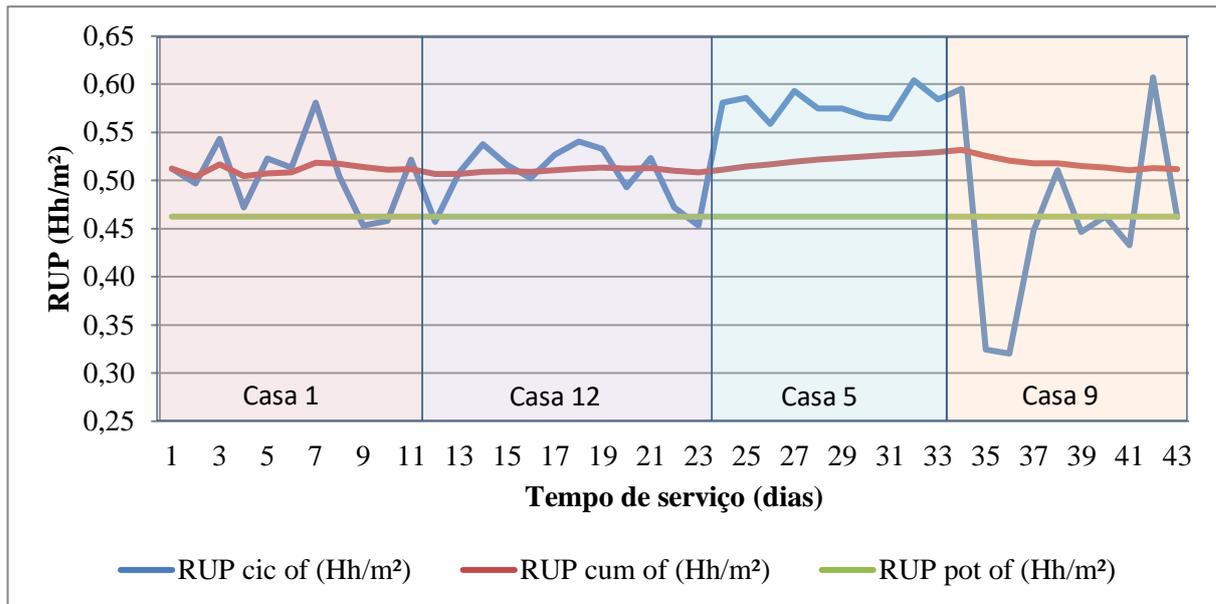


Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

A RUP cic_{of} desta equipe variou entre 0,32 Hh/m² a 0,64 Hh/m², com RUP pot_{of} de 0,41 Hh/m². A RUP cum_{of} desta equipe para este serviço não diminuiu nas últimas casas executadas pela equipe, o que não caracterizaria o fator aprendizado.

- EQUIPE B

Na Figura 4.14 são apresentadas as RUP cic_{of} , RUP cum_{of} , RUP pot_{of} da Equipe B, para o serviço emboço interno nas unidades trabalhadas.

Figura 4.14 - RUP emboço interno Equipe B

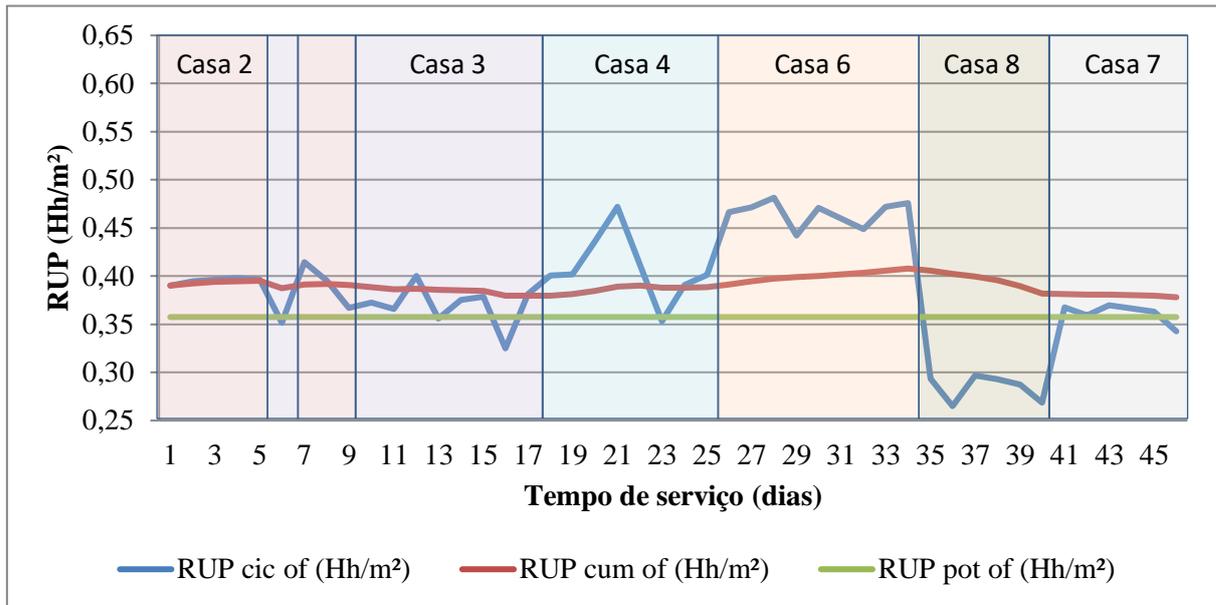
Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

A RUP cic_{of} desta equipe variou entre 0,32 Hh/m² a 0,61 Hh/m², com RUP pot_{of} de 0,46 Hh/m². A RUP cum_{of} desta equipe para este serviço tende a uma diminuição nas últimas casas executadas pela equipe, o que caracteriza o fator aprendizagem.

- EQUIPE C

Na Figura 4.15 são apresentadas as RUP cic_{of} , RUP cum_{of} , RUP pot_{of} da Equipe B, para o serviço emboço interno nas unidades habitacionais trabalhadas.

Figura 4.15 - RUP emboço interno Equipe C

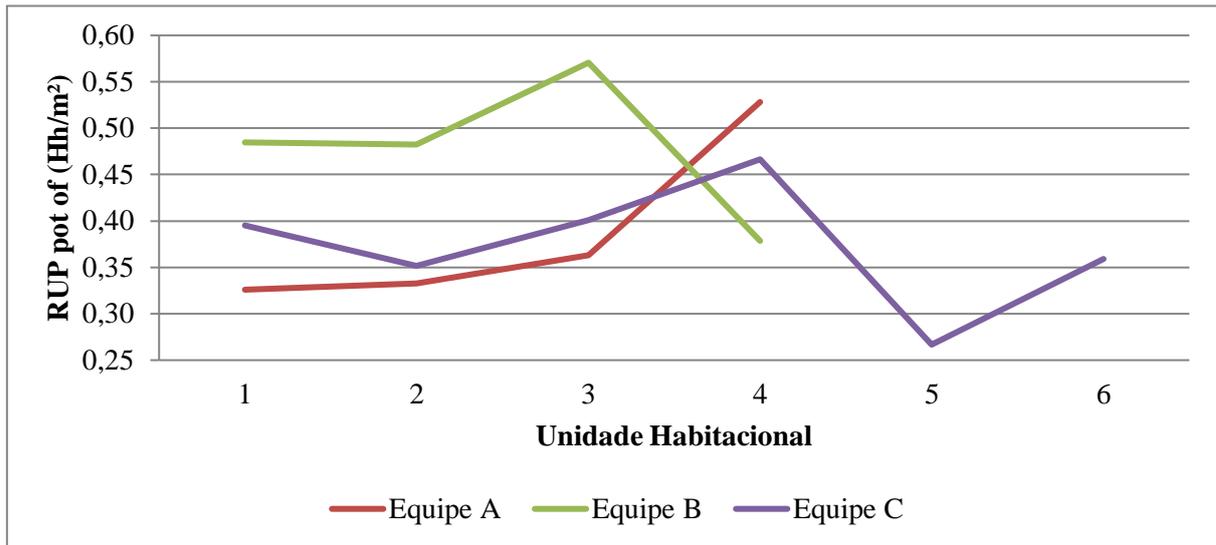


Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

A RUP cic_{of} desta equipe variou entre 0,26 Hh/m² a 0,48 Hh/m², com RUP pot_{of} de 0,36 Hh/m². A RUP cum_{of} desta equipe para este serviço também tende à diminuição nas últimas casas executadas pela equipe, caracterizando o fator aprendizagem.

- COMPARAÇÃO DAS RUP pot_{of}

A RUP pot_{of} das equipes, também foi analisada por casa executada, como pode ser visualizado na Figura 4.16.

Figura 4.16 - RUP pot_{of} emboço interno

Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

Na execução do emboço interno, a Equipe C se destacou pelo menor índices de produtividade, caracterizado pelo aprendizado e pela continuidade da execução dos serviços.

- ESTIMATIVA DA RUP pot_{of} PARA EMBOÇO INTERNO

Na Tabela 4.4 é possível visualizar o valor dos fatores por equipe. O fator Soma = 2 se deu pela soma dos fatores acabamento desempenado = 1, aplicação manual = 0, cheia única = 1 e execução prévia de todas as taliscas = 1. O fator $A_{carac} = 7,11 \text{ m}^2$ e o fator $Ex_{quina} = 0,07$ também foram iguais para todas as equipes pelo fato de todas estarem trabalhando com a mesma planta arquitetônica ou, no caso da equipe C que trabalhou nas duas casas tipo 2, em planta arquitetônica muito similar.

Tabela 4.4 - Levantamento de dados das equipes A, B e C (emboço interno)

Equipe	RUP pot _{of} atual	$\Delta RUP(\text{cum-pot})_{of}$	RUP cum _{of}	RUP cum _{dir}	RUP cum _{glob}	Soma	A_{carac}	Ex_{quina}	RUP pot _{of} viável
A	0,41	0,04	0,45	0,81	1,11	2,00	7,11	0,07	0,36
B	0,46	0,05	0,51	0,70	0,97	2,00	7,11	0,07	0,36
C	0,36	0,02	0,38	0,71	0,91	2,00	7,11	0,07	0,36

Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

Os valores de $\Delta RUP(\text{cum-pot})_{of}$ para emboço interno nas equipes A, B e C foram 0,04, 0,05 e 0,02 respectivamente.

Dessa forma, o valor da RUP pot_{of} viável para o emboço interno nas equipes A, B e C é de 0,36 Hh/m².

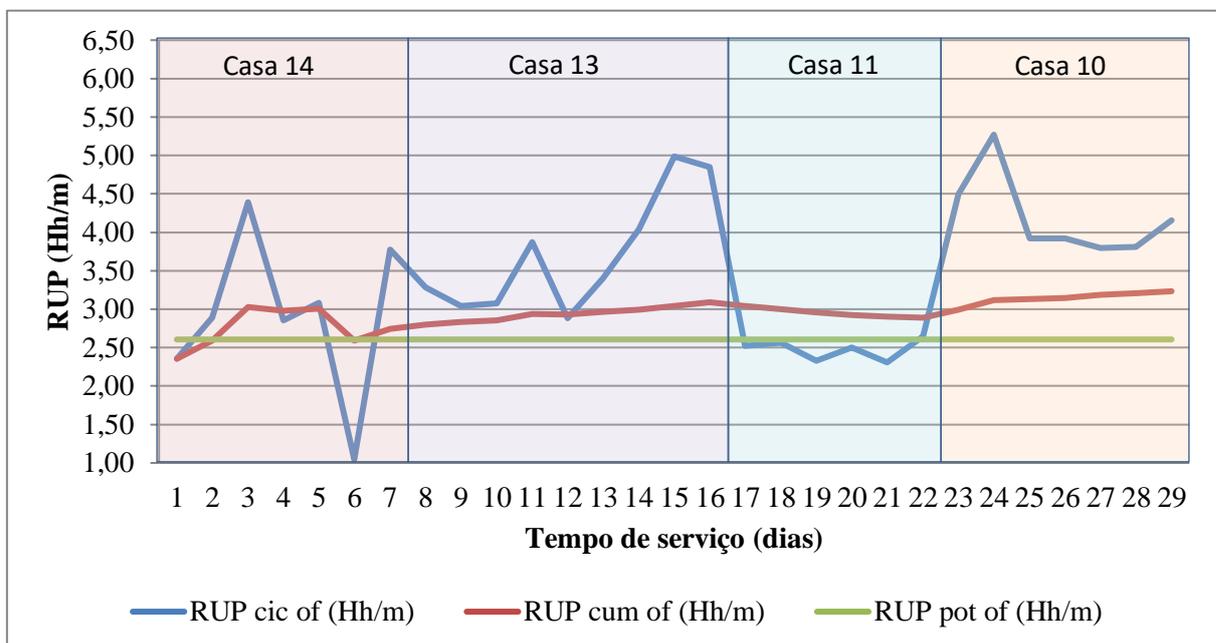
4.1.2.2 Requadro

Os requadros têm por característica ser uma etapa do serviço com alto nível de detalhe e, consequentemente, lento processo de execução.

- EQUIPE A

Na Figura 4.17 são apresentadas as RUP cic_{of} , RUP cum_{of} , RUP pot_{of} da Equipe A, para o serviço emboço interno nas unidades habitacionais trabalhadas.

Figura 4.17 - RUP requadro Equipe A



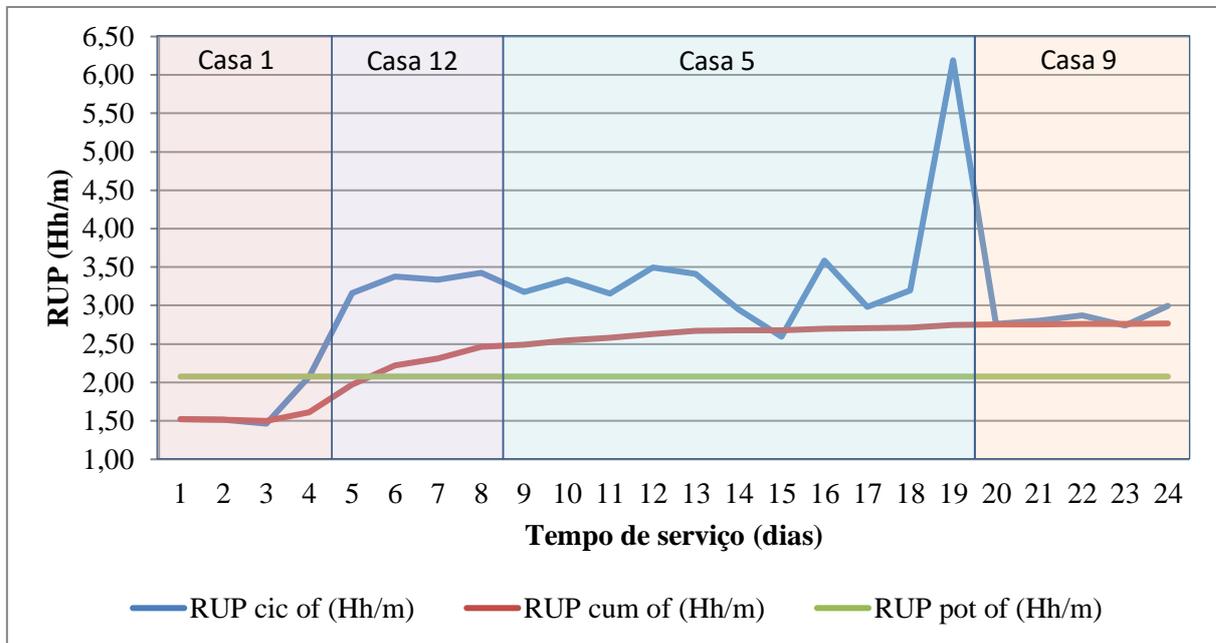
Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

A RUP cic_{of} desta equipe variou entre 1,05 Hh/m a 5,27 Hh/m, com RUP pot_{of} de 2,61 Hh/m. A RUP cum_{of} desta equipe para este serviço não diminuiu nas últimas casas executadas pela equipe, o que não caracterizaria o fator aprendizado.

- EQUIPE B

Na Figura 4.18 são apresentadas as RUP cic_{of} , RUP cum_{of} , RUP pot_{of} da Equipe B, para o serviço emboço interno nas unidades habitacionais trabalhadas.

Figura 4.18 - RUP requadro Equipe B



Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

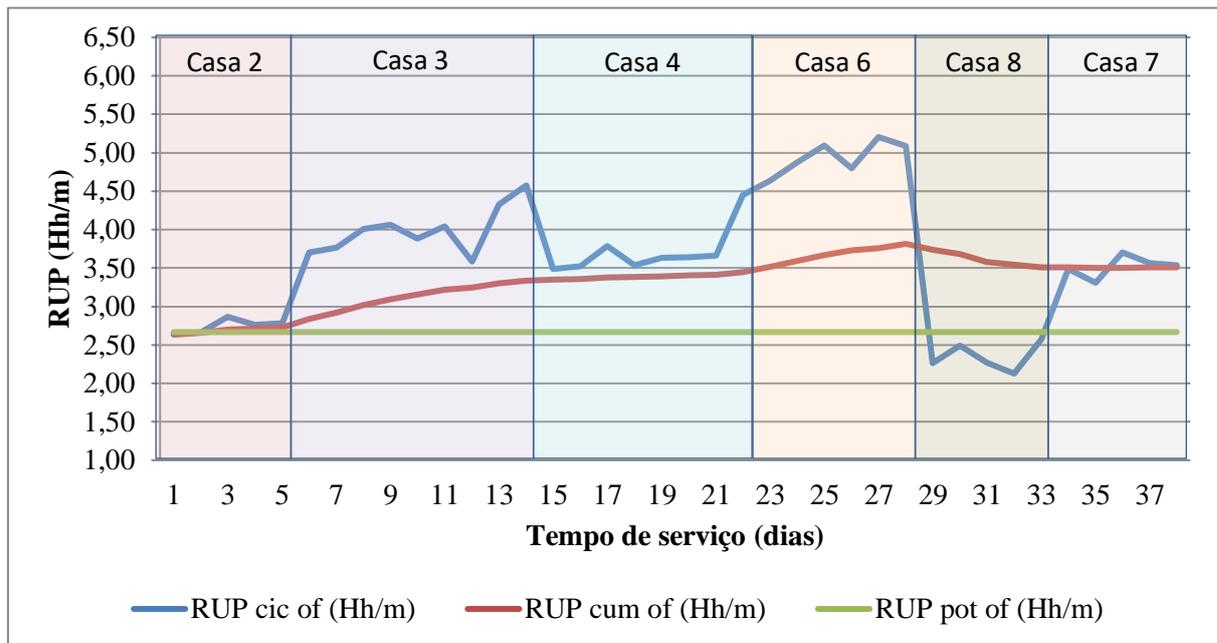
A RUP cic_{of} da Equipe B para a execução dos requadros variou entre 1,46 Hh/m e 6,19 Hh/m, chegando a uma RUP pot_{of} de 2,91 Hh/m. A RUP cum_{of} desta equipe para este serviço não diminuiu nas últimas casas executadas pela equipe, o que não caracterizaria o fator aprendido.

A Equipe B obteve uma RUP pot_{of} para emboço interno na casa 01 de 1,51 Hh/m, na casa 12 obteve uma RUP pot_{of} 3,16 Hh/m, na casa 05 obteve uma RUP pot_{of} 3,07 Hh/m e na casa 09 obteve uma RUP pot_{of} 2,76 Hh/m.

- EQUIPE C

Na Figura 4.19 são apresentadas as RUP cic_{of} , RUP cum_{of} , RUP pot_{of} da Equipe B, para o serviço emboço interno nas unidades habitacionais trabalhadas.

Figura 4.19 - RUP requadro da Equipe C

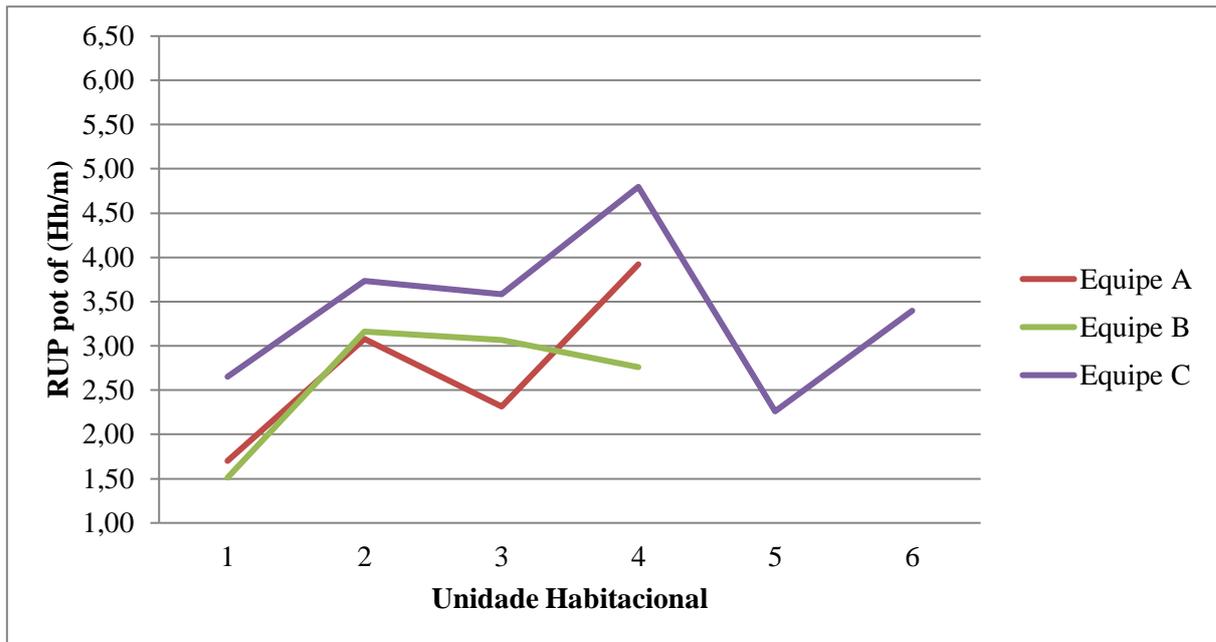


Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

A RUP cic_{of} da Equipe C para a execução dos requadros variou entre 2,13 Hh/m e 5,20 Hh/m, chegando a uma RUP pot_{of} de 2,67 Hh/m. A RUP cum_{of} desta equipe para este serviço não diminuiu nas últimas casas executadas pela equipe, o que não caracterizaria o fator aprendido.

- COMPARAÇÃO DAS RUP pot_{of}

A RUP pot_{of} das equipes também foram analisadas por casa executada, e na Figura 4.20 é possível visualizar o desempenho de cada uma delas por unidade habitacional.

Figura 4.20 - RUP pot_{of} requadro

Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

As equipes A e B obtiveram as melhores produtividades para esse serviço.

- CÁLCULO DA RUP pot_{of} VIÁVEL REQUADROS

Para o cálculo da RUP pot_{of} viável dos requadros foram analisadas as RUP pot_{of} atuais de cada equipe e a melhor foi sugerida como viável, como pode ser vista na Tabela 4.5.

Tabela 4.5 - Levantamento de dados das equipes A, B e C (requadro)

Equipe	RUP pot _{of} atual	Δ RUP(cum-pot) _{of}	RUP cum _{of}	RUP cum _{dir}	RUP cum _{glob}	RUP pot _{of} viável
A	2,61	0,63	3,23	5,87	8,25	2,08
B	2,08	0,69	2,77	3,75	4,94	2,08
C	2,67	0,84	3,51	6,90	9,55	2,08

Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

Os valores de Δ RUP (cum-pot)_{of} para emboço interno nas equipes A, B e C foram 0,63, 0,69 e 0,84 respectivamente.

Dessa forma, o valor da RUP pot_{of} viável para o emboço interno nas equipes A, B e C é de 2,08 Hh/m.

4.1.3 CONTRAPISO

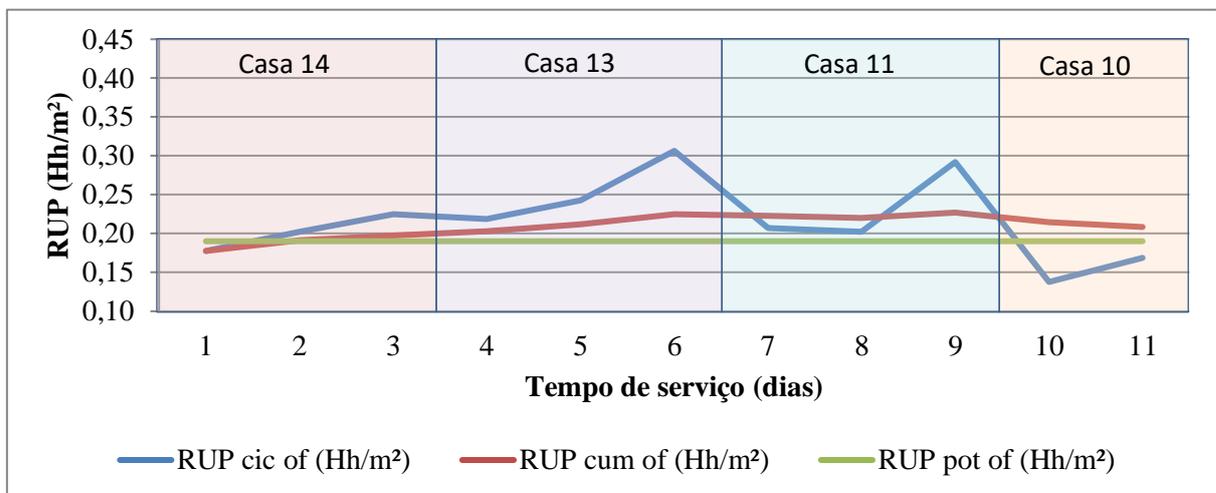
Neste item são apresentadas as RUP atuais e em seguida as RUP viáveis para o serviço contrapiso em cada equipe e etapa de serviço.

4.1.3.1 Contrapiso

- EQUIPE A

Na Figura 4.21 são apresentadas as RUP cic_{of} , RUP cum_{of} , RUP pot_{of} da Equipe A, para o serviço contrapiso nas unidades habitacionais trabalhadas.

Figura 4.21 - RUP contrapiso Equipe A

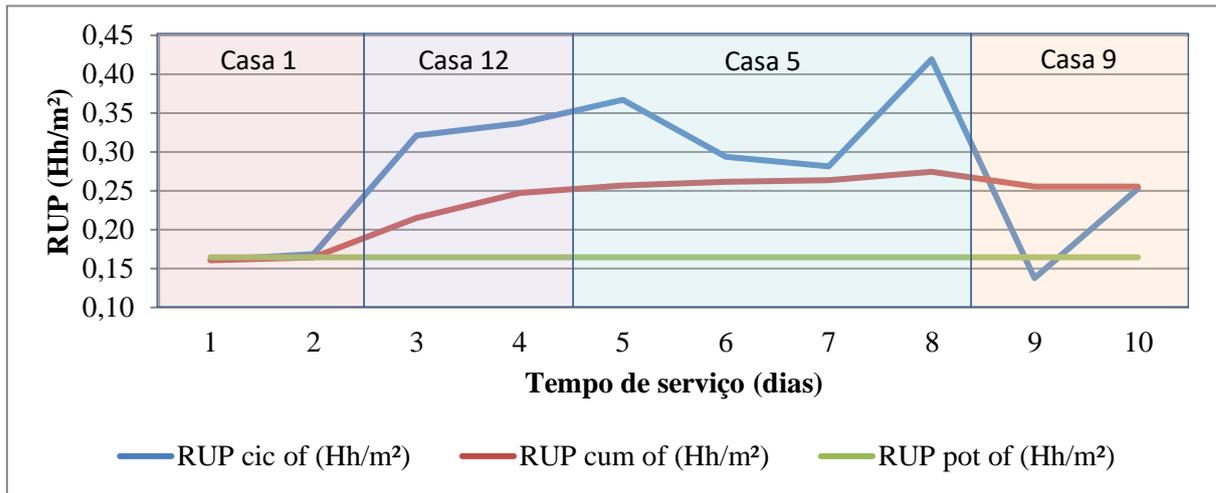


Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

A RUP cic_{of} desta equipe variou entre 0,14 Hh/m² a 0,31 Hh/m², com RUP pot_{of} de 0,19 Hh/m². A RUP cum_{of} desta equipe para este serviço diminuiu nas últimas casas executadas pela equipe, o que caracterizaria o fator aprendizado.

- EQUIPE B

Na Figura 4.22 são apresentadas as RUP cic_{of} , RUP cum_{of} , RUP pot_{of} da Equipe B, para o serviço contrapiso nas casas trabalhadas.

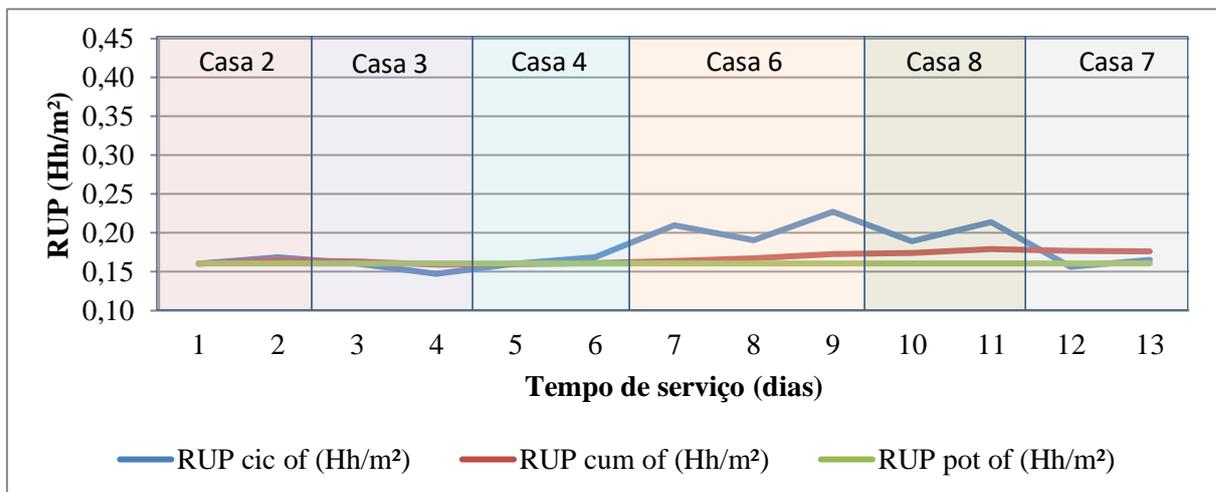
Figura 4.22 - RUP contrapiso Equipe B

Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

A RUP cic_{of} desta equipe variou entre 0,14 Hh/m² a 0,42 Hh/m², com RUP pot_{of} de 0,16 Hh/m². A RUP cum_{of} desta equipe para este serviço diminuiu somente na última casa executada pela equipe, porém sem atingir os valores da primeira casa executada pela equipe.

- EQUIPE C

Na Figura 4.23 são apresentadas as RUP cic_{of} , RUP cum_{of} , RUP pot_{of} da Equipe C, para o serviço contrapiso nas unidades habitacionais trabalhadas.

Figura 4.23 - RUP contrapiso Equipe C

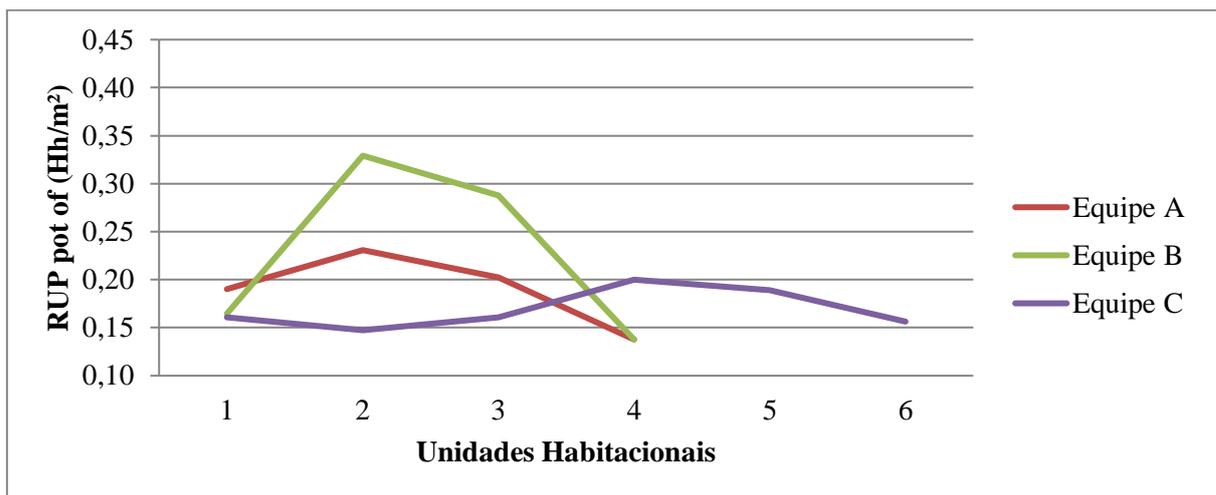
Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

A RUP cic_{of} desta equipe variou entre 0,15 Hh/m a 0,23 Hh/m, com RUP pot_{of} de 0,16 Hh/m. A RUP cum_{of} desta equipe para este serviço diminuiu nas últimas casas executadas pela equipe, o que caracterizaria o fator aprendizado.

- COMPARAÇÃO DAS RUP pot_{of}

A RUP pot_{of} das equipes também foram analisadas por casa executada, e na Figura 4.24 é possível visualizar o desempenho de cada uma delas por unidade habitacional.

Figura 4.24 - RUP pot_{of} contrapiso



Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

- ESTIMATIVA DA RUP pot_{of} PARA CONTRAPISO

Na Tabela 4.6, é possível visualizar os valores dos fatores por equipe. O fator Soma = - 2 se deu pela soma dos fatores $A_{carac} < 25,00 \text{ m}^2 = -1$, relação $A_{j/of} < 0,7 = -1$, $E_{carac} > 3 \text{ cm} = -1$, argamassa transportada por carrinho de mão = -1, execução prévia de todas as taliscas = +1 e acabamento sarrafeado = +1.

Tabela 4.6 - Levantamento de dados das equipes A,B e C (contrapiso)

Equipe	RUP pot_{of} atual	$\Delta RUP(cum-pot)_{of}$	RUP cum_{of}	RUP cum_{dir}	RUP cum_{glob}	Soma	RUP pot_{of} viável
A	0,19	0,02	0,21	0,41	0,61	-2,00	0,13
B	0,16	0,09	0,26	0,36	0,48	-2,00	0,13
C	0,16	0,02	0,18	0,34	0,50	-2,00	0,13

Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

Os valores de ΔRUP (cum-pot)_{of} para contrapiso nas equipes A, B e C foram 0,02, 0,09 e 0,02 respectivamente.

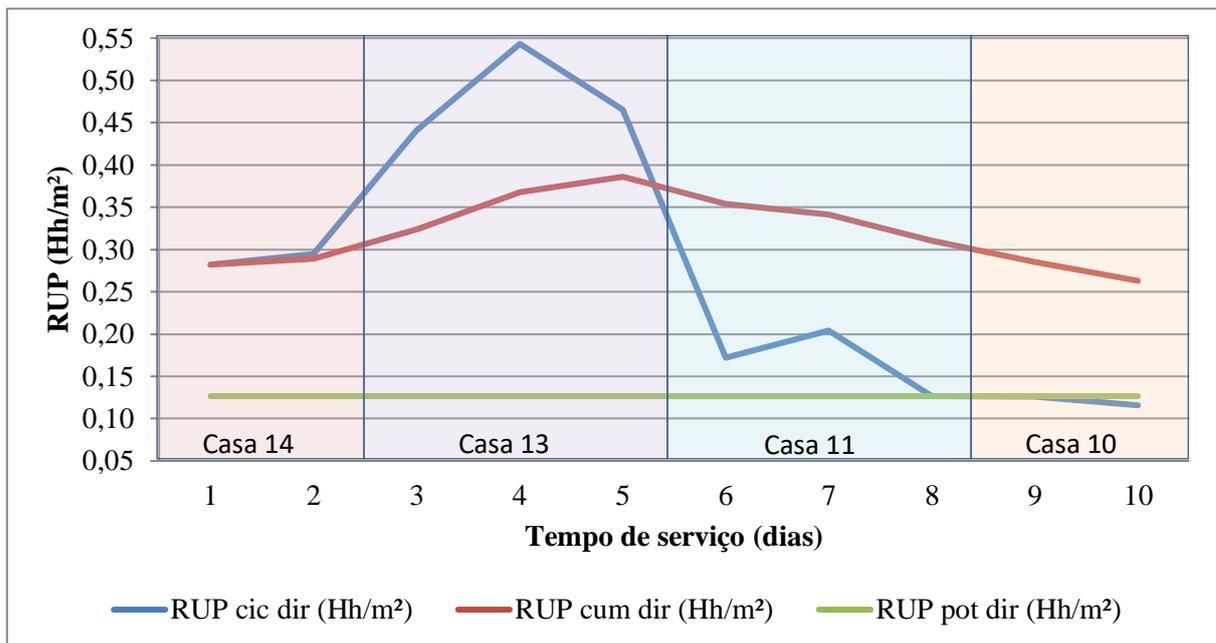
Dessa forma, o valor da RUP pot_{of} viável para o contrapiso nas equipes A, B e C é de 0,13 Hh/m².

4.1.3.2 Talisca

- EQUIPE A

Na Figura 4.25 são apresentadas as RUP cic_{dir}, RUP cum_{dir}, RUP pot_{dir} da Equipe A, para as taliscas nas unidades habitacionais trabalhadas.

Figura 4.25 - RUP talisca Equipe A



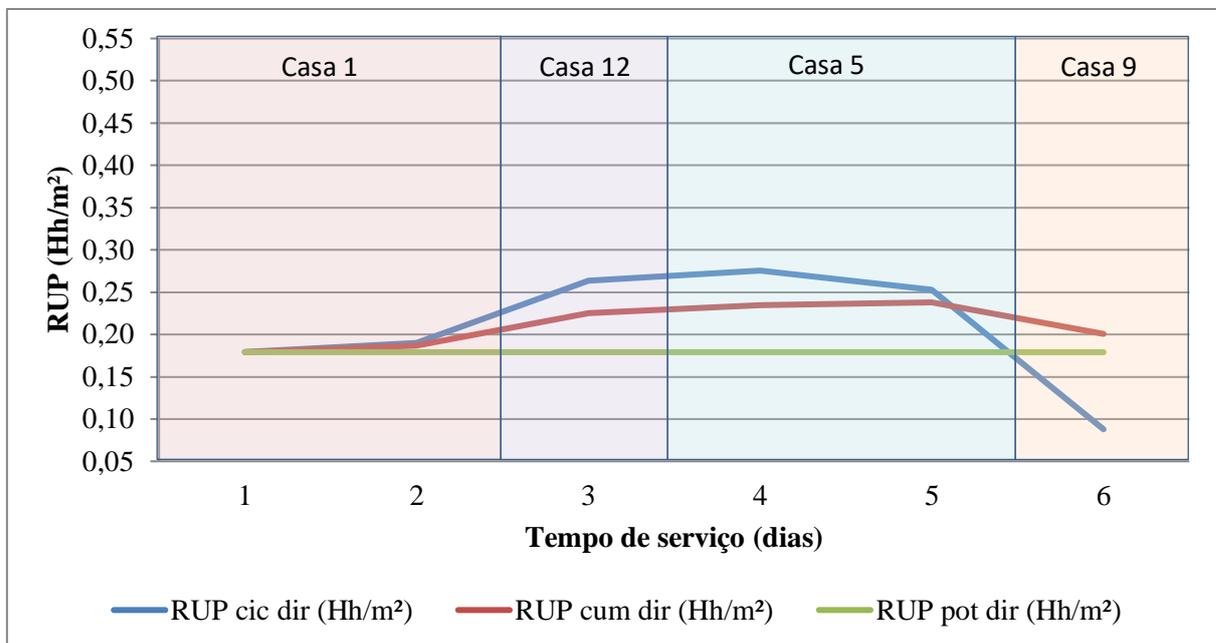
Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

A RUP cic_{dir} desta equipe variou entre 0,12 Hh/m² a 0,54 Hh/m², com RUP pot_{dir} de 0,13 Hh/m². A RUP cum_{dir} desta equipe para este serviço diminuiu nas últimas casas executadas pela equipe, o que pode indicar o fator aprendizado.

- EQUIPE B

Na Figura 4.26 são apresentadas as RUP cic_{dir} , RUP cum_{dir} , RUP pot_{dir} da Equipe B, para o serviço talisca nas unidades habitacionais trabalhadas.

Figura 4.26 - RUP talisca Equipe B



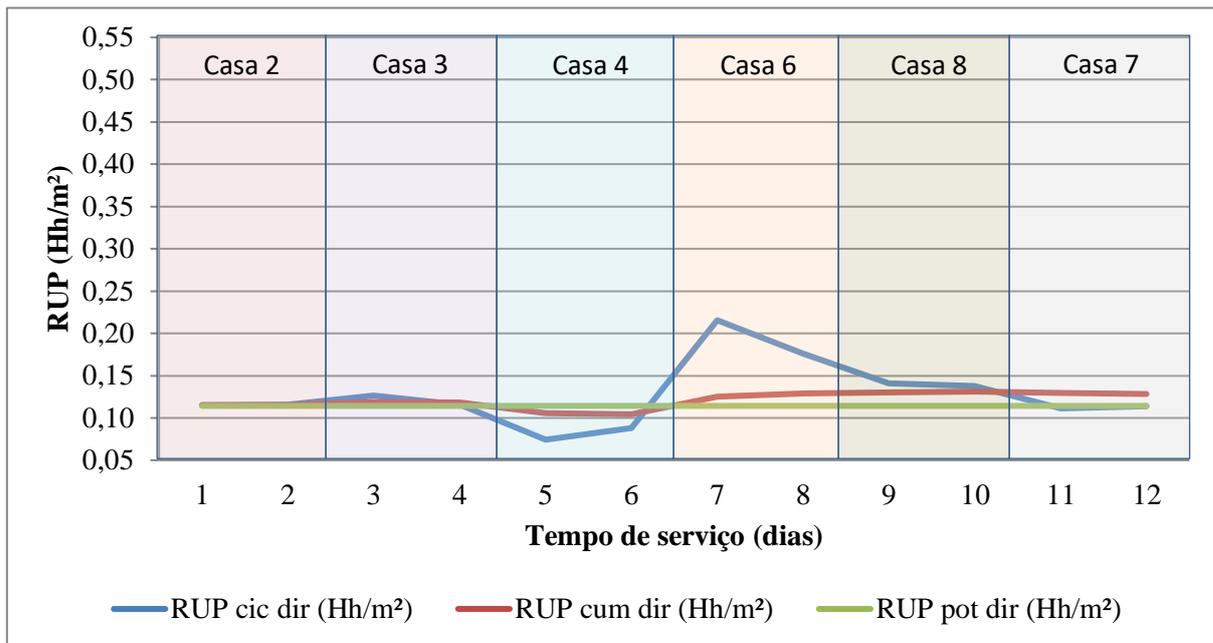
Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

A RUP cic_{dir} desta equipe variou entre 0,09 Hh/m² a 0,28 Hh/m², com RUP pot_{dir} de 0,18 Hh/m². A RUP cum_{dir} desta equipe para este serviço diminuiu nas últimas casas executadas pela equipe, o que caracterizaria o fator aprendizado.

- EQUIPE C

Na Figura 4.27 são apresentadas as RUP cic_{dir} , RUP cum_{dir} , RUP pot_{dir} da Equipe C, para o serviço talisca nas unidades habitacionais trabalhadas.

Figura 4.27 - RUP talisca Equipe C

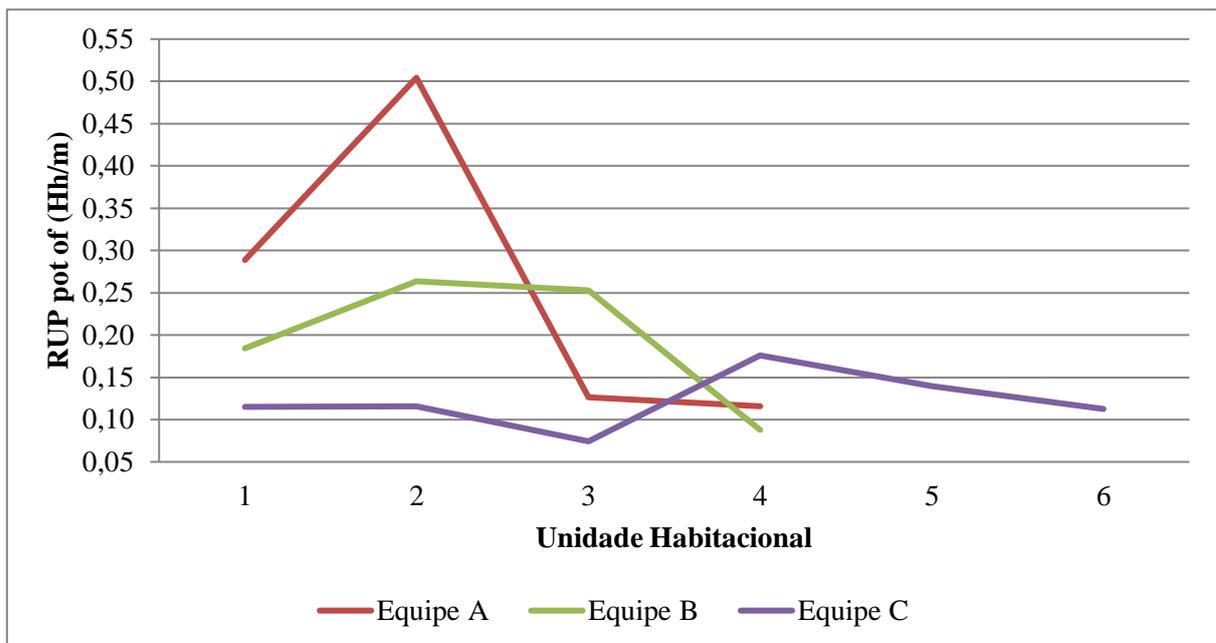


Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

A RUP cic_{dir} desta equipe variou entre 0,07 Hh/m a 0,22 Hh/m, com RUP pot_{dir} de 0,11 Hh/m. Não é tão evidente o fator aprendido na execução deste serviço para esta equipe.

- COMPARAÇÃO DAS RUP pot_{of}

A RUP pot_{of} das equipes também foram analisadas por casa executada, e na Figura 4.28 é possível visualizar o desempenho de cada uma delas por unidade habitacional.

Figura 4.28 - RUP pot_{dir} talisca

Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

- CÁLCULO DA RUP pot_{dir} VIÁVEL

Para o cálculo da RUP pot_{dir} viável da talisca foram analisadas as RUP pot_{dir} atuais de cada equipe e a melhor foi sugerida como viável, como pode ser vista na Tabela 4.7.

Tabela 4.7 - Levantamento de dados das equipes A,B e C (talisca)

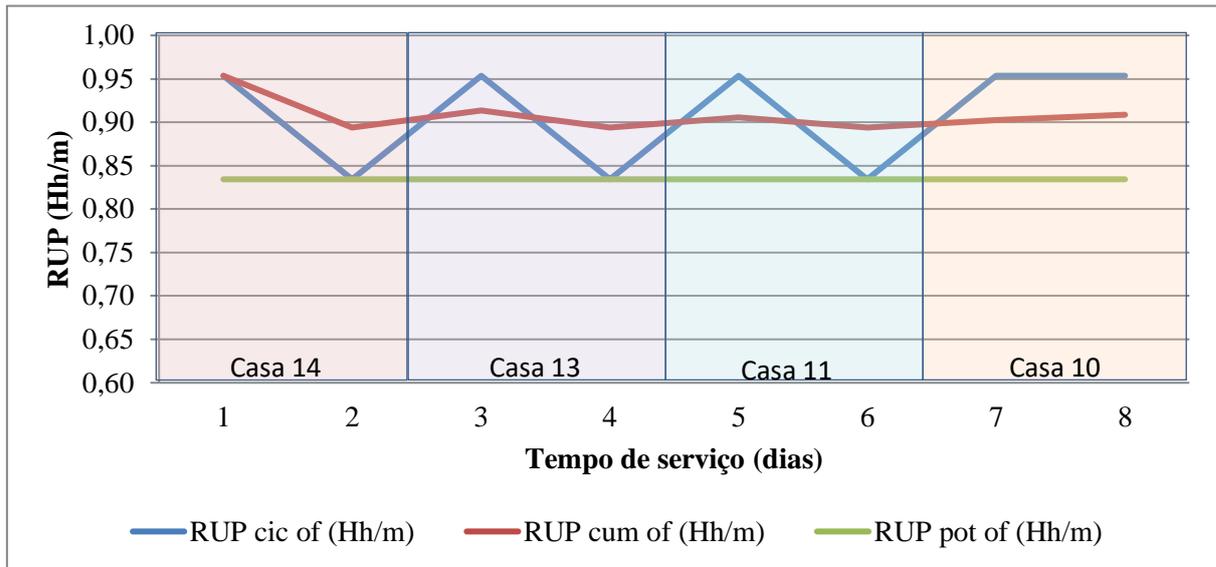
Equipe	RUP pot_{dir} atual	$\Delta RUP(cum-pot)_{dir}$	RUP cum_{dir}	RUP cum_{glob}	RUP pot_{dir} viável
A	0,13	0,14	0,26	0,26	0,11
B	0,18	0,02	0,20	0,20	0,11
C	0,11	0,01	0,13	0,13	0,11

Elaborado pelo autor (2017)

4.1.3.3 Escada

- Equipe A

Na Figura 4.29 são apresentadas as RUP cic_{of} , RUP cum_{of} , RUP pot_{of} da Equipe A, para a escada nas unidades habitacionais trabalhadas.

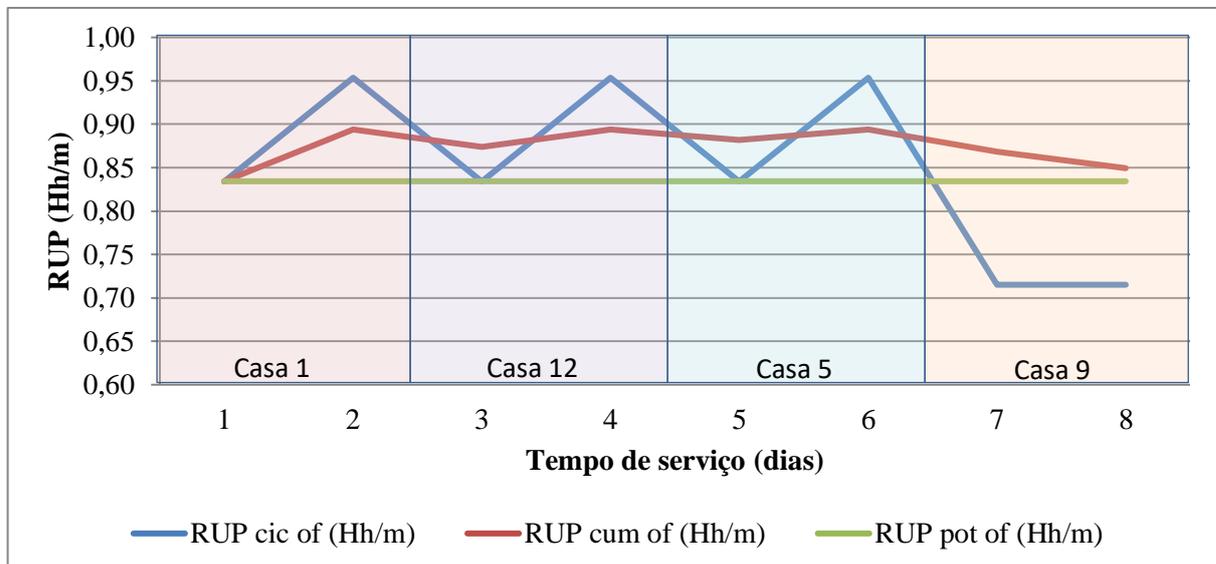
Figura 4.29 - RUP escada Equipe A

Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

A RUP cic_{of} desta equipe variou entre 0,83 Hh/m a 0,95 Hh/m, com RUP pot_{of} de 0,83 Hh/m. Não há evidência do fator aprendido para esta equipe na execução deste serviço.

- EQUIPE B

Na Figura 4.30 são apresentadas as RUP cic_{of} , RUP cum_{of} , RUP pot_{of} da Equipe B, para o serviço talisca nas unidades habitacionais trabalhadas.

Figura 4.30 - RUP escada Equipe B

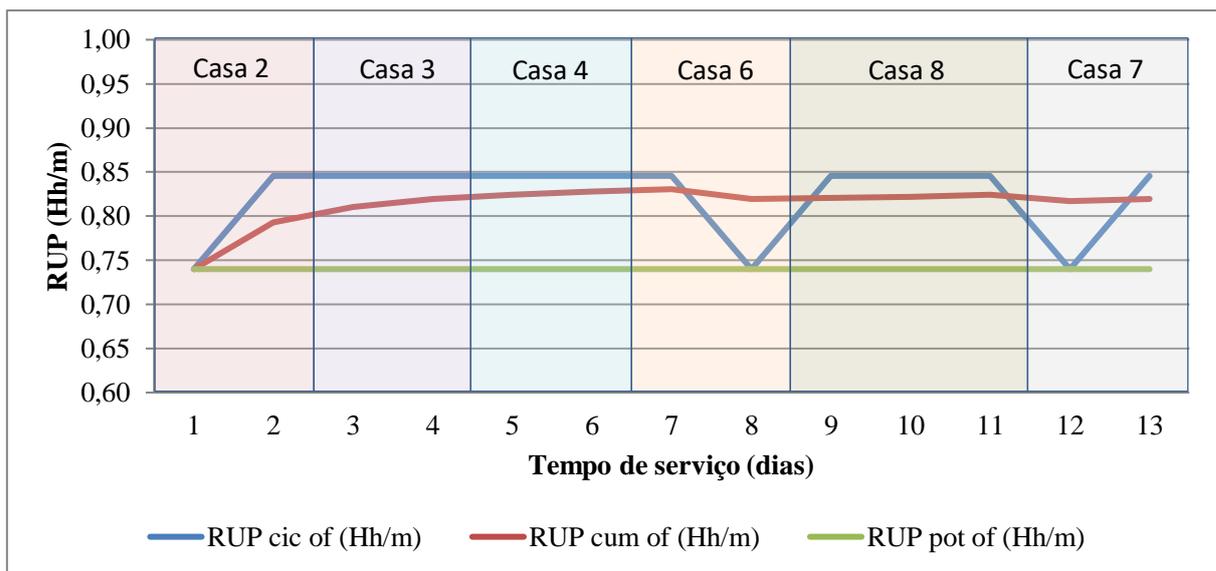
Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

A RUP cic_{of} desta equipe variou entre 0,72 Hh/m a 0,95 Hh/m, com RUP pot_{of} de 0,83 Hh/m. A RUP cum_{of} desta equipe para este serviço diminuiu nas últimas casas executadas pela equipe, o que caracterizaria o fator aprendizado.

- EQUIPE C

Na Figura 4.31 são apresentadas as RUP cic_{of} , RUP cum_{of} , RUP pot_{of} da Equipe C, para o serviço escada nas unidades habitacionais trabalhadas.

Figura 4.31 - RUP escada Equipe C

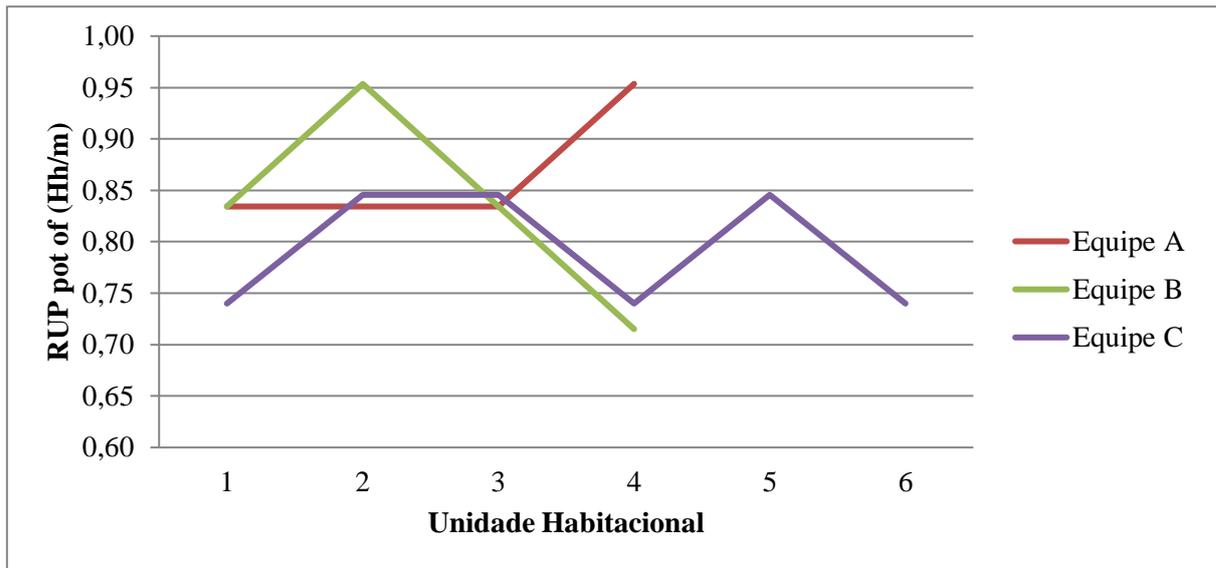


Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

A RUP cic_{of} desta equipe variou entre 0,07 Hh/m a 0,22 Hh/m, com RUP pot_{of} de 0,11 Hh/m. Não há evidência para caracterizar o fator aprendizado.

- COMPARAÇÃO DAS RUP pot_{of}

A RUP pot_{of} das equipes também foram analisadas por casa executada, e na Figura 4.32 é possível visualizar o desempenho de cada uma delas por unidade habitacional.

Figura 4.32 - RUP pot_{of} escada

Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

- Cálculo da RUP pot_{of} viável

Para o cálculo da RUP pot_{of} viável da escada foram analisadas as RUP pot_{dir} atuais de cada equipe e a melhor foi sugerida como viável, como pode ser vista na Tabela 4.8.

Tabela 4.8 - Levantamento de dados das equipes A, B e C (escada)

Equipe	RUP pot _{of} atual	Δ RUP(cum-pot) _{of}	RUP cum _{of}	RUP cum _{dir}	RUP cum _{glob}	RUP pot _{of} viável
A	0,83	0,07	0,91	1,41	1,91	0,74
B	0,83	0,01	0,85	1,24	1,70	0,74
C	0,74	0,08	0,82	1,12	1,43	0,74

Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

4.1.4 TEMPOS DE PRODUÇÃO

O tempo de ciclo atual por unidade habitacional (UH) foi calculado a partir da multiplicação dos valores das RUP pot_{of} atual de cada equipe em cada etapa de serviço, pela quantidade de serviço executada. A

Tabela 4.9 exemplifica esse cálculo.

Tabela 4.9 – Cálculo do Tempo de Ciclo por etapa de serviço

Equipe	Serviço	Etapa de Serviço	Qtde	Und	RUP pot _{of} atual	T/C atual (Hh)
A	Rev. Ext. em Argamassa	Reb. Externo	319,88	m ²	0,35	111,96
		Moldura	67,20	m	0,26	17,47
		Pingadeira	45,86	m	0,35	16,05
	Rev. Int. em Argamassa	Reb. Interno	277,36	m ²	0,41	113,72
		Requadros	16,87	m	2,61	44,03
	Contrapiso	Contrapiso	91,05	m ²	0,19	17,30
		Talisca	91,05	m ²	0,13	11,84
		Escada	16,78	m	0,83	13,93
	B	Rev. Ext. em Argamassa	Reb. Externo	319,88	m ²	0,31
Moldura			67,20	m	0,27	18,14
Pingadeira			45,86	m	0,44	20,18
Rev. Int. em Argamassa		Reb. Interno	277,36	m ²	0,46	127,59
		Requadros	16,87	m	2,08	35,09
Contrapiso		Contrapiso	91,05	m ²	0,16	14,57
		Talisca	91,05	m ²	0,18	16,39
		Escada	16,78	m	0,83	13,93
C		Rev. Ext. em Argamassa	Reb. Externo	319,88	m ²	0,26
	Moldura		67,20	m	0,27	18,14
	Pingadeira		45,86	m	0,43	19,72
	Rev. Int. em Argamassa	Reb. Interno	277,36	m ²	0,36	99,85
		Requadros	16,87	m	2,67	45,04
	Contrapiso	Contrapiso	91,05	m ²	0,16	14,57
		Talisca	91,05	m ²	0,11	10,02
		Escada	16,78	m	0,74	12,42

Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

No planejamento da obra, foram calculados 187 dias para que esses serviços fossem executados, de Junho/2015 a Fevereiro/2016. Porém, por atrasos na obra, esses serviços só foram iniciados em Agosto/2015, e devido a falhas gerenciais, à necessidade de execução de outros serviços em simultaneidade, gerando descontinuidades no processo construtivo, só foram encerradas em Agosto/2016.

Considerando que, no período de planejamento, foram destinados 187 dias úteis para a execução dos serviços medidos, e que possuem três equipes para executá-los, com 8 horas de trabalho diário, o tempo total disponível seria de 4.488 horas (187 dias x 3 equipes x 8 horas diárias). Dividindo esse valor pela quantidade de unidades habitacionais da obra, obtém-se um *lead time* de projeto de 320,57 h (tempo total disponível ÷ 14 unidades habitacionais).

A partir da determinação dos tempos de ciclo foi possível encontrar o tempo médio gasto na execução de uma unidade habitacional na obra em estudo, e determinar a porcentagem de tempo gasto para cada etapa de serviço. Por parametrização determinou-se o tempo total disponível por serviço (TTDS). A partir deste, o tempo *takt* foi calculado com a divisão deste TTDS pela quantidade de unidades habitacionais da obra.

A Tabela 4.10 auxilia no entendimento do processo, e compara os tempos de ciclo atuais pelos tempos de ciclos viáveis.

Tabela 4.10 – Tempos de produção (T/C Atual x T/C Viável)

Equipe	Etapa de serviço	Qtde	Und	TTDS Projeto (h)	TT Projeto (h)	Lead time Projeto (h)	T/C atual por UH (Hh)	T/C viável da obra (Hh)
A	Reb Externo	319,88	m ²	1.311,15	93,65	320,57	111,96	105,56
	Moldura	67,20	m	247,28	17,66		17,47	18,82
	Pingadeira	45,86	m	259,63	18,55		16,05	18,80
	Reb Interno	277,36	m ²	1.529,23	109,23		113,72	110,94
	Requadros	16,87	m	579,42	41,39		44,03	45,72
	Contrapiso	91,05	m ²	210,72	15,05		17,30	13,66
	Talisca	91,05	m ²	168,37	12,03		11,84	22,76
	Escada	16,78	m	182,21	13,01		13,93	13,59
B	Reb Externo	319,88	m ²	1.311,15	93,65	320,57	99,16	118,36
	Moldura	67,20	m	247,28	17,66		18,14	20,16
	Pingadeira	45,86	m	259,63	18,55		20,18	17,43
	Reb Interno	277,36	m ²	1.529,23	109,23		127,59	113,72
	Requadros	16,87	m	579,42	41,39		35,09	46,73
	Contrapiso	91,05	m ²	210,72	15,05		14,57	20,03
	Talisca	91,05	m ²	168,37	12,03		16,39	11,84
	Escada	16,78	m	182,21	13,01		13,93	12,59
C	Reb Externo	319,88	m ²	1.311,15	93,65	320,57	83,17	108,76
	Moldura	67,20	m	247,28	17,66		18,14	20,83
	Pingadeira	45,86	m	259,63	18,55		19,72	18,34
	Reb Interno	277,36	m ²	1.529,23	109,23		99,85	105,40
	Requadros	16,87	m	579,42	41,39		45,04	49,26
	Contrapiso	91,05	m ²	210,72	15,05		14,57	13,66
	Talisca	91,05	m ²	168,37	12,03		10,02	10,93
	Escada	16,78	m	182,21	13,01		12,42	13,76

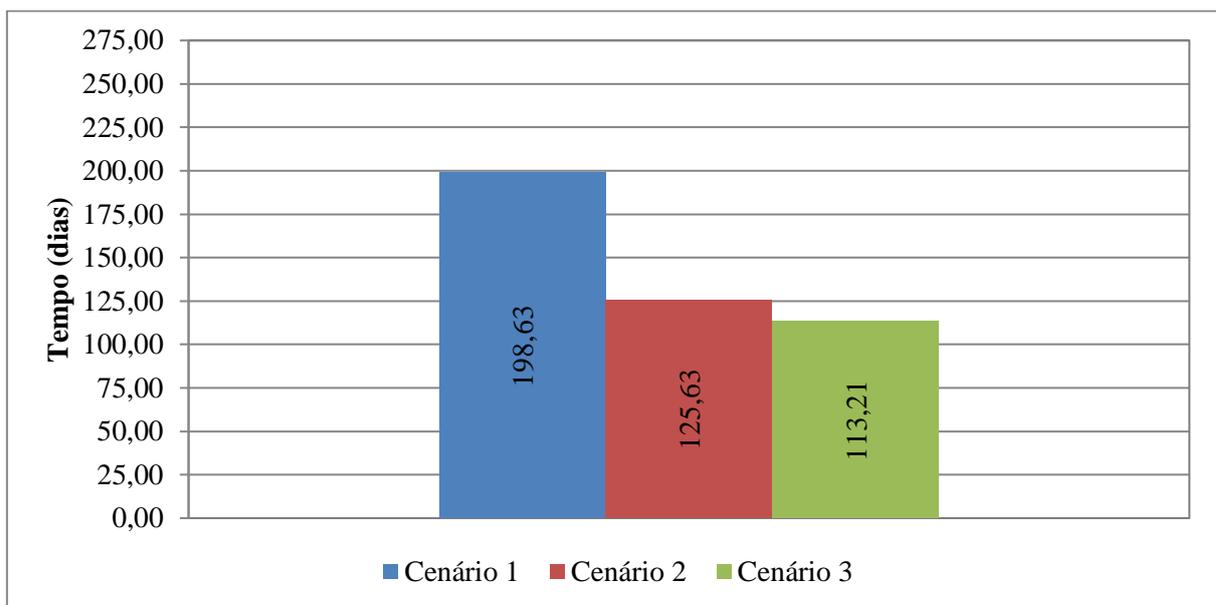
Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

Esses dados foram inseridos como dados de entrada no *software* de simulação computacional, que gerou a série de resultados apresentados na sequência.

4.2 SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL COM PROMODEL®

Neste item serão apresentados os resultados da simulação dos três cenários descritos no método. O primeiro dado analisado com a simulação computacional foi o *lead time* de produção de cada cenário. A Figura 4.33 ilustra as discrepâncias entre cada cenário.

Figura 4.33 – Tempo Total Disponível de produção para cada cenário simulado



Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

Os valores do Tempo Total Disponível (TTD) para os cenários 1 e 2 foram de 198,63 e 125,63 dias, respectivamente, mostrando que a execução contínua dos serviços otimizaria 73,00 dias da atividade desenvolvida. Com o engajamento das equipes, e a melhoria na gestão da obra, seria possível diminuir ainda mais o TTD, chegando a 113,21 dias no cenário 3.

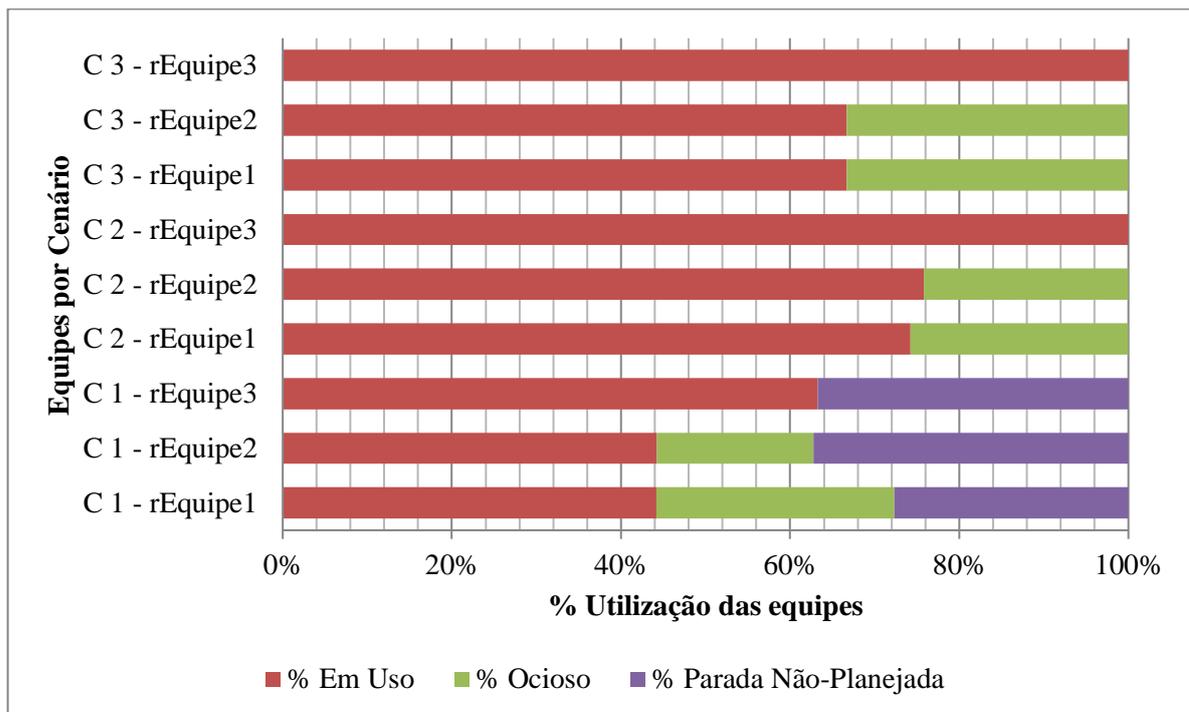
Porém, quando se visualiza a utilização das equipes ao longo dos dias de trabalhos, na Figura 4.34, percebe-se que este TTD poderia ser diminuído ainda mais, se houvesse um balanceamento dos serviços entre elas.

Em todos os cenários, as equipes desenvolveram as mesmas unidades habitacionais, sendo que a equipe 3 é responsável por 6 casas, enquanto que as demais equipes por 4 casas. Isso faz

com que a equipe 3 tenha sempre 100 % de utilização do tempo de serviço, enquanto as outras duas possuem grandes tempos de espera.

É possível ver que no cenário 1 as equipes 1 e 2 ficam ociosas por 28,14 e 18,62 % do TTD respectivamente, o que representa 92,67 dias no total. No cenário 2, as mesmas equipes 25,74 e 24,15 %, respectivamente. E chega ao extremo de 33% do tempo ocioso para essas equipes no cenário 3. Esses dados justificariam a execução de 5 casas por duas equipes e 4 por outra.

Figura 4.34 – Utilização das Equipes



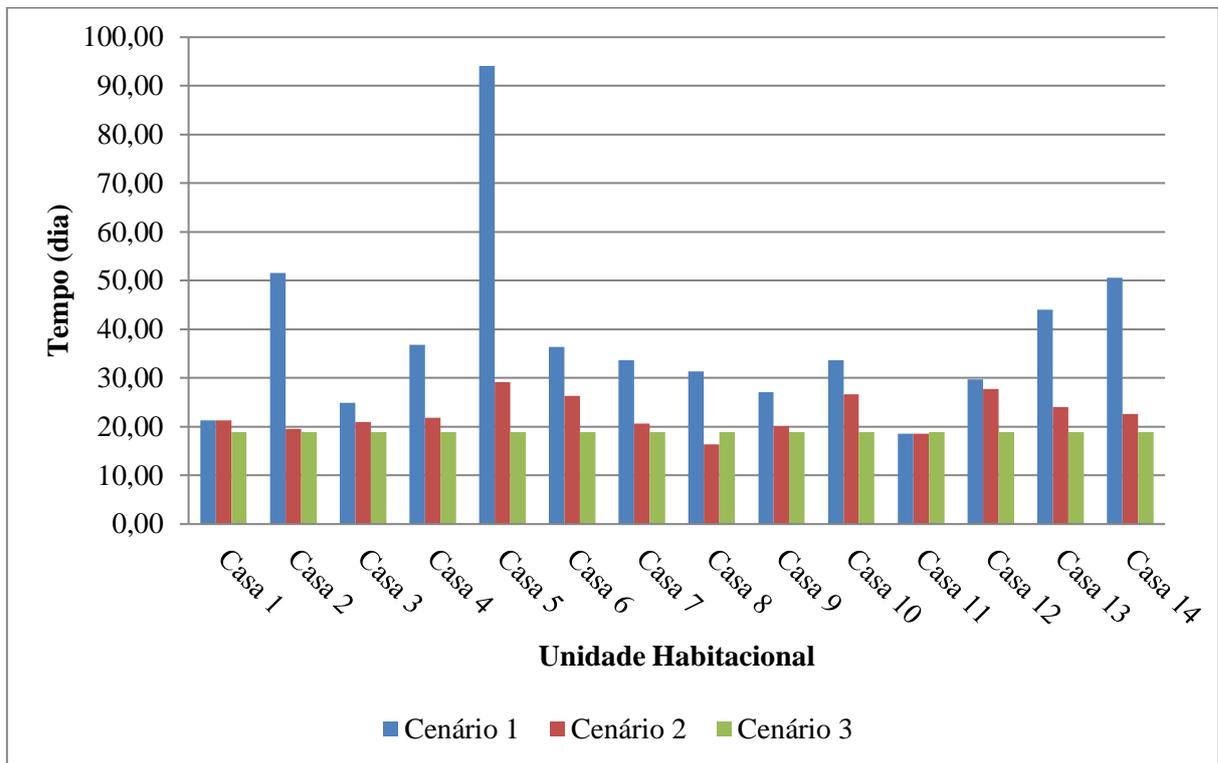
Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

Essa mudança mínima na rotina de trabalho da obra, causaria uma diminuição de até 25,70 % do TTD do cenário 1, diminuindo de 198,63 para 141,69 dias de trabalho e, no cenário 3, seria possível executar os mesmos serviços com 94,34 dias de trabalho.

Na análise da Figura 4.35, que apresenta os tempos gastos para a execução de cada unidade habitacional nos cenários simulados, é possível perceber que no cenário 1, levou-se 18,52 dias na execução da casa 11, e 94,12 dias na casa 05. Essa discrepância foi gerada pela descontinuidade no trabalho, já que no cenário 2, em que foram retiradas apenas as descontinuidades do cenário 1, os tempos para as mesmas casas foram de 18,52 e 29,12 dias,

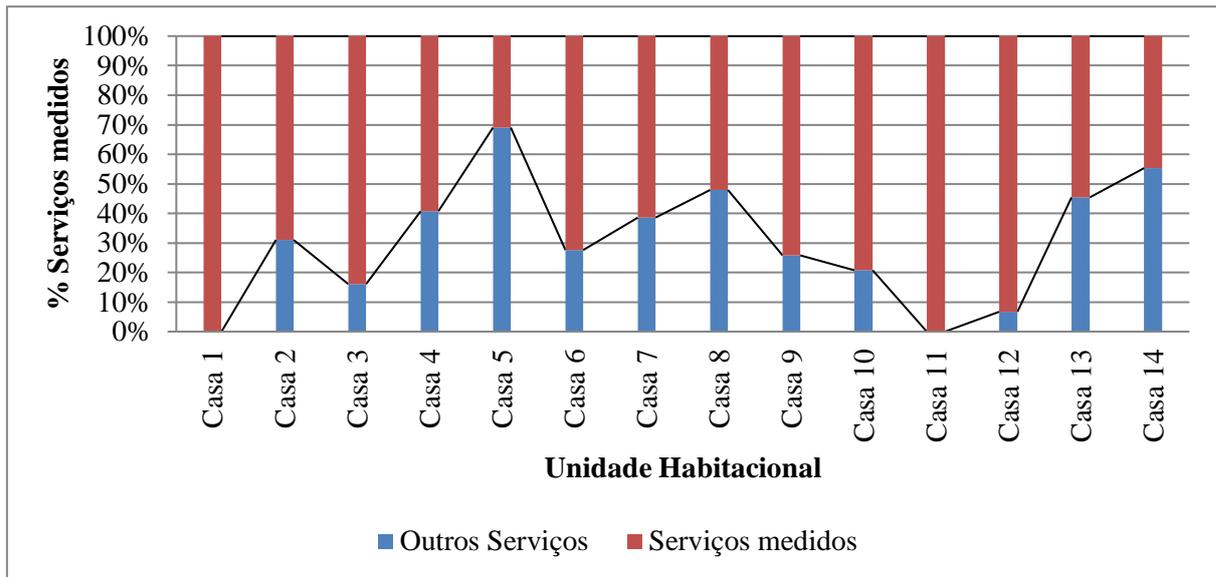
respectivamente. No cenário 3, o tempo médio de execução de uma unidade habitacional foi de 18,87 dias.

Figura 4.35 – Tempo gasto x Unidade Habitacional



Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

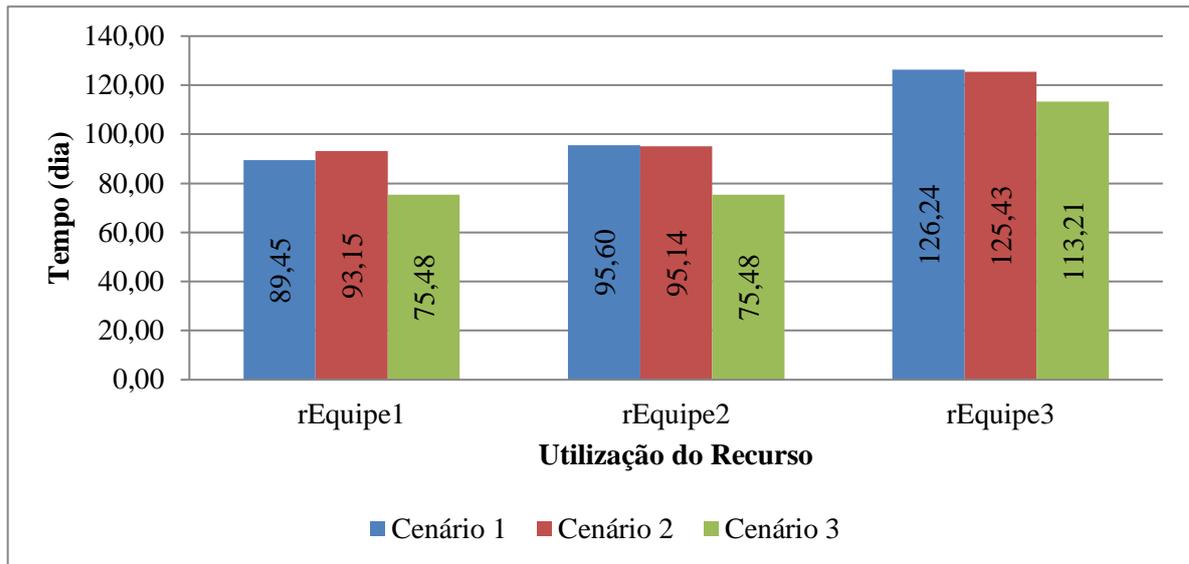
Analisando então as discontinuidades do cenário 1, apresentadas na Figura 4.36, buscou-se perceber a frequência com que elas ocorriam em cada equipe. Na equipe A percebeu-se que dos 198,63 dias de simulação do cenário 1, 55 dias esta equipe esteve executando outras funções, 87,74 dias esteve desenvolvendo os serviços medidos e terminou suas funções 55,89 dias antes do final da simulação.

Figura 4.36 – Descontinuidade do Cenário 1

Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

A equipe B, na mesma simulação, esteve por 74 dias executando outras funções, por 87,85 dias desenvolvendo os serviços medidos e terminou suas funções 36,78 dias antes do final da simulação; enquanto que a equipe C executou outras funções por 73 dias e desenvolveu serviços medidos pelos outros 125,63 dias.

Os tempos de utilização das equipes nos outros dois cenários estão apresentados na Figura 4.37, e é possível visualizar com clareza a falta de balanceamento entre as equipes, discutida anteriormente.

Figura 4.37 – Comparação entre os tempos de utilização das equipes

Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

4.3 CUSTOS DE PRODUÇÃO

4.3.1 CUSTO ATUAL DE PRODUÇÃO

É possível verificar o custo atual de produção a partir da análise do cenário 1 da simulação computacional. Este cenário foi a representação fiel da realidade da obra, e possibilitou que a execução dos serviços em estudo fosse desenvolvida em 3.178,02 horas de trabalho.

Considerando que cada equipe é formada por dois oficiais, e que na obra a carga horária de trabalho é 8 horas diárias, sem considerar as exceções (nas sextas e sábados a carga horária é de 7 horas de trabalho), obtém-se 198,63 dias de trabalho em um ano, ou seja, considerando que um mês contém em média 22 dias úteis, foram gastos 9,03 meses de trabalho no ano.

No cronograma da obra, a empresa planejou executar estes serviços de Junho/2015 a Fevereiro/2016, período com 187 dias úteis ou 8,5 meses de trabalho.

Com os valores do piso salarial para pedreiro e ajudante de pedreiro apresentados pelo SINDUSCON GO, foram calculados os custos de produção mensal das equipes na Tabela 4.11, para que seja estimado o custo meta da obra de acordo com o cronograma.

Tabela 4.11 – Composição do salário por equipe

Equipes	Composição da Equipe	Custo mensal da Equipe
Equipe A	2 oficiais e 2 ajudantes de pedreiro	$2 * 1.485,00 + 2 * 897,60 = 4.765,20$
Equipe B	2 oficiais e 1 ajudante de pedreiro	$2 * 1485,00 + 897,60 = 3.867,60$
Equipe C	2 oficiais e 2 ajudantes de pedreiro	$2 * 1.485,00 + 2 * 897,60 = 4.765,20$

Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

Com isso o custo meta da obra foi calculado considerando o somatório do custo mensal das equipes, sendo 8,5 meses de trabalho a R\$ 13.398,00 por mês, totalizando em CM = R\$ 113.883,00 para a execução dos serviços em estudo.

Para comparar o CM planejado e o custo de produção atual (CP), os dados encontrados na simulação do cenário 1 foram apresentados na Tabela 4.12.

Os cálculos do CP nos cenários foram feitos para cada unidade habitacional, considerando os custos de produção das equipes que a executaram.

Tabela 4.12 – Custo de produção para o cenário 1

Cenário	Unidade Habitacional	Lead time Produção (mês)	Tempo de Ciclo (mês)	Custo Unit por UH (R\$/mês)	Custo Tot por UH (R\$/casa)	Custo da Obra (R\$/cenário)
1	Casa 1	9,03	0,97	3.867,60	3.738,50	105.101,84
	Casa 2		2,34	4.765,20	7.696,07	
	Casa 3		1,13	4.765,20	5.401,46	
	Casa 4		1,67	4.765,20	7.980,36	
	Casa 5		4,28	3.867,60	16.547,18	
	Casa 6		1,65	4.765,20	7.872,06	
	Casa 7		1,53	4.765,20	7.283,18	
	Casa 8		1,42	4.765,20	6.789,06	
	Casa 9		1,23	3.867,60	4.768,58	
	Casa 10		1,53	4.765,20	7.296,71	
	Casa 11		0,84	4.765,20	4.010,48	
	Casa 12		1,35	3.867,60	5.219,06	
	Casa 13		2,00	4.765,20	9.537,17	
	Casa 14		2,30	4.765,20	10.961,19	

Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

Tem-se então, que o custo de produção no cenário 1 foi de CP1 = R\$ 105.101,84, representando 92% no CM planejado para esses serviços. Considerando que $cost\ gap = CP - CM$, temos um $cost\ gap = - R\$ 5.314,87$.

Dessa forma, percebe-se que mesmo com as descontinuidades, é possível executar os serviços planejados.

4.3.2 CUSTO META PARA NOVOS EMPREENDIMENTOS

Porém, considerando que o princípio básico do Custeio Meta é otimizar custos para destinar mais recursos para itens que agregam valor para o consumidor final, na Tabela 4.13 são apresentados os custos de produção para o cenário 2.

Tabela 4.13 – Custo de produção para o cenário 2

Cenário	Unidade Habitacional	Lead time Produção (mês)	Tempo de Ciclo (mês)	Custo Unit por UH (R\$/mês)	Custo Tot por UH (R\$/casa)	Custo da Obra (R\$/cenário)
2	Casa 1	5,71	0,97	3.867,60	3.738,50	64.367,84
	Casa 2		0,89	4.765,20	4.231,27	
	Casa 3		0,95	4.765,20	4.535,06	
	Casa 4		0,99	4.765,20	4.731,36	
	Casa 5		1,32	3.867,60	5.120,18	
	Casa 6		1,20	4.765,20	5.706,06	
	Casa 7		0,94	4.765,20	4.467,38	
	Casa 8		0,74	4.765,20	3.540,06	
	Casa 9		0,91	3.867,60	3.537,98	
	Casa 10		1,21	4.765,20	5.780,51	
	Casa 11		0,84	4.765,20	4.010,48	
	Casa 12		1,26	3.867,60	4.867,46	
	Casa 13		1,09	4.765,20	5.205,17	
	Casa 14		1,03	4.765,20	4.897,92	

Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

Apenas com a exclusão das descontinuidades, o custo de produção no cenário 2 foi de CP2 = R\$ 64.367,84, economizando um total de R\$ 49.245,16 em relação ao cenário 1, e representando um custo 57 % do CM planejado para esses serviços.

Deixar o sistema sem descontinuidades exige organização, planejamento e controle da produção. E acredita-se que, com essa medida, as equipes terão um fator aprendizado real na execução dos serviços, tendendo a diminuir consideravelmente o índice de produtividade de cada uma delas, podendo chegar com mais facilidade aos dados coletados para o cenário 3, visto como o cenário ideal para os serviços medidos.

Na Tabela 4.14, é possível perceber que considerando as mesmas equipes, executando os serviços medidos nas mesmas unidades habitacionais, o tempo diminuiria de 8,5 meses no planejamento de obras, para 5,15 meses. Essa diminuição acarretaria em R\$ 59.733,33 em relação ao CM planejado, o que significa que os recursos atualmente dedicados na execução desses serviços a apenas um empreendimento, seria suficiente para executar dois empreendimentos similares a este.

Tabela 4.14 - Custo de produção para o cenário 3

Cenário	Unidade Habitacional	Lead time Produção (mês)	Tempo de Ciclo (mês)	Custo Unit por UH (R\$/mês)	Custo Tot por UH (R\$/casa)	Custo da Obra (R\$/cenário)
3	Casa 1	5,15	0,86	3.867,60	3.964,89	62.500,38
	Casa 2		0,86	4.765,20	4.616,45	
	Casa 3		0,86	4.765,20	4.616,45	
	Casa 4		0,86	4.765,20	4.616,45	
	Casa 5		0,86	3.867,60	3.964,89	
	Casa 6		0,86	4.765,20	4.616,45	
	Casa 7		0,86	4.765,20	4.616,45	
	Casa 8		0,86	4.765,20	4.616,45	
	Casa 9		0,86	3.867,60	3.964,89	
	Casa 10		0,86	4.765,20	4.735,53	
	Casa 11		0,86	4.765,20	4.735,53	
	Casa 12		0,86	3.867,60	3.964,89	
	Casa 13		0,86	4.765,20	4.735,53	
	Casa 14		0,86	4.765,20	4.735,53	

Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

A partir dos dois últimos cenários analisados, é possível propor um novo custo meta para o desenvolvimento destes serviços na empresa em estudo. O cenário 3 representa um custo de 55% do CM de planejamento da obra, o cenário 2 representa 57% do mesmo CM.

Comprovado o interesse da empresa em diminuir custos, manter o lucro e investir recursos em novos itens de projeto que atraiam mais consumidores desse setor para os seus produtos, é possível propor melhorias. Firmando o compromisso de possibilitar as melhorias necessárias na logística, no planejamento e controle da obra e no treinamento das equipes, um novo custo meta pode ser estimado baseando-se no cenário 2, com um Custo Meta de R\$ 64.367,84, com tempo de produção de 5,7 meses, e analisar depois desta aplicação, as próximas melhorias.

4.4 PROPOSTA DE DIRETRIZES BASEADAS NO CUSTEIO KAIZEN PARA A MELHORIA DOS CICLOS PRODUTIVOS DAS HABITAÇÕES

As diretrizes baseadas no Custeio Kaizen para a melhoria dos ciclos produtivos das habitações podem ser listadas em:

- a) Diagnóstico e Mapeamento do Processo Construtivo
- b) Otimização do Processo Construtivo
- c) Análise das melhorias

4.4.1 DIAGNÓSTICO E MAPEAMENTO DO PROCESSO CONSTRUTIVO

Para entender o processo construtivo de um empreendimento, faz-se necessário o estudo das técnicas e métodos utilizados em canteiro, a definição dos serviços que regem o empreendimento e o entendimento da logística de produção.

De acordo com Bulhões e Picchi (2011) para que essa etapa de diagnóstico seja representativa, precisa ser baseada em dados qualitativos, tais como, visitas em canteiro, entrevistas com o engenheiro da obra e com a equipe técnica, mas também precisa gerar dados quantitativos, com a aplicação de ferramentas para auxiliar a análise do cronograma e informações sobre o processo de planejamento e controle existentes.

Seguindo essa linha, e com o apoio da mentalidade enxuta, que é uma filosofia que possui um casamento perfeito com os conceitos dos Custeios Kaizen e Meta, já que nasceram da necessidade de diminuir as perdas e desperdícios vinculados aos sistemas de produção, o estudo do canteiro foi feito a partir do mapeamento do estado atual de produção, e teve o auxílio dos princípios do MFV e da medição da produtividade da mão de obra.

A partir do entendimento dos ritmos de trabalhos das equipes do canteiro, obtidos por dados históricos e por medição “*in loco*”, e da comparação dos indicadores gerados para cada uma delas, foi possível compreender o estado em que as equipes se encontravam e o quanto poderia ser pedido que elas melhorassem em seu desempenho. Ainda foi analisado a

diminuição dos desperdícios de tempo, também trabalhadas por Ohno (1997), que são atividades que não agregam valor ao processo produtivo.

Na obra em estudo, os serviços de emboço interno, emboço externo e contrapiso foram executados em um ano; considerando apenas a exclusão das discontinuidades, a execução desses serviços poderia ter sido de 6 meses.

Com a diminuição do tempo de execução de um serviço não se melhora apenas o ritmo de trabalho das equipes, mas também existe uma tendência em diminuir as falhas do processo produtivo, já que entra em ação o fator aprendizagem.

4.4.2 OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO CONSTRUTIVO

A construção civil está sedenta por ferramentas que possibilitem as tomadas de decisões mais acertadas e rápidas. Essa otimização de tempo nos processos de decisão também está profundamente ligada à melhoria das ferramentas, facilitando a previsão de gargalos.

Com essa finalidade, a proposição de melhorias foi desenvolvida com a utilização da simulação computacional, o que possibilitou a compreensão das perdas no que diz respeito ao tempo de produção e à logística do canteiro.

Os *programas* de simulação computacional têm ainda muito a oferecer para a construção civil, apesar de possuírem uma maior dificuldade de utilização, sendo necessária a escolha de um *software* a ser estudado, tempo e dedicação para que a ferramenta possa ser compreendida, e utilizada de maneira a trazer os resultados desejados. Foi considerada uma ferramenta de grande ganho para o caso em estudo.

A partir da simulação computacional foi possível gerar cenários que representam o sistema produtivo e analisar parâmetros diversos em um curto espaço de tempo. A ferramenta é muito utilizada nos processos produtivos industriais para auxiliar na tomada de decisão vinculada à aquisição de novos maquinários, na contratação de novos funcionários, ou seja, decisões gerenciais.

4.4.3 ANÁLISE DAS MELHORIAS

Com os resultados da simulação em mãos, foi possível analisar os benefícios obtidos com a utilização de cada cenário e priorizou-se os custos e os tempos como forma de medir essas melhorias e gerar análises.

Esta pesquisa foi desenvolvida durante a execução do empreendimento e as melhorias nesse processo fazem parte do Custeio Kaizen, porém, foi necessário estimar os custos planejados para os serviços em estudo, nesta etapa, utilizou-se as bases do PDP e os princípios do Custeio Meta.

Definida a produtividade das equipes, foi possível calcular o custo atual de produção, ligado à etapa 12 do modelo de Jacomit (2010). A partir do terceiro princípio do Custeio Meta, que de acordo com Monden (1995) é a determinação dos custos na fase de projeto, foi estimado para que fossem comparados os custos de produção com os custos planejados, denominado Custo Meta. Estimou-se os custos dos serviços em estudo com o auxílio dos seguintes documentos: projeto arquitetônico, orçamento dos serviços em estudo e cronograma da obra.

Por ser uma empresa de pequeno porte, os empresários detêm todas as etapas do processo construtivo, sendo responsáveis pela escolha da localização do empreendimento, desenvolvimento dos projetos de arquitetura e engenharia, composição dos custos de obra e dos custos dos atributos que compõem o diferencial do empreendimento, execução e venda.

Dessa forma a empresa em estudo também é a única interessada em otimizar custos, para aumentar lucros, diminuir preço de venda, investir em atributos que representem valor para seus clientes e melhorar sua prospecção no mercado regional.

Para que o custeio kaizen seja aplicado com eficiência, é interessante que as intervenções exerçam influência nas atividades que compõem o caminho crítico do empreendimento, possibilitando que os processos sejam melhorados, mas também que o tempo total de execução seja otimizado.

Na obra em estudo, os serviços medidos fazem parte do caminho crítico, e sua otimização pode levar a inúmeros ganhos no decorrer do processo construtivo, inclusive auxiliar na diminuição do tempo total de execução da obra, que gera redução de custo do empreendimento.

CAPÍTULO 5

CONCLUSÕES

No decorrer deste capítulo são apresentadas as principais conclusões obtidas com o desenvolvimento deste trabalho e as recomendações para trabalhos futuros.

5.1 CONCLUSÕES

Na dissertação realizada teve-se como objetivo geral propor diretrizes baseadas no Custeio Kaizen para a melhoria do ciclo produtivo das habitações, tendo como caso foco do estudo um empreendimento de engenharia composto por unidades de habitação unifamiliar de dois pavimentos.

Para dar início à pesquisa e verificar as lacunas do conhecimento, foi feito um mapeamento sistematizado da literatura relacionando os temas Custeio Kaizen e Mentalidade Enxuta, no âmbito da construção civil, e percebeu-se que as pesquisas neste nicho de estudo são recentes e estão em consolidação, com destaque para os Estados Unidos e Brasil quanto à distribuição do percentual de publicações, que juntos somam cerca de 65% do total. Estas ainda são em maior número em eventos científicos da área (65%), comparativamente aos periódicos especializados, porém ambos com publicações recentes.

Neste mapeamento, pôde-se observar que o estudo de caso corresponde a cerca de 60% das estratégias de pesquisa utilizadas.

Foram propostas quatro categorias de trabalhos: Processo de Desenvolvimento do Produto, Processo de Projeto, Estudo de Contrato e Estudo de Custo. A abordagem mais evidenciada nos trabalhos analisados foi o Estudo de Custo, que representa cerca de 41% do total, seguido pelos trabalhos que abordaram os temas no Processo de Projeto com cerca de 29%.

A pesquisa proposta encontra-se delimitada pelos temas Custeio Meta, Custeio Kaizen e Mentalidade Enxuta com enfoque em habitações. Ao permitir uma visão ampla do panorama

internacional das publicações no tema, o mapeamento sistematizado da literatura concluiu pela escassez de pesquisas dentro desta delimitação temática, evidenciando o nicho a ser pesquisado. Portanto, a presente pesquisa buscou apoiar para a minimização desta lacuna do conhecimento.

Para auxiliar o desenvolvimento da pesquisa foram propostos três objetivos específicos, o primeiro foi relacionado à proposição de indicadores de produtividade viável para as equipes que desenvolveram os serviços medidos, o segundo se refere à otimização dos processos por meio da simulação computacional e, por fim, o terceiro se refere à comparação dos cenários simulados e a definição de seus custos de produção.

Com a determinação das RUP pot_{of} atual e viável foi possível conceber um diagnóstico do trabalho das equipes e verificar os serviços que estão mais distantes da produtividade viável para cada equipe, buscando intervir e auxiliar na otimização dos mesmos. Para essa finalidade, treinamentos da equipe de trabalho podem ser desenvolvidos, tendo por base os resultados gerados pela pesquisa.

Dentre as equipes estudadas, a intitulada equipe C obteve a RUP pot_{of} atual \leq RUP pot_{of} viável para quatro dos oito serviços medidos. Isto evidencia a diferença de potencial entre as equipes, cujos serviços e condições logísticas de canteiro eram idênticas.

Percebeu-se que o cronograma de obra, para execução dos serviços medidos, foi muito impactado, sendo que o planejamento era desenvolver os serviços medidos em 9 meses de trabalho, e na realidade durou mais 12 meses, de agosto de 2015 a agosto de 2016.

Ficou comprovado que os atrasos na produção foram ocasionados pelas discontinuidades na execução dos serviços, que apesar de terem demorado um ano para serem concluídos, quando contabilizados os dias de trabalho efetivo, passa a ser 9 meses. E quando retiradas as discontinuidades, percebe-se que podem ser executados em menos de 6 meses, se as três equipes trabalharem em simultaneidade.

Outro fator que poderia auxiliar na diminuição dos tempos de execução dos serviços, seria o melhor balanceamento do trabalho entre as equipes, já que a equipe C atuou na execução de 6 casas enquanto as demais equipes, na execução de 4 casas. Isso poderia ter diminuído em 33 dias a execução dos serviços no cenário 1, 20 dias no cenário 2 e 18,87 no cenário 3.

Quando foram calculados os custos de produção (CP) por cenário, percebeu-se que o Custo Meta (CM) da empresa para a execução destes serviços suportou inclusive as descontinuidades sem ser alcançado, ficando com um *cost gap* = - R\$ 5.314,87.

Os custos de produção nos cenários simulados representaram 95, 57 e 48 % do valor definido como Custo Meta dos serviços e, com isso, a otimização dos tempos de produtividade das equipes pode permitir que sejam gastos menos da metade dos recursos que foram estimados, comprovando assim a importância do impacto do estudo dos tempos de produção nas análises dos custos.

O estudo da produtividade permite entender o quanto pode ser cobrado das equipes de trabalho, e onde focar esforços para otimizar o tempo de produção.

A simulação computacional permite a comparação de cenários diversos em curto intervalo de tempo, auxiliando na proposição de cenários futuros que realmente otimizem o estado atual.

O estudo detalhado do custo de produção por etapa de serviço amplia a percepção do gestor a respeito dos reais gargalos de sua construção, possibilitando decisões mais acertadas para melhoria dos ciclos produtivos.

5.2 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Para estudos posteriores, seguem algumas sugestões de continuidade deste trabalho:

- Realizar treinamento com a equipe de obra para a execução dos serviços de emboço interno, emboço externo e contrapiso, traçar metas para execução de cada serviço, compatíveis com os dados coletados com as produtividades viáveis, e medir a melhoria obtida.
- Realizar medições de produtividade atual e viável para outros serviços e entre obras distintas, permitindo ampliar a amostra de dados para novos estudos estatísticos.
- Aplicar ferramentas da mentalidade enxuta que facilitem a criação de fluxo contínuo, como por exemplo a linha de balanço e associação com outras ferramentas de apoio ao planejamento como o BIM 4D.

- Colocar em prática outros recortes do modelo de Jacomit (2010) para a implantação do Custeio Meta.
- Aplicar ciclos de custeio kaizen no processo produtivo da construção.

REFERÊNCIAS

- ANSARI, S.; BELL, J.; *The CAM-I Target Costing Group. Target costing – the next frontier in strategic cost management*. Chicago: Irwin, 1997.
- ARAÚJO, L.O.C. **Método para a previsão e controle da produtividade da mão de obra na execução de fôrmas, armação, concretagem e alvenaria**. 2000. 385 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.
- ARAÚJO, A. V.; VIVAN, A. L.; ORTIZ, F. A. H.; PALIARI, J. C. Análise de canteiros de obras com o uso de simulação computacional e mapeamento de fluxo. *In: Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção/ Encontro Latino Americano de Gestão e Economia da Construção (SIBRAGEC/ ELAGEC)*, 2015, São Carlos. **Anais...** São Carlos: 2015. 9/6.
- BALLARD, G.; REISER, P. *The St. Olaf College Fieldhouse Project: a case study in designing to target cost*. *In: 12th CONFERENCE ON LEAN CONSTRUCTION*, 2004. **Proceedings...** Elsinore, Dinamarca: IGCL, 2004. Documento eletrônico <<http://www.iglc.net/Papers/Details/325>>. Acesso em 15/10/2015.
- BALLARD, G. *Rethinking Project Definition in Terms of Target Costing*. *In: 14th CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION*, 2006. **Proceedings...** Santiago, Chile: IGCL, 2006. p. 77-89.
- BERNARDES, M. M. S. **Desenvolvimento de um modelo de planejamento e controle da produção para micro e pequenas empresas de construção**. 2001. 310p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRS), Porto Alegre, 2001.
- BULHÕES, I. R. **Diretrizes para implantação de fluxo contínuo na construção civil: uma abordagem baseada na Mentalidade Enxuta**. 2009. 360p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Campinas, 2009.
- BULHÕES, I. R.; PICCHI, F. A. Diretrizes para implantação de fluxo em obras de edificações. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 11, n. 4, p. 205-223, out./dez. 2011.
- BUENO, R. F.; BRANDSTETTER, M. C. G. O. Mapeamento sistematizado da literatura com base no custeio meta e custeio kaizen no âmbito das habitações. *In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO*, 16., 2016, São Paulo. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2016.
- CAMPAGNOLO, R. R. **Proposta de uma sistemática para redução de custos apoiada a metodologia de Custo-Alvo: um caso do setor hoteleiro**. 2008. 146p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRS), Porto Alegre, 2008.
- CÂNDIDO, L. F.; BARRETO, J. M. L.; BARROS NETO, J. P. Análise da produção científica relacionada ao Custeio Meta (*target costing*) na construção civil nos últimos 5 anos (2009-2013). *In: Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído (ENTAC)*, 2014, Maceió. **Anais...** Maceió: 2014. 10.
- COELHO, H. O. **Diretrizes e requisitos para o planejamento e controle da produção em nível de médio prazo na construção civil**. 2003. 134 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRS), Porto Alegre, 2003.
- COGAN, S. **Custos e preços: formação e análise**. 1ed. São Paulo: Editora Pioneira, 1999. 157 p.
- COOKINS, G. *Integrating Target Costing & ACB*. *Journal of Cost Management*, p. 13-22, jul./ago. 2002.

- COOPER, R.; SLAGMULDER, R. *Target Costing and Value Engineering*. Portland, USA: Productivity Press, 1997. 379 p.
- COOPER, R.; SLAGMULDER, R. *Supply chain development for the lean enterprise: international cost management*. 2ed. Portland, Oregon: Productivity Press, 1999. 510 p.
- COOPER, R.; SLAGMULDER, R. Definir preço com rentabilidade. **HSM Management**, São Paulo, n.18, p. 37-45, jan/fev. 2000.
- COSTA, C. H. A.; STAUT, S. L. S.; ILHA, M. S. O. Projeto de Sistemas Prediais Hidráulicos Sanitários com BIM: Mapeamento da literatura. In: Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído (ENTAC), 2014, Maceió. **Anais...** Maceió: 2014. 15.
- FALCÃO, T.F. **Diretrizes estratégicas para melhoria da eficiência logística em um canteiro de obra para execução de alvenarias e revestimentos de argamassa: 2010**. 143p. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil – Universidade Federal de Goiás - UFG Goiânia, 2010.
- FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. **Déficit Habitacional no Brasil 2011-2012**. Belo Horizonte, 2015, 128 p.
- GALLARDO, C. A. S. **Princípios e ferramentas do Lean Thinking na estabilização básica: diretrizes para implantação no processo de fabricação de telhas de concreto pré fabricadas**. 2007. 129p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Campinas, 2007.
- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5 ed. São Paulo: Atlas, 2010.
- GONZÁLEZ, P.; GONZÁLEZ, V.; MOLENAAR, K.; OROZCO, F. Analysis of causes of delay and time performance in construction projects. *Journal of Construction Engineering and Management*, v. 140, n. 1, 2014, 9p,
- GRANJA, A.; PICCHI, F. A. D.; ROBERT, G. R. T. Gestão de custos na construção civil sob um enfoque de processos Target e Kaizen Costing. In: Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da construção (SIBRAGEC), IV, 2005, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: 2005.
- GRANJA, A. D.; JACOMIT, A. M.; GUADANHIM, S. J.; HIROTA, E. H. o custeio-meta para p desenvolvimento de habitações de interesse social: diretrizes a partir de comparação de duas modalidades de provisão. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 11, n. 1, p. 53-66, jan./mar. 2011.
- GUADANHIM, S. J.; HIROTA, E. H.; LEAL, J. G. Análise da aplicabilidade do Custeio-Meta na etapa de concepção de empreendimentos habitacionais de interesse social. **Ambientet Construído**, Porto Alegre, v. 11, n. 2, p. 39-56, abr./jun. 2011.
- HANSEN, J. E.; TEIXEIRA, F. S. O processo do target costing no auxílio à sobrevivência empresarial: Estudo de caso da Damasco Ltda. In: SEMINÁRIO USP DE CONTABILIDADE, 1, 2001, São Paulo, SP. **Anais...**São Paulo, SP, 2001.
- ISHIWARA, A. **Uma visão do modelo japonês de produtividade**. Tradução de Motoko Tomita Yeboles. Instituto Brasileiro de Qualidade e Produtividade no Paraná, 1996.
- JACOMIT, A. M. **Modelo para incorporação do Custeio-Meta ao processo de desenvolvimento de produtos em edificações**. 2010. 311p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Campinas, 2010.
- KATO, Y. *Target costing support systems: lessons from leading Japanese companies*. **Management Accounting Research**, vol.4, n.4, p.33-47, 1993.
- KELTON, W. D.; SADOWSKI, R. P.; STURROCK, D. T. *Simulation with Arena*. 3rded. New York: McGraw-Hill, 2004.
- KOSKELA, L. *Application of the new production philosophy to construction*. **Relatório técnico número 72**. CIFE, Standford University, 1992, 81 p.

- KOSKELA, L. *Lean production in construction*. In: *VIT Building Technology*. 1993, Espoo, Finland. **Proceedings**. Espoo, Finland: 1993. 9 p.
- KOSKELA, L. *An exploration towards a production theory and its application to construction*. 2000. Tese (Doutorado) – Helsinki University of Technology. Finland, 2000.
- LEAN ENTERPRISE INSTITUTE. **Léxico Lean**: Glossário ilustrado para praticantes do pensamento Lean. 1ed. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2003. 98 p.
- LIBRAIS, C. F. **Método prático para estudo da produtividade da mão de obra no serviço de revestimento interno de paredes e pisos com placas cerâmicas**. 2001. 126p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica – Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, 2001.
- LOBÃO, E. C.; PORTO, A. J. V. Evolução das técnicas de simulação. **Produção**, v. 9, n. 1, p. 13 – 22, São Carlos, 1999.
- MAEDA, F. M. **Produtividade da mão-de-obra nos serviços de revestimento de paredes e tetos em argamassa e em gesso**. 2002. ?p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica – Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, 2002.
- MAROUKA, L. M. A.; SOUZA, U. E. L. Avaliação da produtividade da mão de obra na produção de contrapiso: um estudo de caso. In: 1º Simpósio Brasileiro de Gestão da Qualidade e Organização do Trabalho (SIBRAGEQ), 1997, Recife. **Anais...** Recife: 1999.
- MARTINEZ, J. **STROBOSCOPE: State and Resource Based Simulation of Construction Processes**. 1996. Ph.D.Dissertation – Department of Civil and Environmental Engineering, University of Michigan, Ann Arbor, 1996.
- MELO, R. S. S.; GRANJA, A. D.; BALLARD, G. *Collaboration to extend target costing to non-multi-party contracted projects: evidence from literature*. In: 21th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 2013, Fortaleza, Brazil. **Proceedings...** Fortaleza, Brazil. 2013.
- MILES, L. D. **Techniques of value analysis and engineering**. 3. Ed. Eleanor Miles Walker, 1989.
- MONDEN, Y.; HAMADA, K. *Target costing and kaizen costing in Japanese automobile companies*. **Journal of Management Accounting Research**, v 4, p. 16-34. 1991.
- MONDEN, Y. **Target Costing and Kaizen Costing**, Portland, Oregon, USA: Productivity Press, 1995, 373 p.
- MONDEN, Y. **Toyota production system: an integrated approach to just-in-time**. 3 ed. Norcross, Georgia, USA: Engineering & Management Press, 1998, 480 p.
- MONDEN, Y. **Sistemas de redução de custos: custo alvo e custo kaizen**. Porto Alegre: Bookman, 1999.
- MOREIRA, S. P. S. **Aplicação das ferramentas Lean. Caso de estudo**. 2011. 113 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Instituto Superior de Engenharia de Lisboa (ISEL), Lisboa, 2011.
- NICOLINI, D.; TOMKINS, C.; HOLTI, R.; OLDMAN, A.; SMALLEY, M. *Can target costing and whole life costing be applied in the construction industry? Evidence from two case studies*. **British Journal of Management**, London, v. 11, n. 4, p. 303–324, 2000.
- OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala**. Porto Alegre: Brookman, 1997. 149 p.
- OLIVEIRA; R. B. M.; CORRÊA, V. A.; NUNES, L. E. N. P. Uso da simulação computacional com o mapeamento do fluxo de valor para auxiliar na tomada de decisão. **Exacta**, São Paulo, v. 11, n. 1, p. 47–57, 2013.

- PACHECO, Gabriela CR; CAMPOS, Marcus AS. Economic feasibility of rainwater harvesting systems: a systematic literature review. **Journal of Water Supply: Research and Technology-Aqua**, v. 66, n. 1, p. 1-14, 2017.
- PACHECO, M. F. **Proposições se ações baseadas no Custeio Meta para a melhoria das habitações de interesse social: enfoque no valor para o cliente**. 2015. 127f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Goiás (UFG), Goiânia, 2014.
- PALIARI, J. C. **Método para diagnóstico da produtividade da mão de obra e consumo unitário de materiais: sistemas prediais hidráulicos**. 2008. v 1. Tese (Doutorado em Engenharia). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, 2008.
- PEGDEN, C. D.; SHANNON, R. E.; SADOWSKY, R. P. **Introduction to simulation using SIMAN**. 2 ed. Nova York: McGraw-Hill, 1995.
- PICCHI, F. A. **Sistemas da Qualidade: uso em empresas de construção de edifícios**. 1993. 462f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, 1993.
- PINTO, E. B. **Despacho de caminhões em mineração usando lógica nebulosa, visando ao atendimento simultâneo de políticas excludentes**. 2007. Dissertação (Mestrado Engenharia de Produção). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.
- PRADO, R. L. **Aplicação e acompanhamento da programação de obras em edifícios de múltiplos pavimentos utilizando a técnica da linha de balanço**. 2002. 140 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, 2002.
- QUEIROZ, F. A. de; TRAMONTANO, M. Apartamentos paulistanos: um olhar sobre a produção privada recente. **Ambiente Construído** (Online), vol. 9, n. 2, 2009.
- ROBERT, G. T. **Implantação de um sistema de gerenciamento de custos em obras comerciais por meio da aplicação dos conceitos de target-costing**. 2007. 101f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Campinas, 2007.
- ROTHER, M.; HARRIS, R. **Criando fluxo contínuo: um guia de ação para gerentes, engenheiros e associados da produção**. 1 ed. São Paulo, Brasil: Lean Institute Brasil, 2002. 103 p.
- ROTHER, M.; SHOOK, J. **Aprendendo a enxergar: mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício**. 1 ed. São Paulo, Brasil: Lean Institute Brasil, 1999.
- RUIZ, J. A; GRANJA, A. D. Um mapeamento sistemático da literatura sobre a relação entre valor e colaboração na construção civil. *In: 8º Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção, Inovação e Sustentabilidade (SIBRAGEC)*, 2013, Salvador. **Anais...** Salvador: 2013.
- SANTOS, A.; FORMOSO, C. T.; ISATTO, E. L.; LANTELME, E. **Método de intervenção para redução de perdas na construção civil**. Porto Alegre: SEBRAE/RS, 1996. 104 p.
- SCARPIN, J. E. **Target Costing e sua utilização como mecanismo de formação de preço 'de venda para novos produtos**. 2000. 173f. Dissertação (Mestrado em Contabilidade e Controladoria). Universidade Norte do Paraná (UNOPAR), Londrina, 2000.
- SHINGO, S. **O Sistema Toyota de Produção**. 2 ed. Porto Alegre: Bookman, 1996. 291 p.
- SILVA, L. L. R. **Método de intervenção para a melhoria da eficiência na execução de revestimentos de argamassa de fachada**. 2002. 222f. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, 2002.
- SOARES, A. C. **Diretrizes para a manutenção e aperfeiçoamento do processo de planejamento e controle da produção em empresas construtoras**. 2003. 139f. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRS), Porto Alegre, 2003.

- SOUZA, U. E. L. **Metodologia para o estudo da produtividade da mão de obra no serviço de fôrmas para estrutura de concreto armado**. 1996. 280 f. Tese (Doutorado em Engenharia). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, 1996.
- SOUZA, U. E. L. **Método para a previsão da produtividade da mão de obra e do consumo unitário de materiais para os serviços de formas, armação, concretagem, alvenaria, revestimentos com argamassa, contrapiso, revestimentos com gesso e revestimentos cerâmicos**. 2001. 280 f. Tese (Livre Docência). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, 2001.
- SOUZA, U. E. L. **Como aumentar a eficiência da mão de obra: Manual de Gestão da Produtividade na Construção Civil**. 1. Ed. São Paulo: Editora Pini, 2006, 122 p.
- THE BUSINESS ROUNDTABLE. *More construction for Money*, New York, 1983. 107p. Disponível em <<http://www.ce.berkeley.edu/~tommelein/BRTMoreConstructionForTheMoney.pdf>>. Acesso em: Agosto 2015.
- THOMAS, H. R.; YIAKOUMIS, I. Factor model of construction productivity. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 113, n. 4, p. 623-638, 1987.
- TRIPP, D. **Pesquisa-ação**: uma introdução metodológica. Tradução de Lólio Lourenço de Oliveira. In: 31th EDUCAÇÃO E PESQUISA, 2005, São Paulo, Brasil, v. 31, n. 3, p. 443-466. Original em inglês.
- TRZCINSKI, C.; WERNER, L. Elementos importantes na avaliação dos planos locais de habitação de interesse social. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, Taubaté – SP, v.9, n. 1, p. 236-261, jan-mar/2013.
- WOMACK, J. P.; JONES, D. T; ROSS, D. **A máquina que mudou o mundo**. Rio de Janeiro: Campus, 1992. 347p.
- WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **A mentalidade enxuta nas empresas**: elimine desperdícios e crie riqueza. Tradução Ana Beatriz Rodrigues e Priscila Martins Celeste. 5. Ed. Rio de Janeiro: campus, 1996.
- YIN, R. K. **Estudo de caso**: planejamento e métodos. 3 ed. Porto Alegre: Bookman, 2005. 212p.
- YOOK, K.; KIM, I.; YOSHIKAWA, T. *Target costing in the construction industry: evidence from Japan. Construction Accounting & Taxation*. p5. 2005

BIBLIOGRAFIA

- COOPER, R; CHEW, W. B. Control tomorrow's costs through today's designs. **Harvard Business Review**, v. 74 n. 1, p. 88-9, jan./feb. 1996.
- EWERT, R; ERNST, C. Target costing, coordination and strategic cost management. **European Accounting Review**, n. 8, p. 23-49, 1999.
- FEIL, P.; YOOK, K.; KIM, I. Japanese target costing: a historical perspective. **International Journal of Strategic Cost Management**. Vol 11, 2004.
- GRANJA, A. D; JACOMIT, A. M. Análise crítica da aplicação do custeio-meta no desenvolvimento de empreendimentos de habitação de interesse social. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 10, n. 1, p. 143-162, jan./mar. 2010.
- GRANJA, A. D; JACOMIT, A. M.; GUADANHIM, S. J.; HIROTA, E. H.O Custeio-Meta para o Desenvolvimento de Habitações de Interesse Social: diretrizes a partir da comparação de duas modalidades de provisão. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 11, n. 1, p. 53-66, jan./mar. 2011.
- GRANJA, A. D.; KOWALTOWSKI, D. C. C. K.; PINA, S. A. M. G.; FONTANINIP. S. P.; BARROS, L.; DE PAOLI, D. JACOMIT, A. M.; MAÇANS, R. M. R. .A Natureza do valor Desejado na Habitação Social. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 9, n. 2, p. 87-103, abr./jun. 2009.
- JACOMIT, A. M.; GRANJA, A. D. Diagnóstico de Pesquisas Sobre *Target Costing* (Custeio-Meta) na Construção Civil: lacunas de conhecimento e oportunidades de pesquisa. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 12. 2008. **Anais...** São Paulo: ANTAC, 2008. 12 p. 1 CD-ROM.
- ROCHA, I; WIENHAGE, P.; SCARPIN, J. E. **Investigação da produção científica relacionada ao Custeio Meta e o custeio kaizen no período de 2002 a 2009**. ConTexto, Porto alegre, vol. 10, n.18, p.75-86, 2010.
- RUIZ, J. A. **Engenharia de valor na construção de edifícios: simulação de aplicações**. 2011. 133f. Dissertação (Mestrado e Engenharia Civil). Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Campinas, 2011.
- TANI, T. *et al.* Target cost management in Japanese companies: current state of the art. **Management Accounting Reaserch**, vol.5, n.4, p.67-81, 1994.

APÊNDICE – CÁLCULOS INICIAIS DAS REGRESSÕES LINEARES

Seguem as ilustrações dos cálculos iniciais das regressões lineares para:

- Emboço Externo

RESUMO DOS RESULTADOS								
<i>Estadística de regressão</i>								
R múltiplo	0,19054686							
R-Quadrado	0,036308106							
R-quadrado ajustado	0,006656048							
Erro padrão	0,069813957							
Observações	68							
ANOVA								
	<i>gl</i>	<i>SQ</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F de significação</i>			
Regressão	2	0,011936122	0,005968061	1,224471693	0,300601881			
Resíduo	65	0,316809257	0,004873989					
Total	67	0,328745379						
	<i>Coefficientes</i>	<i>Erro padrão</i>	<i>Stat t</i>	<i>valor-P</i>	<i>95% inferiores</i>	<i>95% superiores</i>	<i>Inferior 95,0%</i>	<i>Superior 95,0%</i>
Interseção	0,253408971	0,042072698	6,023121516	8,83586E-08	0,169383992	0,337433951	0,169383992	0,337433951
Per/a (m/m ²)	0,03658541	0,025147416	1,454837711	0,150526605	-0,013637449	0,086808269	-0,013637449	0,086808269
aj/of	0,01490403	0,025773241	0,578275336	0,565076474	-0,036568688	0,066376747	-0,036568688	0,066376747

RESUMO DOS RESULTADOS								
<i>Estadística de regressão</i>								
R múltiplo	0,143380572							
R-Quadrado	0,020557989							
R-quadrado ajustado	-0,025353356							
Erro padrão	0,070929877							
Observações	68							
ANOVA								
	<i>gl</i>	<i>SQ</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F de significação</i>			
Regressão	3	0,006758344	0,002252781	0,447775792	0,719722342			
Resíduo	64	0,321987035	0,005031047					
Total	67	0,328745379						
	<i>Coefficientes</i>	<i>Erro padrão</i>	<i>Stat t</i>	<i>valor-P</i>	<i>95% inferiores</i>	<i>95% superiores</i>	<i>Inferior 95,0%</i>	<i>Superior 95,0%</i>
Interseção	0,270983666	0,045889458	5,905139846	1,4713E-07	0,179308936	0,362658397	0,179308936	0,362658397
Mud (m/m ²)	0,019763281	0,175697381	0,112484778	0,910791113	-0,331232587	0,370759149	-0,331232587	0,370759149
Per/a (m/m ²)	0,021375318	0,046516542	0,459520786	0,647417362	-0,071552157	0,114302793	-0,071552157	0,114302793
aj/of	0,014773837	0,026232066	0,56319761	0,575268232	-0,037630739	0,067178413	-0,037630739	0,067178413

RESUMO DOS RESULTADOS								
Estatística de regressão								
R múltiplo	0,956148462							
R-Quadrado	0,914219881							
R-quadrado ajustado	0,908773524							
Erro padrão	0,021156941							
Observações	68							
ANOVA								
	gl	SQ	MQ	F	F de significação			
Regressão	4	0,300545561	0,07513639	167,8589781	7,5139E-33			
Resíduo	63	0,028199818	0,000447616					
Total	67	0,328745379						
	Coeficientes	Erro padrão	Stat t	valor-P	95% inferiores	95% superiores	Inferior 95,0%	Superior 95,0%
Interseção	0,609390405	0,019022106	32,03590684	1,05236E-40	0,57137776	0,64740305	0,57137776	0,64740305
Mud (m/m ²)	0,08125517	0,052461895	1,548841673	0,126429009	-0,023581563	0,186091903	-0,023581563	0,186091903
Per/a (m/m ²)	-0,008077572	0,013922486	-0,580181734	0,563861487	-0,035899441	0,019744297	-0,035899441	0,019744297
aj/of	-0,011996084	0,007893956	-1,519654312	0,133600972	-0,027770896	0,003778728	-0,027770896	0,003778728
Área/of	-0,093148342	0,003635897	-25,61908248	5,07761E-35	-0,100414103	-0,085882582	-0,100414103	-0,085882582

RESUMO DOS RESULTADOS								
Estatística de regressão								
R múltiplo	0,131629981							
R-Quadrado	0,017326452							
R-quadrado ajustado	-0,012909657							
Erro padrão	0,07049816							
Observações	68							
ANOVA								
	gl	SQ	MQ	F	F de significação			
Regressão	2	0,005695991	0,002847996	0,573038411	0,56663205			
Resíduo	65	0,323049388	0,004969991					
Total	67	0,328745379						
	Coeficientes	Erro padrão	Stat t	valor-P	95% inferiores	95% superiores	Inferior 95,0%	Superior 95,0%
Interseção	0,286710675	0,030383614	9,436358457	8,49902E-14	0,226030407	0,347390943	0,226030407	0,347390943
Mud (m/m ²)	0,087137946	0,096221499	0,905597465	0,368493618	-0,105029658	0,279305549	-0,105029658	0,279305549
aj/of	0,015432095	0,0260335	0,592778345	0,5553863	-0,036560394	0,067424584	-0,036560394	0,067424584

RESUMO DOS RESULTADOS								
Estatística de regressão								
R múltiplo	0,125314638							
R-Quadrado	0,015703758							
R-quadrado ajustado	-0,01458228							
Erro padrão	0,070556343							
Observações	68							
ANOVA								
	gl	SQ	MQ	F	F de significação			
Regressão	2	0,005162538	0,002581269	0,518514779	0,59784606			
Resíduo	65	0,323582841	0,004978198					
Total	67	0,328745379						
	Coeficientes	Erro padrão	Stat t	valor-P	95% inferiores	95% superiores	Inferior 95,0%	Superior 95,0%
Interseção	0,280751365	0,042262171	6,643089106	7,37475E-09	0,196347982	0,365154748	0,196347982	0,365154748
Mud (m/m ²)	0,013930831	0,174468259	0,079847367	0,936603979	-0,334506343	0,362368006	-0,334506343	0,362368006
Per/a (m/m ²)	0,022805946	0,046202531	0,49360816	0,623246722	-0,069466879	0,115078772	-0,069466879	0,115078772

RESUMO DOS RESULTADOS								
<i>Estadística de regressão</i>								
R múltiplo	0,10961							
R-Quadrado	0,012014							
R-quadrado ajustado	-0,01839							
Erro padrão	0,071174							
Observações	68							
ANOVA								
	<i>gl</i>	<i>SQ</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F de significação</i>			
Regressão	2	0,004004069	0,002002034	0,395215896	0,675142032			
Resíduo	65	0,329268708	0,005065672					
Total	67	0,333272777						
	<i>Coefficiente</i>	<i>Erro padrão</i>	<i>Stat t</i>	<i>valor-P</i>	<i>95% inferiores</i>	<i>95% superiores</i>	<i>Inferior 95,0%</i>	<i>Superior 95,0%</i>
Interseção	0,3009	0,023836408	12,62356535	3,80016E-19	0,253295861	0,348505049	0,253295861	0,348505049
Mud (m/m ²)	0,07789	0,097114614	0,802044763	0,425449677	-0,11606101	0,271841546	-0,11606101	0,271841546
Espessura	0	0	65535	#NÚM!	0	0	0	0

- Emboço Interno

RESUMO DOS RESULTADOS								
<i>Estadística de regressão</i>								
R múltiplo	0,210758687							
R-Quadrado	0,044419224							
R-quadrado ajustado	0,015894425							
Erro padrão	0,082885002							
Observações	70							
ANOVA								
	<i>gl</i>	<i>SQ</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F de significação</i>			
Regressão	2	0,021395886	0,010697943	1,557214252	0,218251904			
Resíduo	67	0,460284882	0,006869924					
Total	69	0,481680768						
	<i>Coefficientes</i>	<i>Erro padrão</i>	<i>Stat t</i>	<i>valor-P</i>	<i>95% inferiores</i>	<i>95% superiores</i>	<i>Inferior 95,0%</i>	<i>Superior 95,0%</i>
Interseção	0,516074784	0,05558781	9,283956045	1,18991E-13	0,405121051	0,627028517	0,405121051	0,627028517
Áreacarac (m ²)	-0,011867344	0,007169031	-1,655362426	0,102528121	-0,026176789	0,002442101	-0,026176789	0,002442101
Exquina (m/m ²)	-0,134446835	0,281057818	-0,47836006	0,633951229	-0,695440587	0,426546918	-0,695440587	0,426546918

RESUMO DOS RESULTADOS								
<i>Estadística de regressão</i>								
R múltiplo	0,211321581							
R-Quadrado	0,044656811							
R-quadrado ajustado	0,00123212							
Erro padrão	0,083500176							
Observações	70							
ANOVA								
	<i>gl</i>	<i>SQ</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F de significação</i>			
Regressão	3	0,021510327	0,007170109	1,028373728	0,385834002			
Resíduo	66	0,460170441	0,006972279					
Total	69	0,481680768						
	<i>Coefficientes</i>	<i>Erro padrão</i>	<i>Stat t</i>	<i>valor-P</i>	<i>95% inferiores</i>	<i>95% superiores</i>	<i>Inferior 95,0%</i>	<i>Superior 95,0%</i>
Interseção	0,516074784	0,056000383	9,215558031	1,80401E-13	0,404266411	0,627883157	0,404266411	0,627883157
Soma	0	0	65535	#NÚM!	0	0	0	0
Áreacarac (m ²)	-0,011867344	0,007222239	-1,643166816	#NÚM!	-0,02628701	0,002552322	-0,02628701	0,002552322
Exquina (m/m ²)	-0,134446835	0,283143833	-0,474835821	0,636471517	-0,699761737	0,430868068	-0,699761737	0,430868068

RESUMO DOS RESULTADOS								
Estatística de regressão								
R múltiplo	0,216427831							
R-Quadrado	0,046841006							
R-quadrado ajustado	-0,011814932							
Erro padrão	0,084043794							
Observações	70							
ANOVA								
	gl	SQ	MQ	F	F de significação			
Regressão	4	0,022562412	0,005640603	0,798572	0,530488838			
Resíduo	65	0,459118356	0,007063359					
Total	69	0,481680768						
	Coefficientes	Erro padrão	Stat t	valor-P	95% inferiores	95% superiores	Inferior 95,0%	Superior 95,0%
Interseção	0,404627083	0,306641587	1,319544052	0,191616	-0,207778456	1,017032621	-0,207778456	1,017032621
Áreacarac (m ²)	-0,009132772	0,010552036	-0,865498578	0,389948	-0,030206643	0,011941099	-0,030206643	0,011941099
Exquina (m/m ²)	-0,237548808	0,411634327	-0,577086974	0,565874	-1,059639326	0,58454171	-1,059639326	0,58454171
Aj/of	0,00750962	0,031939516	0,235120035	0,814855	-0,056277997	0,071297237	-0,056277997	0,071297237
Per/a	0,070860161	0,199392269	0,355380683	0,723455	-0,327353698	0,469074019	-0,327353698	0,469074019