

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ESTRUTURAS E
CONSTRUÇÃO CIVIL



PRODUTIVIDADE DA MÃO DE OBRA NA EXECUÇÃO DE
INSTALAÇÕES PREDIAIS HIDRÁULICAS E SANITÁRIAS

Paulo Roberto Moreira Monteiro

Orientador: Prof. Dr. José Carlos Paliari

São Carlos

2017

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ESTRUTURAS E
CONSTRUÇÃO CIVIL

PRODUTIVIDADE DA MÃO DE OBRA NA EXECUÇÃO DE
INSTALAÇÕES PREDIAIS HIDRÁULICAS E SANITÁRIAS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Estruturas e Construção Civil da Universidade Federal de São Carlos para a obtenção do título de Mestre em Estruturas e Construção Civil.

Área de concentração: Sistemas Construtivos.

Linha de pesquisa: Gestão, Tecnologia e Sustentabilidade na Construção Civil.

Orientador: Prof. Dr. José Carlos Paliari

São Carlos

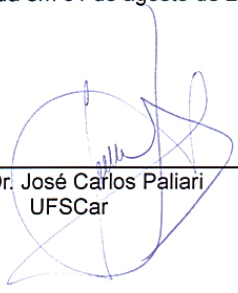
2017



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
Programa de Pós-Graduação em Construção Civil
Rod. Washington Luís, Km 235
13565-905 – São Carlos – SP
Fone: (16) 3351-8261 Fax (16) 3351-8262
e-mail: ppgeciv@ufscar.br site: www.ppgeciv.ufscar.br

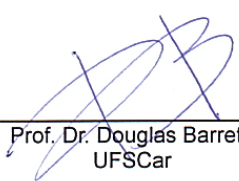
Folha de Aprovação

Assinaturas dos membros da comissão examinadora que avaliou e aprovou a defesa de Dissertação de Mestrado do(a) candidato(a) Paulo Roberto Moreira Monteiro, realizada em 31 de agosto de 2017.



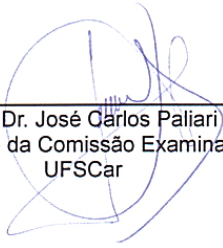
Prof. Dr. José Carlos Paliari
UFSCar

Prof. Dr. Luís Otávio Cocito de Araújo
UFRJ



Prof. Dr. Douglas Barreto
UFSCar

Certifico que a sessão de defesa foi realizada com a participação à distância do membro Prof. Dr. Luís Otávio Cocito de Araújo-UFRJ e, depois das arguições e deliberações realizadas, o participante à distância está de acordo com o conteúdo do parecer da comissão examinadora redigido no relatório de defesa do aluno Paulo Roberto Moreira Monteiro.



Prof. Dr. José Carlos Paliari
Presidente da Comissão Examinadora
UFSCar

Dedico este trabalho a Melissa, Yasmin e Johnnie, esposa e filhos amáveis e amados.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente quero agradecer a Nossa Senhora, e são tantos os motivos para esta gratidão, que mesmo se todas as páginas dessa dissertação fossem dedicadas a essa tarefa, não seriam suficientes para esta justificativa. Gratidão eterna.

Nada de realmente importante se faz sozinho, talvez de forma solitária, porém sozinho nunca. Neste sentido, tenho muito a agradecer a algumas pessoas.

Aos meus nobres professores do PPGE Civ, Dra. Sheyla Serra, Dr. José Neto, Dr. Guilherme Parsekian, Dr. Douglas Barreto e de uma maneira muito mais que especial ao Professor Dr. José Carlos Paliari, que dentro do seu estilo exigente, que poucas pessoas possuem o verdadeiro mérito de ter, me acolheu em sua sabedoria, em seus ensinamentos e também me moldou como professor e pesquisador.

A Melissa, esta Anjinha linda que não poupou sacrifícios para que eu concluísse cada degrau desta escalada.

A minha família linda, sem a qual eu não seria nada. Em especial agradeço ao Neto e a Marina pelo amor e dedicação que vocês têm pela nossa família.

Ao casal Fernando V. T. C. Albuquerque e Paula A. C. Albuquerque, primeiros e eternos incentivadores desta empreitada.

Ao engenheiro Caio Nunes, parceiro novo, e que sabe exatamente o significado da frase “faca nos dentes”.

E, por fim, e não menos importante, eu agradeço aos meus amigos, que nos últimos três anos e meio insistiram em contatar-me frequentemente, e mesmo diante das minhas inúmeras negativas, não desistiram de mim, e hoje continuam meus amigos! Em especial, Alessandro Caldeira, Marcelo Bellíssimo, Wilson A. Leite Neto, Tarcio Ré, Ricardo Rodrigues e Antônio Bellíssimo Adilson Rodrigues.

EPÍGRAFE

“Se morreres, deitar-me-ei junto a ti e ficarei a teu lado, até o fim, sem comer, nem beber. Apodrecerás em meus braços e eu te amarei, mesmo em putrefação. Porque nada se ama, quando não se ama tudo.”

O Diabo e o Bom Deus – J. P. SARTRE

RESUMO

A construção civil não acompanhou a indústria seriada no tocante aos desenvolvimentos dos recursos da mão de obra e apresenta baixos índices de produtividade. A produtividade da mão de obra é a principal responsável pelo ritmo do trabalho; portanto, conhecer a produtividade de uma tarefa é de extrema importância e de posse dessas informações, se confiáveis, vários benefícios podem ser alcançados. Especificamente, na execução dos sistemas prediais, estas informações são muito escassas devido às dificuldades de coleta de dados de serviços fragmentados, somados às frequentes terceirizações adotadas pelas construtoras. Este trabalho teve por objetivo aprofundar o conhecimento relativo à produtividade da mão de obra de execução de sistemas prediais hidráulicos e sanitários quando estes esforços são aplicados com sistemas de gestão envolvendo os conceitos de pré-produção e módulos por meio da pré-fabricação de kits ou materiais e técnicas ainda não mensuradas. Para tanto, foi realizado um estudo exploratório em cinco canteiros de obras, em que foram colhidos dados quantitativos de entradas e saídas da produção, e dados qualitativos de contexto. Dentre os resultados obtidos destacam-se a mensuração da produtividade da mão de obra dos sistemas prediais hidráulicos e sanitários executados com PPR, a análise comparativa desse com outros materiais disponíveis no mercado com a mesma destinação de uso, e os avanços sobre as vantagens de produtividade da pré-produção e posterior instalação de kits hidráulicos que, se em situações ideais de contexto atingiram produtividade 3,5 vezes maior que produtividade da mão de obra do sistema convencional; nos cenários mais desfavoráveis obtiveram ganhos tímidos de produtividade, demonstraram como um todo um expressivo ganho de eficiência. Desta forma, a principal contribuição deste trabalho consiste nas possibilidades que os dados levantados permitem no campo das tomadas de decisões acerca do método construtivo de sistemas prediais hidráulicos e sanitários com PPR e incentiva a adoção de modelos que envolvem produção racionalizada.

Palavras-chave: construção civil, produtividade da mão de obra, sistemas prediais, kits.

ABSTRACT

The construction industry did not follow the others industries as regards developments of the labor resources and presents low levels productivity. The labor productivity is mainly responsible for the rhythm of work, therefore, know the productivity of a task is of extreme importance and in possession of this information, if reliable, various benefits can be achieved. Specifically, in the execution of the building systems, this information is very scarce due to the difficulties of data collection of fragmented services, added to the frequent outsourcings adopted by builders companies. This work aims to deepen the knowledge on labor productivity of execution of Sanitary and Plumbing Building Systems when these efforts are applied with management systems involving kits or materials and techniques not measured yet. Among the results obtained are the measurement of the labor of productivity of the Sanitary and Plumbing Building Systems executed with Polypropylene Random Copolymer, the comparative analysis of this with other materials available in the market with the same destination of use, and the advances on the productivity advantages of the pre-production and subsequent installation of hydraulic kits that, in ideal situations of context reached productivity 3.5 times greater than labor productivity of the conventional system, in the most unfavorable scenarios obtained timid gains of productivity, demonstrated as a whole an expressive gain of efficiency. In this way, the main contribution of this work consist in the possibilities the data collected allow in the field of decision making concerning the constructive method of Sanitary and Plumbing Building Systems with Polypropylene Random Copolymer and encourage the adoption of models that involve rationalized production.

Keywords: construction, labor productivity, building systems, kits

Lista de Figuras

Figura 1-1 – Incidência em % do custo da mão de obra no custo de produção da edificação – Evolução.....	20
Figura 2-1 - Representação de um sistema de produção.....	24
Figura 2-2 – Diferentes abrangências do estudo da produtividade	25
Figura 2-3 – Associações para o cálculo das RUPoficial, RUPdireta e RUPglobal do serviço de elevação de alvenaria de blocos	28
Figura 2-4 - Modelo dos Fatores para produtividade na construção civil	31
Figura 2-5 - Numero de artigos sobre PMO nas principais publicações internacionais	42
Figura 3-1 - Corte em uma tubulação em PPR termofundida.....	50
Figura 3-2 – Cortador de tubos de PPR.....	50
Figura 3-3 – (a) Operação de inserção das peças de PPR com termofusor (b) Acoplamento das peças para termofusão.....	51
Figura 3-4 - Tubulação de PPB embutida na alvenaria	52
Figura 3-5 - <i>Manifold</i> , módulo distribuidor de tubulação em PEX.....	53
Figura 3-6 - Ligação direta da tubulação em PEX do manifold com ponto de consumo.....	54
Figura 3-7 - Ferramenta alargadora de tubo PEX.....	54
Figura 3-8 – Processo de crimpagem para união de peças do sistema PEX	55
Figura 3-9 - Divisão da execução dos sistemas de suprimento de água fria e água quente em tarefas e subtarefas	56
Figura 3-10 - Divisão da execução dos sistemas prediais de coleta de esgoto e águas pluviais em tarefas e subtarefas	56
Figura 3-11 – Pré-montagem de armadura para estrutura de concreto	58
Figura 3-12 – Kits hidráulicos pré-montados	59
Figura 4-1 – Fluxograma de atividades executadas para a obtenção dos objetivos propostos.....	61
Figura 4-2 – Conexões exigidas em projeto executivo	66
Figura 4-3 - Conexões realizadas na obra	66
Figura 4-4 - Exemplo de planilha de segmentação de tarefas para anotação diária da produção (Parte).....	68
Figura 4-5 - Exemplo de planilha associativa contendo o quantitativo de material e fatores por segmento de tarefa (Parte).....	69
Figura 4-6 - Planilha de coleta diária da quantidade da mão de obra aplicada a cada tarefa (Parte) .	70
Figura 5-1 - Vista da obra RP-01	75
Figura 5-2 - Planta baixa do pavimento tipo da obra RP-01	76
Figura 5-3 - Vista da obra FR-01.....	78
Figura 5-4 – Planta baixa o pavimento tipo da obra FR-01	79
Figura 5-5 - Vista parcial do estoque da obra FR-01	80

Figura 5-6 - Vista da obra FR-02.....	81
Figura 5-7 – Planta baixa o pavimento tipo da obra FR-02	82
Figura 5-8 – Espaço de trabalho destinado ao empreiteiro da obra FR-02.....	83
Figura 5-9 – Vista da obra BR-01.....	84
Figura 5-10 – (a) Laje pré-moldada de concreto junto com sua fôrma trepante desmontada (b) lçamento de laje pré-moldada com utilização de guindaste telescópico	85
Figura 5-11 – Planta baixa o pavimento tipo da obra BR-01 e BR-02.....	86
Figura 5-12 – Vista da obra BR-02.....	87
Figura 5-13 - Divisão da execução dos sistemas de suprimento de água fria e água quente em tarefas e subtareas	97
Figura 5-13 – (a) Operação de corte de tubos de PPR com tesoura específica (b) Operação de corte de tubos de PPR com arco de serra	98
Figura 5-15 – (a) Alvenaria aberta esperando instalação hidráulica; (b) Ramais e sub-ramais de PPR na alvenaria.	99
Figura 5-16 – (a) Regulagem dos pontos na obra RP-01; (b) Regulagem dos pontos na obra FR-01; (c) Regulagem dos pontos na obra FR-02	100
Figura 5-17 - Sistemas de fixação da tubulação na laje por perfil (a) e por fita (b)	101
Figura 5-18 - Sistemas de fixação da tubulação na laje por eletrocalha	102
Figura 5-20 – (a) Produção de Kit em central na obra RP-01; (b) Kits prontos para instalação na obra FR-02	103
Figura 5-21 - Registros de gaveta (a) e de pressão (b) unidos com o adaptadores PPR macho 25mmx3/4” e com “T” misturador PPR.....	104
Figura 5-22 – (a) Corte e canos e separação das conexões; (b) Montagem dos kits.....	105
Figura 5-23 - Kit hidráulico instalado.....	106
Figura 5-24 – Divisão da execução dos sistemas de suprimento de água fria e água quente com a pré-montagem de kits hidráulicos em tarefas e subtareas.....	107
Figura 5-25 – Kits de 2 unidades prontos para serem instalados. Obra BR-01	108
Figura 5-26 – (a) Sistema de espera pré-moldado com a laje (b) Tubulação unida por solda comum. Obra BR-01.....	109
Figura 5-27 – Subconjuntos do Kit pronto para ser instalado. Obra BR-01	110
Figura 5-28 – Divisão da execução dos sistemas de suprimento de água fria e água quente com a pré-montagem de kits hidráulicos em tarefas e subtareas.....	111
Figura 5-29 – Ramais de esgoto e águas pluviais sobre radier. Obra BR-02	112
Figura 7-1 – Linha de tendência da correlação conexões/m sobre a RUPdiária na execução de AF e AQ com PPR considerando pelo teto e pela alvenaria	131
Figura 7-2 – Linha de tendência da correlação conexões/m sobre a RUPdiária na execução de AF e AQ com PPR pelo teto.....	132
Figura 7-3 – Linha de tendência da correlação conexões/m sobre a RUPdiária na execução de AF e AQ com PPR pela alvenaria	133

Lista de Tabelas

Tabela 2-1 – RUPdiária, RUPcumulativa e RUPpotencial para a execução de rasgos das paredes com o uso de marreta e talhadeira.....	27
Tabela 3-1 – Sistemas prediais relacionados aos insumos solicitados	46
Tabela 3-2 – Subsistemas do SPHS.....	47
Tabela 3-3 - Materiais empregados nos tubos e conexões mais utilizados nos sistemas prediais	48
Tabela 3-4 - Tempo da operação de termofusão de tubos e conexões de PPR.....	51
Tabela 6-1 – Resumo da Quantidade absoluta de serviço executado e Homens-hora demandado por tarefa e subtarefa.....	114
Tabela 6-2 – Resumo da quantidade absoluta de serviço executado e Homens-hora demandado por tarefa e subtarefa para a obra RP-01	115
Tabela 6-3 – Resumo da quantidade absoluta de serviço executado e Homens-hora demandado por tarefa e subtarefa para a obra FR-01	115
Tabela 6-4 – Resumo da quantidade absoluta de serviço executado e Homens-hora demandado por tarefa e subtarefa para a obra FR-02	116
Tabela 6-5 – Resumo da quantidade absoluta de serviço executado e Homens-hora demandado por tarefa e subtarefa para a obra BR-01	116
Tabela 6-6 – Resumo da quantidade absoluta de serviço executado e Homens-hora demandado por tarefa e subtarefa para a obra BR-02.....	116
Tabela 6-7 - RUPdiária; RUPcumulativa; RUPpotencial para execução da tarefa tubulação de ramal e sub-ramal de água fria e quente pela alvenaria com PPR – Obra RP-01	117
Tabela 6-8 - RUPdiária; RUPcumulativa; RUPpotencial para execução da tarefa tubulação de ramal e sub-ramal de água fria e quente pela alvenaria com PPR – Obra FR-01.....	118
Tabela 6-9 - RUPdiária; RUPcumulativa; RUPpotencial para execução da tarefa tubulação de ramal e sub-ramal de água fria e quente pela alvenaria com PPR – Obra FR-02.....	118
Tabela 6-10 - RUPdiária, RUPcumulativa e RUPpotencial para a execução da regulagem e fixação das tubulações nas alvenarias Obra RP-01	119
Tabela 6-11 - RUPdiária, RUPcumulativa e RUPpotencial para a execução da regulagem e fixação das tubulações nas alvenarias - Obra FR-01	119
Tabela 6-12 - RUPdiária, RUPcumulativa e RUPpotencial para a execução da regulagem e fixação das tubulações nas alvenarias - Obra FR-02.....	119
Tabela 6-13 - RUPdiária para a execução da subtarefa corte e fixação de perfil metálico na laje em Homens-horas por unidade de peça de perfi – Obra RP-01.....	120
Tabela 6-14 - RUPdiária para a execução da subtarefa corte e fixação de perfil metálico na laje em Homens-horas por unidade de peça de perfi – Obra FR-01	120
Tabela 6-15 - RUPdiária para a execução da subtarefa corte e fixação de perfil metálico na laje em Homens-horas por metros de tubulação – Obra RP-01	121

Tabela 6-16 - RUPdiária para a execução da subtarefa corte e fixação de perfil metálico na laje em Homens-horas por metros de tubulação – Obra FR-01	121
Tabela 6-17 - RUPdiária; RUPcumulativa; RUPpotencial para execução da tarefa Tubulação de ramal de distribuição de água fria e água quente pelo teto com PPR – Obra RP-01	122
Tabela 6-18 - RUPdiária; RUPcumulativa; RUPpotencial para execução da tarefa Tubulação de ramal de distribuição de água fria e água quente pelo teto com PPR – Obra FR-01	122
Tabela 6-19 - RUPdiária; RUPcumulativa; RUPpotencial para execução da tarefa Tubulação de ramal de distribuição de água fria e água quente pelo teto com PPR – Obra FR-02	122
Tabela 6-20 - RUPdireta da preparação de registro de gaveta e de pressão por unidade de registro	123
Tabela 6-21 - RUPdiária, RUPcumulativa e RUPpotencial para a produção de Kit hidráulico para água fria e água quente com PPR – Obra RP-01	124
Tabela 6-22 - RUPdiária, RUPcumulativa e RUPpotencial para a produção de Kit hidráulico para água fria e água quente com PPR – Obra FR-02	125
Tabela 6-23 - RUPdiária para instalação de kit hidráulico para água fria e água quente com PPR – Obra RP-01	125
Tabela 6-24 - RUPdiária, RUPcumulativa e RUPpotencial para instalação de kit hidráulico para água fria e água quente com PPR – Obra FR-02	126
Tabela 6-25 - RUPdiária, RUPcumulativa e RUPpotencial para a produção de sistemas de esgoto e águas pluviais em PVC - Método tradicional – Obra BR-01	126
Tabela 6-26 - RUPdiária, RUPcumulativa e RUPpotencial para a produção de sistemas de esgoto e águas pluviais em PVC – Kits hidráulicos – Obra BR-01	127
Tabela 6-27 - RUPdiária, RUPcumulativa e RUPpotencial para a produção de sistemas de esgoto e águas pluviais em PVC – Kits hidráulicos – Obra BR-02	128
Tabela 7-1 - RUPcumulativa e RUPpotencial e Δ RUP dos serviços pesquisados	129
Tabela 7-2 - RUP: Ramais e sub-ramais de AF, AQ e gás embutidos na parede	136
Tabela 7-3 - RUP: Chumbamento de tubulações	136
Tabela 7-4 RUPcumulativa e RUPpotencial e Δ RUP para Ramais e sub-ramais de AF, AQ pela alvenaria	137
Tabela 7-5 - RUP: Ramais e sub-ramais de AF, AQ sob a laje	137
Tabela 7-6 RUPcumulativa e RUPpotencial e Δ RUP para Ramais e sub-ramais de AF, AQ pela laje	138
Tabela 7-7 RUPcumulativa e RUPpotencial e Δ RUP para Ramais e sub-ramais de AF, AQ pela alvenaria	139
Tabela 7-8 - RUP: Ramais de esgoto e águas pluviais sob a laje	140
Tabela 7-9 RUPcumulativa e RUPpotencial e Δ RUP para Ramais de esgoto e águas pluviais sob a laje e sob radier	140
Tabela 7-10 – Principais fatores intervenientes da PMO encontrados nesta pesquisa	142

Lista de Quadros

Quadro 4-1 – Fases, classificação e ferramentas utilizadas na pesquisa	60
Quadro 5-1 – Características dos canteiros de obras - Resumo	89
Quadro 5-2 – Formação da equipe de mão de obra direta da obra RP-01	90
Quadro 5-3 – Formação da equipe de mão de obra direta da obra FR-01	91
Quadro 5-4 – Formação da equipe de mão de obra direta da obra FR-02	93
Quadro 5-5 – Formação da equipe de mão de obra direta da obra BR-01	94
Quadro 5-6 – Formação da equipe de mão de obra direta da obra BR-02	95
Quadro 5-7 – Características das equipes de trabalho - Resumo.....	96

Lista de Abreviaturas e Siglas

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

AF – Água Fria

AP – Água Pluvial

AQ – Água Quente

CPVC – Policloreto de Vinila Clorado

CUB – Custo Unitário Básico da Construção Civil

Hh – Homens hora

ISO - *International Organization for Standardization*

m – Metro

MO – Mão de Obra

NBR – Norma Brasileira

NR – Norma Regulamentadora

PE – Polietileno

PEAD – Polietileno de Alta Densidade

PEX – Polietileno Reticulado

PMO – Produtividade da Mão de Obra

PPR – Polipropileno Copolímero Random

PSU – Polissulfona

PVC – Cloreto de Polivinila

QS – Quantidade de Serviço

RUP – Razão Unitária de Produção

SGQ – Sistema de Gestão da Qualidade

SINDUSCON-SP – Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado de São Paulo

SPHS – Sistemas Prediais Hidráulicos e Sanitários

Un – Unidade

Sumário

1. INTRODUÇÃO	17
1.1 Justificativa	19
1.2 Objetivos.....	22
1.3 Abrangência da pesquisa	22
1.4 Estrutura do trabalho	23
2. PRODUTIVIDADE DA MÃO DE OBRA.....	24
2.1 Definições de produtividade para a construção civil.....	24
2.2 Mensurando a produtividade da mão de obra	26
2.3 Mensurando entradas e saídas	27
2.3.1 Mensuração das entradas.....	27
2.3.2 Mensuração das saídas	29
2.4 Modelo dos fatores	29
2.4.1 Base conceitual.....	30
2.4.2 Principais pesquisas sobre os fatores intervenientes na PMO.....	32
2.5 Considerações finais acerca deste capítulo	44
3. SISTEMAS PREDIAIS HIDRÁULICOS E SANITÁRIOS	45
3.1 Definições e características gerais.....	45
3.2 Materiais empregados	48
3.2.1 Polipropileno copolímero random tipo 3 – PPR	49
3.2.2 Polietileno reticulado - PEX.....	52
3.3 Execução das instalações hidráulicas e sanitárias	55
3.4 execução com pré-montagens e módulos	57
3.5 Considerações finais acerca deste capítulo	59
4. METODOLOGIA.....	60
4.1 Método de levantamento e processamento da produtividade da mão de obra	62
4.2 Definição das obras pesquisadas.....	62
4.3 Levantamento prévio das características gerais de produção que são fatores intervenientes na produtividade.....	63
4.4 Método de quantificação dos serviços e coleta de dados	63
4.5 Planilha de coleta de dados.....	67

4.6	Execução de um estudo piloto	71
4.7	Coleta de dados em campo - estudos de casos	71
4.8	Compilação dos dados e análise dos resultados.....	72
4.9	Considerações finais acerca deste capítulo	72
5.	CARACTERIZAÇÃO DOS ESTUDOS DE CASO	74
5.1	Caraterização das obras	74
5.1.1	Obra RP-01	74
5.1.2	Obra FR-01	77
5.1.3	Obra FR-02	80
5.1.4	Obra BR-01	84
5.1.5	Obra BR-02	87
5.1.6	Resumo das principais características das obras.....	88
5.2	Caraterização das equipes de trabalho	90
5.2.1	Obra RP-01	90
5.2.2	Obra FR-01	90
5.2.3	Obra FR-02	92
5.2.4	Obra BR-01	93
5.2.5	Obra BR-02	94
5.2.6	Resumo das características das equipes de trabalho	95
5.3	Caracterização dos serviços	96
5.3.1	Execução ramal e sub-ramal de água fria e água quente com PPR pela parede.....	98
5.3.2	Execução ramal e sub-ramal de água fria e água quente com PPR pelo teto	101
5.3.3	Sistema de suprimento de água fria e água quente com a pré-montagem de kits hidráulicos	102
5.3.4	Sistema de esgoto e águas pluviais com a pré-montagem de kits hidráulicos	107
5.4	Considerações finais acerca deste capítulo	112
6.	RESULTADOS	113
6.1	Execução de ramal e sub-ramal de água fria e água quente com PPR pela parede	117
6.1.1	Tubulação de ramal e sub-ramal pela alvenaria em PPR	117
6.1.2	Regulagem dos pontos e fixação da tubulação na parede.....	118
6.2	Execução de ramal e sub-ramal de água fria e água quente com PPR pelo teto	120
6.2.1	Corte e fixação de perfil metálico.....	120
6.2.2	Tubulação de ramal de distribuição de água fria e água quente pelo teto	121
6.3	Execução de SPHS com kits hidráulicos	123
6.3.1	Preparação de registro de gaveta e de pressão com PPR.....	123
6.3.2	Produção de kit hidráulico com PPR.....	124

6.3.3	Instalação de kit hidráulico com PPR.....	125
6.3.4	Execução de sistemas de esgoto e águas pluviais em PVC – método convencional de produção	126
6.3.5	Execução de sistemas de esgoto e águas pluviais em PVC com a pré-montagem de kits hidráulicos	127
6.4	Considerações finais acerca deste capítulo	128
7.	<i>ANÁLISE DOS RESULTADOS</i>	129
7.1	Análise da PMO do PPR – Fatores de conteúdo	130
7.2	Análise da PMO do PPR – Fatores de contexto.....	133
7.3	Análise comparativa PPR e cobre – Aplicação: Parede	135
7.4	Análise comparativa PPR e cobre – Aplicação: Teto.....	137
7.5	Análise comparativa PPR e PVC	138
7.6	Análise da PMO de SPHS com pré-montagem de kits.....	138
8.	<i>CONSIDERAÇÕES FINAIS</i>	143
8.1	Conclusões.....	144
8.2	Sugestões para trabalhos futuros.....	145
	<i>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</i>	146

1. INTRODUÇÃO

O importante setor da indústria da construção civil experimentou um expressivo crescimento desordenado anos atrás, incentivado por grandes eventos como Copa do Mundo de Futebol FIFA e Olimpíadas, além de grandes investimentos nacionais, como o Programa de Aceleração do Crescimento - PAC e o programa Minha Casa Minha Vida, ambos do Governo Federal. Desta forma, o setor recebeu grandes investimentos de capital, tanto do setor público quanto do setor privado, em obras de infraestruturas e habitacionais.

Este período de crescimento sem prévio planejamento fez os custos com mão de obra subirem além das expectativas, outrossim, especificamente no subsetor de edificações, a evidência adquirida no cenário nacional expôs para a sociedade brasileira e internacional as técnicas arcaicas de produção praticadas pelas nossas pequenas, médias e grandes construtoras. Seus altos índices de desperdícios de materiais e a baixa produtividade da sua mão de obra não encontram paralelo em outros setores industriais (SOUZA, 2006).

Impulsionadas pela concorrência daquele período, e aliada à forte retração do mercado imobiliário que se seguiu, tornou-se inerente para as construtoras que desejavam manterem-se competitivas no mercado a necessidade de buscar, desenvolver e aplicar tecnologias, materiais, técnicas e práticas construtivas que apresentam melhores desempenhos em importantes aspectos da sua cadeia produtiva como, tempo de execução, qualidade, sustentabilidade entre outros, não apenas o custo, outrora o principal quesito para a tomada destas decisões.

A construção civil não acompanhou a indústria seriada no tocante aos desenvolvimentos dos recursos da mão de obra (McKinsey Global Institute, 2017). Para compreender algumas razões, Souza (2006) aponta para sua característica de indústria nômade como a principal dificuldade. Na indústria seriada a fábrica fica por muitos anos no mesmo lugar; na construção civil é o produto que fica e a fábrica se muda. Algumas características intrínsecas do setor, como de mão de obra

desqualificada, com alta rotatividade de trabalhadores e os baixos salários foram apontados como fortes razões corroborativas para este atraso frente aos outros setores industriais.

A principal peculiaridade da construção civil se encontra no seu produto que não se desloca durante as etapas de produção, deixando o trabalhador parado em condições de contexto sempre favoráveis para executar as atividades de fluxo, de conversão e principalmente a atividade de inspeção, sendo um dos grandes fatores que dificultam a implantação dos sistemas de gestão da qualidade, que poderiam melhorar os atuais índices do setor da construção civil. Existe ainda um grande potencial de crescimento para o melhor aproveitamento do recurso físico mão de obra na indústria da construção. Este setor, hoje movimenta globalmente US\$ 10 trilhões/ano, entretanto, destravando-se os persistentes problemas de produtividade, possui um potencial de crescimento de mais US\$ 1,6 trilhão anualmente (McKinsey Global Institute, 2017).

Vários pesquisadores publicaram trabalhos concentrados na área de gestão, mensurando a Produtividade da Mão de Obra (PMO)¹ da construção civil brasileira e ressaltando a relevância desse conhecimento, com destaque para as pesquisas de Souza; Agopyan (1996) pela introdução de metodologia e padronização de medição para o cenário nacional; Souza (1996 e 2001) por ter aplicado com ineditismo tal metodologia e, posteriormente, ampliando sua pesquisa para vários importantes serviços; Carraro (1998) em alvenaria; Librais (2001) em pisos e revestimentos cerâmicos; Maeda (2002) em argamassa e pasta de gesso para revestimento de alvenarias; Araújo (2000 e 2005) abrangendo forma, armadura e concretagem; Paliari (2008) superando as dificuldades de coleta de dados dos sistemas prediais.

Neste sentido, este trabalho tem o intuito de aprofundar o conhecimento relativo à PMO de execução de Sistemas Prediais Hidráulicos e Sanitários (SPHS)¹ quando estes esforços são aplicados com sistemas de gestão da produção que envolve a produção e pré-montagem de kits ou outra tecnologia construtiva considerada inovadora em termos de racionalização de seu método construtivo, além de estudar

¹ A partir deste ponto este termo será referenciado pelo seu acrônimo.

serviços de SPHS envolvendo materiais e técnicas ainda não mensuradas em pesquisas científicas anteriores.

1.1 JUSTIFICATIVA

A PMO é a principal responsável pelo ritmo do trabalho, especialmente para aquelas atividades em que se dependem extremamente de tarefas manuais como é caso da construção civil. Portanto, conhecer a produtividade de uma tarefa é de extrema importância e de posse dessas informações, se confiáveis, vários benefícios podem ser alcançados (CARRARO; SOUZA, 1998):

- Previsão do consumo de mão de obra;
- Previsão da duração do serviço;
- Avaliação e comparação dos resultados;
- Desenvolvimento e aperfeiçoamento de métodos construtivos;
- Subsidiar políticas para a redução de custos.

Para realizar a correta gestão da mão de obra encontram-se dificuldades muito maiores que na gestão de materiais, equipamentos e outros recursos, não só por se tratar do gerenciamento de indivíduos e estes apresentarem inconstâncias comportamentais que afetam diretamente sua produtividade e qualidade oriundas da motivação para o trabalho, mas também pela diferença entre os próprios colaboradores que apresentam diferentes experiências, habilidades e capacidades de produção.

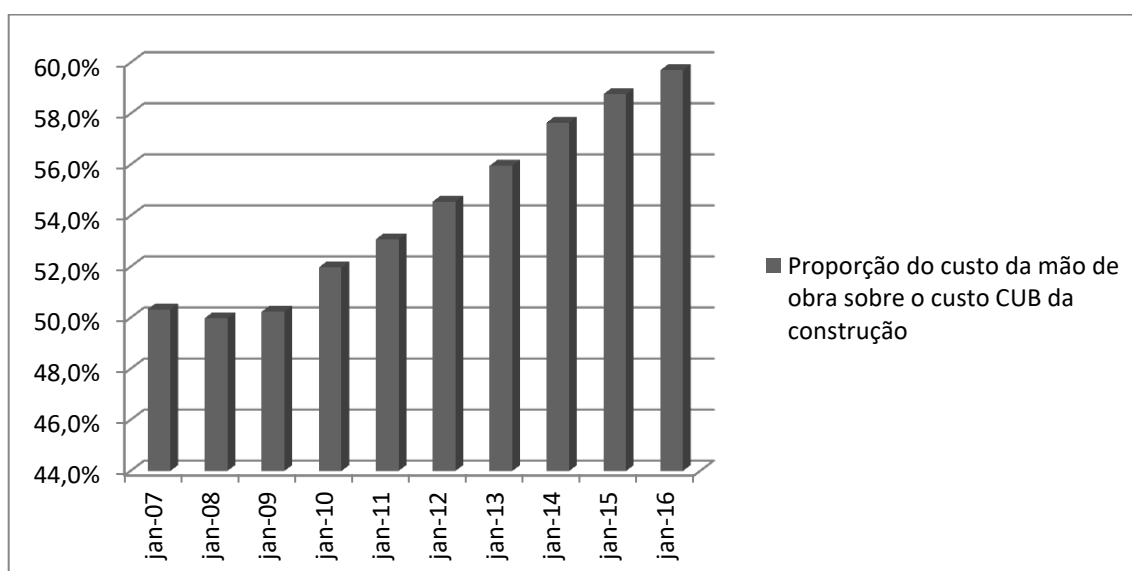
Soma-se a estas particularidades que o custo total da mão de obra direta representa hoje, para a construção de edifícios residenciais com médio padrão de acabamento, aproximadamente 60% do seu custo CUB (SINDUSCON-SP, 2016), os outros 40% são divididos em 37% de material e 3% de administração direta.

O SINDUSCON pesquisa e divulga mensalmente os custos da construção civil no país sob a metodologia atual desde 1995. Uma rápida análise em seu banco de dados da série histórica percebe-se que, a menos de 10 anos o recurso físico mão de obra representava apenas 50%, e que desde então esta incidência sobre o

custo total da obra cresce em curva ascendente (Figura 1.1) até o presente momento.

A ascendência desta curva coincide com o crescimento do próprio setor da construção civil que vinha de uma longa temporada de estagnação até 2008. Devido à falta de investimentos em capacitação de seus colaboradores, e de formação de novos, o mercado não dispôs de oferta de trabalhadores suficientes quando exigido pelo aquecimento do mercado neste período, elevando assim significativamente esse custo unitário.

Figura 1-1 – Incidência em % do custo da mão de obra no custo de produção da edificação – Evolução.



Fonte: Elaborado a partir de SINDUSCON, (2016).

Na maioria dos países o custo proporcional da mão de obra aplicado em empreendimentos fica relativamente abaixo do praticado no Brasil; segundo McTague; Jergeas (2002) este recurso compreende a faixa de 30 a 50% do custo total da obra, mesmos valores percentuais afirmados por Yates; Guhathakurta (1993) e posteriormente por Jakas; Bitar (2012). Para estes pesquisadores internacionais, mesmo esta faixa abaixo de 50%, já é uma incidência determinante do sucesso ou não do empreendimento, assim como vital para a competitividade da empresa construtora no mercado.

Neste sentido, a gestão da PMO se torna ferramenta gerencial importante para a gestão deste recurso, para medir a eficiência das empresas construtoras,

auxiliar na escolha de tecnologias, dos processos construtivos e nas formas de gestão mais eficientes a serem adotadas por elas.

Especificamente, na execução dos sistemas prediais, estas informações são ainda mais escassas, as dificuldades de coleta de dados de serviços fragmentados (SOUZA, 1996) como este, somados às frequentes terceirizações adotadas pelas construtoras, desestimulam o seu controle no âmbito da produtividade, restando para os gestores de obras apenas ferramentas de controles nas esferas dos prazos de execução.

Como consequências deste desconhecimento dos valores de produtividade, as equipes são muitas vezes mal dimensionadas ocasionando atrasos na execução, o acompanhamento do cronograma sobre os empreiteiros só pode ser feito no encerramento dos ciclos e pequenos serviços deixados sem conclusão são muito comuns, gerando desconforto entre empresa construtora e subempreiteiras.

Além de ser um serviço muito fragmentado em tarefas e subtarefas (SOUZA, 1996), existem no mercado muitas opções de materiais para atender a mesma necessidade de suprimento (GONÇALVES et al., 2000). Considerando que cada um deles possui o próprio método de montagem e requisitos, a ausência de literatura científica se torna mais agravada. Novos materiais estão ganhando espaço no mercado da construção civil, principalmente nos grandes centros urbanos, apresentando aparentes vantagens. Neste universo vale citar o polipropileno copolímero random (PPR) que dispensa a instalação de camada isolante térmica quando aplicado para suprimento de água quente e ainda possui um processo único e simples de montagem por termofusão, e o polietileno reticulado (PEX) que, através da sua flexibilidade, permite a redução de número de conexões, tempo de execução e incidência de patologias.

Diversos autores, entre eles Han; Thomas (2002), Martins; Hernandez; Amorim (2003), Rodrigues; Tirintan; Picchi (2005) e Thomas; Horman (2006), apontaram que a combinação da produção de kits e sua posterior instalação é considerada uma boa prática de gestão, que aparentemente pode acarretar ganhos de produtividade e de qualidade frente à preparação e montagem *in loco* tradicional das instalações no posto de trabalho.

Entretanto, estas alternativas geradas por este modelo de produção e pelos novos materiais ainda carecem de números para comprovação da sua melhor eficiência tanto dentro do cenário nacional, quanto, mais precisamente, aplicados a sistemas prediais, motivo pelo qual se justifica este trabalho, além de subsidiar o setor com valores de PMO na execução destes sistemas com a utilização de materiais de vanguarda como o PPR e o PEX.

1.2 OBJETIVOS

Analisar a PMO na execução de SPHS comparando o sistema de produção tradicional com sistema de produção por pré-montagens e módulos.

1.3 ABRANGÊNCIA DA PESQUISA

Esta pesquisa abrangeu o subsetor de edificações, mais especificamente aquelas caracterizadas pelos múltiplos pavimentos, ou edificações horizontais que apresentem repetições de unidades construídas no mesmo canteiro, de forma que possibilitaram uma melhor avaliação da PMO com pequenas interferências de contextos geradas pela casualidade e pelas impreviões que obras únicas acarretam.

No que tange ao tipo de material aplicado, esta dissertação buscou os mais recentes materiais destinados aos SPHS lançados no mercado e, conseqüentemente, ainda carentes de pesquisas e literatura. Preferencialmente materiais que estão ganhando espaço junto às construtoras na última década, como o PPR, ou que tenha algum potencial de crescimento, como o PEX.

Para o caso de material já consolidado no mercado como o PVC, por exemplo, o interesse existiu apenas e somente se neste canteiro de obras fosse aplicado algum método de gestão da produção diferenciado que trazia possível alteração dos valores da produtividade, para que fosse confrontado com dados existentes provenientes de métodos tradicionais já mensurados de forma que fosse possível realizar uma avaliação da sua real eficiência ou não.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho é composto por mais 7 capítulos, além deste capítulo 1, voltado à introdução da pesquisa, contendo as justificativas para sua existência e seus objetivos.

No capítulo 2 é apresentada a fundamentação teórica do trabalho de um dos principais temas pertinentes, PMO na construção civil em território nacional e resultados das pesquisas internacionais de maior relevância do setor.

O capítulo 3 é destinado à revisão bibliográfica dos SPHS, com ênfase nos seus processos construtivos, possíveis materiais empregados e nos modelos de gestão da sua produção quando *in loco* pelo método convencional ou utilizando kits pré-produzidos.

O capítulo 4 é feita a descrição da metodologia adotada pelo pesquisador, com o delineamento da pesquisa e o detalhamento das suas etapas.

No capítulo 5 são apresentados os resultados dos estudos de casos de cinco obras, realizados durante o desenvolvimento da pesquisa, com a descrição completa de cada caso através da caracterização das edificações, de seus canteiros, das equipes de trabalho e dos serviços por elas executados.

O capítulo 6 é destinado aos resultados da PMO, através de indicadores, com suas respectivas considerações pontuais quando pertinentes.

No capítulo 7 é feita a análise dos resultados, através do cruzamento da base de dados apresentados nos estudos de casos do capítulo 5 com os resultados de PMO indicados no capítulo anterior.

As considerações finais do trabalho e possíveis conclusões estão no capítulo 8, juntamente com algumas sugestões para trabalhos futuros.

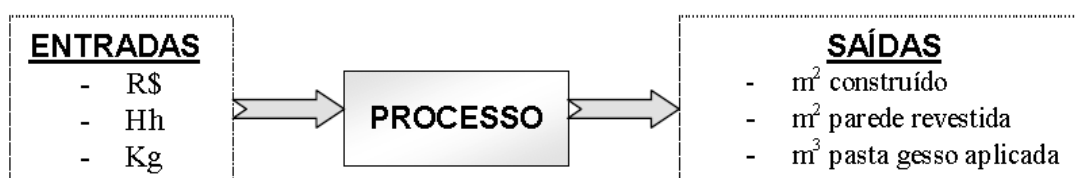
2. PRODUTIVIDADE DA MÃO DE OBRA

Para melhor exposição, clareza e total compreensão dos temas abordados nesta pesquisa, optou-se pela divisão da revisão bibliográfica em dois capítulos distintos, com subtítulos pertinentes aos dois grandes temas deste trabalho: Produtividade da Mão de Obra e Sistemas Prediais Hidráulicos e Sanitários (SPHS). Neste serão abordados os conceitos relacionados à PMO enquanto que no capítulo seguinte os relacionados aos SPHS.

2.1 DEFINIÇÕES DE PRODUTIVIDADE PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL

Souza (1996) define produtividade como a eficiência na transformação de recursos, sejam eles financeiros ou físicos, em produtos ou serviços sejam eles finais ou intermediários. Para o mesmo autor, o sistema de produção é representado por um processo de entradas e saídas, representado pela Figura 2.1, em que se aplica recursos e se extrai produtos. Ou seja, produtividade é a relação entre os esforços aplicados para a produção de um produto ou execução de uma tarefa e os resultados efetivamente alcançados.

Figura 2-1 - Representação de um sistema de produção

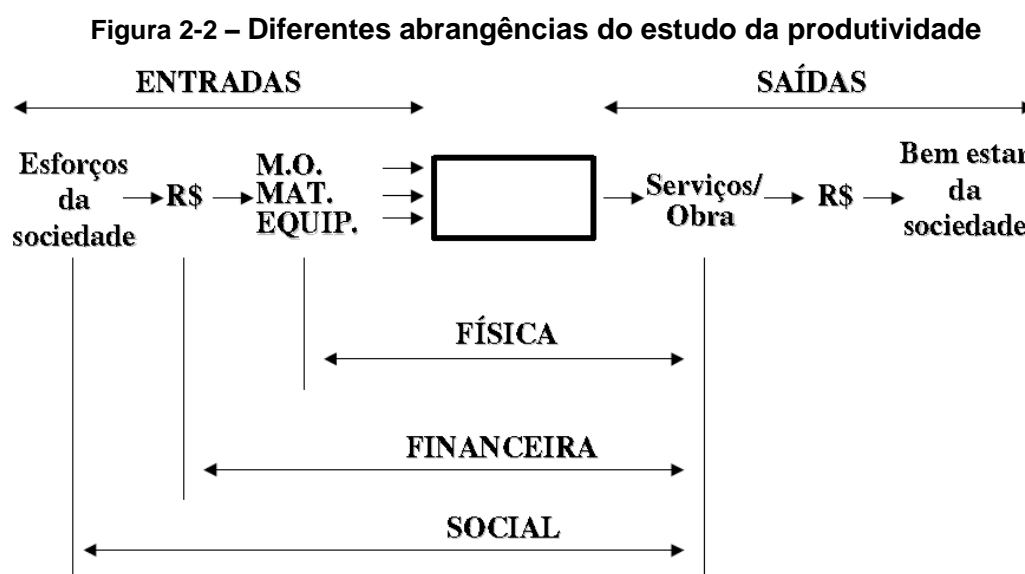


Fonte: Maeda; Souza (2000)

A produtividade deve ser estudada de forma a gerar indicadores que orientam a tomada de decisão dos responsáveis pelo processo, para tanto, segundo Maeda e Souza (2000) o conceito de eficiência com que se produz determinado produto deve estar tão incorporado a esta produtividade quanto os conceitos de agilidade/eficácia.

Para Souza (2006) agilidade/eficácia é fazer rapidamente as coisas certas, enquanto eficiência é fazer rapidamente certas coisas. A produtividade surge, portanto, da necessidade de se obter melhores resultados na aplicação dos recursos sem comprometer a qualidade do produto, final ou intermediário, por meio da redução das perdas e desperdícios oriundos do processo.

O mesmo autor ainda destaca que estes estudos de produtividade referentes aos processos de produção da construção civil podem ser feitos sob diferentes abrangências, segundo o tipo de entrada ou recurso a ser transformado (Figura 2.2), desta maneira pode-se ter estudos de produtividades: Físicas, “quando se estuda a produtividade no uso de materiais, equipamentos e mão de obra”; Financeiras: “quando a análise recai sobre a quantidade de dinheiro demandada” ou ainda; Sociais: “quando o esforço da sociedade como um todo é encarado como recurso inicial do processo”.



Este trabalho está destinado ao estudo de recursos físicos de mão de obra, especificamente aquela empenhada no serviço de execução de SPHS que utilizam técnicas de pré-montagem e ou industrialização em um nível acima do convencional. Estudos em canteiros de obras mensurando a forma tradicional de execução também foram realizados quando se teve a oportunidade de mensurar a mesma equipe realizando a mesma tarefa pelos dois métodos de produção, de modo a gerar dados comparativos.

2.2 MENSURANDO A PRODUTIVIDADE DA MÃO DE OBRA

Para a avaliação da PMO e comparação destes resultados, é fundamental a padronização das pesquisas a cerca deste assunto. A partir de Souza; Thomas (1996) e Souza (1996) originou-se no cenário nacional um entendimento consensual dos conceitos e métodos de medição da produtividade para a construção civil brasileira com base no Modelo dos Fatores desenvolvido por Thomas; Yakuomis (1987).

A confiabilidade dos resultados, desta e de outras pesquisas neste campo do conhecimento, está condicionada a adoção dos conceitos e métodos de coleta de dados aceitos e padronizados pela comunidade científica, assim como, os efeitos que este conhecimento potencialmente produzirá, tanto em futuras pesquisas como retroalimentando o sistema de gestão da produção, dependem da observação destes rígidos critérios, de forma a alcançar os benefícios esperados descritos por Carraro; Souza (1998).

Dentro destes conceitos, para mensurar a produtividade de qualquer sistema necessita-se coletar dados relativos às entradas e às saídas deste processo produtivo. Desta forma, para mensurar a PMO deve-se relacionar a quantidade de homens-horas aplicados (entrada) à quantidade de produto extraído ou serviço executado (saída). Segundo Souza (1996) a razão dessas duas grandezas gera um indicador denominado Razão Unitária de Produção (RUP) calculada utilizando-se a Equação 1:

$$RUP = \text{Homens-hora (Hh)} / \text{Quantidade de Serviço (QS)} \quad \text{Eq. 1}$$

Pode-se obter diferentes RUPs de acordo com o período de tempo ou ao número de ciclos ao qual se relaciona as entradas e saídas a serem mensuradas. RUPdiária quando as medidas se referem a um dia de trabalho, RUPcíclica quando o serviço estudado possui ciclos de execução bem definidos, como em edificações de múltiplos pavimentos e RUPperiódica, quando o ciclo de coleta de dados é vinculado a um período superior ao dia de trabalho, semana por exemplo. Destas RUP's deriva a RUPcumulativa que representa a produtividade cumulativa considerando todo o período de tempo ou número de ciclos analisados.

Para se fazer uma completa análise da PMO observa-se também a RUPpotencial. Matematicamente calculada como a mediana dos valores de RUPdiária, RUPcíclica ou RUPperiódica menores que a RUPcumulativa final do período ou conjunto de ciclos analisados. Representa um valor de RUPdiária, RUPcíclica ou RUPperiódica identificada como de bom desempenho e possível de ser atingida em condições normais de trabalho. A diferença entre a RUPcumulativa e a RUPpotencial (ΔRUP) em valores absolutos ou em porcentagem representa a eficiência da gestão da produção. Quanto menor esta diferença, melhor a gestão deste recurso ao longo da execução dos serviços.

A Tabela 2.1 exemplifica o cálculo das RUPdiária, RUPcumulativa e RUPpotencial para a execução do serviço de rasgo de paredes pelo período de 4 dias.

Tabela 2-1 – RUPdiária, RUPcumulativa e RUPpotencial para a execução de rasgos das paredes com o uso de marreta e talhadeira

Data	RUP (Hh/m)			Fatores				Observações
	Diária	Cum.	Pot.	Conex./m	Diâmetro mediano (mm)	Número de oficiais	Número de ajudantes	
14/10	0,07	0,07	0,10	-	-	1	2	Tarefa
20/10	0,13	0,11		-	-	0	1	Tarefa
21/10	0,28	0,13		-	-	0	1	Tarefa
24/10	0,16	0,14		-	-	0	2	Tarefa

Fonte: Paliari (2008)

2.3 MENSURANDO ENTRADAS E SAÍDAS

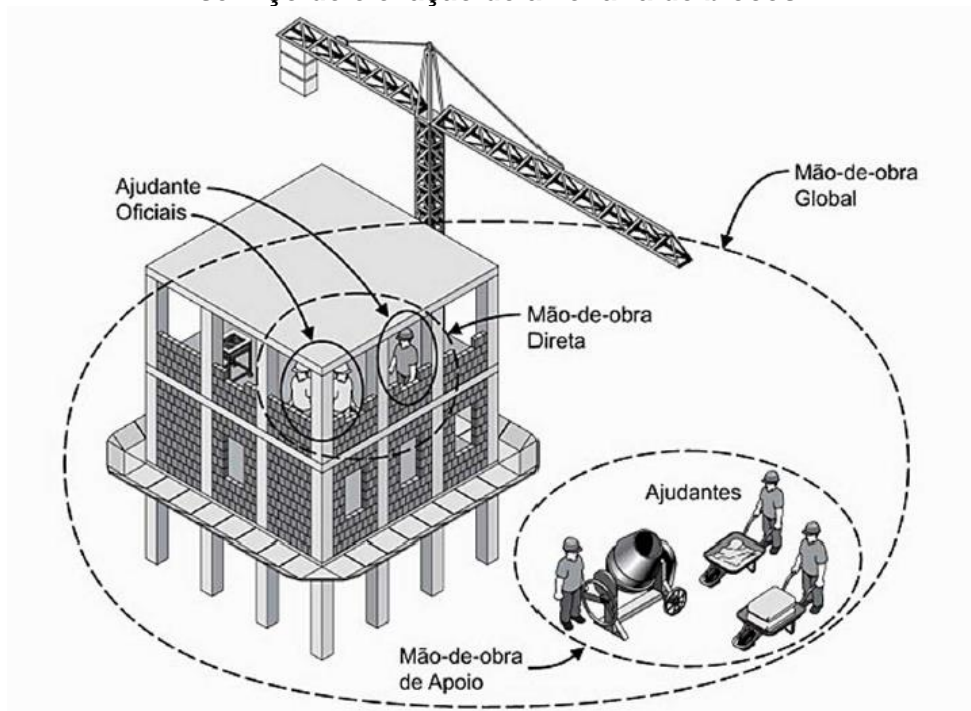
2.3.1 MENSURAÇÃO DAS ENTRADAS

Obtido através da multiplicação de trabalhadores presentes pelo tempo de execução do serviço ou tarefa, a apropriação dos homens-hora como entrada de esforço aplicado deve ser realizada mediante considerações explícitas de forma a evitar erros de interpretação e assim alcançar os benefícios esperados do estudo desta produtividade. Desta forma, além da quantidade de homens, muito interessa duas características, primeiro a qualificação destes, se são oficiais ou ajudantes, segundo se atuam diretamente na execução da tarefa ou em uma tarefa de apoio,

originando, portanto RUPs com abrangências diferentes em termos de tipo de mão de obra e em termos de atuação direta ou indiretamente na execução dos serviços.

Assim, a RUPoficial avalia a produtividade dos oficiais responsáveis pela atividade de transformação; RUPdireta avalia a PMO associada diretamente na atividade (oficiais e ajudantes); RUPglobal avalia todos os esforços de mão de obra envolvidos na atividade incluindo os trabalhadores que dão apoio a atividade fim realizando atividades meio. A Figura 2.3 ilustra as diferentes associações no que se refere às características de qualificação e atuação para o serviço de elevação de alvenaria de blocos assentes com argamassa preparada no canteiro.

Figura 2-3 – Associações para o cálculo das RUPoficial, RUPdireta e RUPglobal do serviço de elevação de alvenaria de blocos



Fonte: Souza (2006)

Por fim, para se apropriar o tempo da mão de obra demandada no desempenho de um serviço, há que se considerar todas as horas do trabalhador presente e disponível para trabalhar dentro do canteiro de obras, e não computar apenas os momentos produtivos em que ele realiza a atividade transformadora.

Desta maneira, segundo Souza (1996), as horas improdutivas ocasionadas pelo deslocamento, espera de material, falta de equipamento, participação de

treinamentos e outras, devem ser enquadradas e analisadas como fatores intervenientes da produtividade deste trabalhador.

2.3.2 MENSURAÇÃO DAS SAÍDAS

Para a coleta de dados referente às saídas, dois tipos de informações devem ser obtidos: o primeiro refere-se à quantidade executada de serviço e o segundo as características deste serviço. Tem-se como regra que toda mensuração da saída deve ser feita considerando a quantidade líquida de serviço (SOUZA, 2006) ao invés da quantidade bruta adotada para pagamento da mão de obra ou critério de medição de tabelas de composições de preços, e deve ser apresentada em unidades representativas do serviço. Exemplificando com o serviço de alvenaria, mensura-se a quantidade realmente executada na obra, descontando-se quaisquer vãos existentes nos panos executados em metros quadrados. Sendo assim, a presença de muitas ou poucas aberturas sendo elas pequenas ou grandes, faz parte dos fatores de conteúdo a serem analisados.

Especificamente, na quantidade de serviço executado, segundo Souza (1996), há dois tipos de serviços. O primeiro tipo é aquele que é fácil encontrar ao final de cada dia de serviço várias unidades completas do serviço estudado, como na alvenaria. No segundo tipo estão os serviços que, para ficarem prontos, passam por diversas etapas de processamento, como por exemplo os sistemas prediais, objeto desta pesquisa. Para estes casos o serviço deve ser dividido em várias subtarefas para que a medição seja possível com atenção para que o somatório resulte na quantidade total de serviço estudado.

2.4 MODELO DOS FATORES

Muitos fatores podem alterar a PMO; segundo Carraro (1998), conhecê-los é mais importante e útil do que apenas extrair os índices de produtividade, El-Gohary; Aziz (2014) afirmam que para melhorar a produtividade do trabalho na construção, é fundamental identificar e reconhecer a influência dos principais fatores que o afetam. Baseado no trabalho de Thomas; Yiakoumis (1987) que propuseram um modelo de medição da PMO na construção civil chamado “Modelo dos Fatores”, Araújo e Souza

(2000) dividiram esses fatores em cinco categorias distintas, relacionando quanto ao seu conteúdo e ao contexto do trabalho em execução, assim apresentadas;

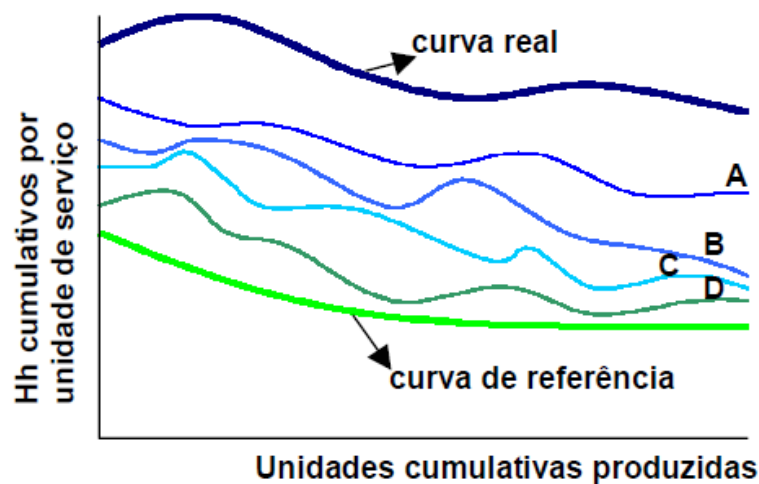
- Característica do produto;
- Materiais e Componentes;
- Equipamentos e Ferramentas;
- Mão de obra;
- Organização da produção.

2.4.1 BASE CONCEITUAL

Segundo Thomas; Yiakoumis (1987), o trabalho de uma equipe é afetado por certa quantidade de fatores que podem alterar o seu desempenho de diversas formas, aleatória ou sistematicamente. A soma cumulativa desses fatores no tempo torna a curva real de produtividade com um formato muito irregular, tornando sua interpretação difícil.

Ainda segundo os mesmos autores, os efeitos destes fatores podem ser matematicamente extraídos da curva real, obtendo uma curva que representa a produtividade de referência para o serviço estudado. Esta nova curva resultante representará a produtividade básica do serviço, realizado dentro de determinadas condições referenciais. Importante enfatizar que fatores que alteram a produtividade não são necessariamente negativos, diminuindo o desempenho, pode ser implantado uma melhoria operacional, aprendizagem por repetição, ou outros fatores que vão elevar a PMO. A Figura 2.4 representa a teoria do Modelo dos Fatores.

Figura 2-4 - Modelo dos Fatores para produtividade na construção civil



Fonte: Thomas; Yiakoumis (1987)

A PMO em um mesmo serviço muda na medida em que ocorre a variação dos fatores associados a ele. Na vigência de condições normais, Souza (2006) divide estes fatores em dois grupos referentes à caracterização do serviço estudado, que influenciam a PMO de forma permanente durante a execução das diversas tarefas até a conclusão do serviço.

No primeiro grupo, o autor alocou os fatores que estão relacionados com as características intrínsecas ao trabalho a ser realizado, com o projeto e suas especificações, como por exemplo, o peso e as dimensões da peça a ser assente ou o grau de complexidade de um determinado sistema a ser montado. Estas características são associadas aos Fatores de Conteúdo.

No segundo grupo estão os Fatores de Contexto, em que normalmente se associam aos “recursos de transformação” disponíveis para a execução da atividade e às “condições de contorno” do ambiente de trabalho. Fatores como disponibilidade de equipamentos mais eficientes, distância de deslocamento dos trabalhadores e dos materiais e, principalmente, a gestão do canteiro de obras são exemplos associados a este grupo.

Ainda, segundo o mesmo autor, existem também alguns fatores que acontecem de forma ocasional durante o processo de produção e, em função da sua intensidade, provocam grandes alterações momentâneas na produtividade, às vezes são associados ao conteúdo, mas normalmente relacionados ao contexto do

trabalho. Neste caso, devem ser tratados como anormalidades se for bastante significativo, durar ou ter seus efeitos sentidos durante várias horas e representar condição distante da normalidade. Como exemplos de anormalidades pode-se citar, entre outros, a quebra de um equipamento de transporte ou a ocorrência de forte chuva sobre a execução de revestimento de fachada.

2.4.2 PRINCIPAIS PESQUISAS SOBRE OS FATORES INTERVENIENTES NA PMO

Jakas; Bitar (2012) exploraram 45 fatores influenciadores da PMO na indústria da construção civil do Kuwait, classificando-os em quatro grandes grupos, Gestão; Tecnologia; Humano / Trabalho. Ranqueado, os 10 principais fatores que afetaram a eficiência dos operários no Kuwait são, como se segue: (1) A clareza das especificações técnicas; (2) A extensão dos pedidos de alteração durante a fase de execução; (3) Nível de coordenação entre os projetos; (4) Falta de supervisão do trabalho; (5) Proporção de trabalho subcontratado; (6) Nível de complexidade do projeto; (7) Falta de programa de incentivos; (8) Falta de liderança do gerente de obras; (9) Inspeção rigorosa pelo engenheiro; e (10) Demora em responder aos pedidos de informações.

A complexidade e importância do empenho em gestão e tecnologia, juntamente com a perspectiva de retorno dos esforços investidos em melhorias nestas áreas ficam evidentes quando são observados os resultados da pesquisa de Jakas; Bitar (2012). Nota-se que nenhum dos fatores externos figura na lista dos 10 principais fatores. Em que pese a pequena quantidade de fatores estudados do grupo externo, apenas 5, o país pesquisado possui extremidades climáticas muito superiores a qualquer região do nosso país, possuem no mesmo canteiro de obras temperaturas superiores a 50 graus e inferiores a zero, além de tempestades de areia que duram dias e, apesar do baixo índice de precipitações pluviométricas, o mesmo canteiro também está sujeito a alta umidade do ar que pode chegar a 90%. Ainda segundo os mesmos autores “é uma descoberta interessante que, a partir dos 10 fatores melhores ranqueados, seis são percebidos diretamente relacionados e causados por autores de projetos e por engenheiros gestores” (JAKAS; BITAR 2012).

Além de Jakas; Bitar (2012), vários outros autores dedicaram esforços investigativos nas últimas três décadas, produzindo relevantes pesquisas sobre a mão de obra da construção civil no cenário internacional e apontando diversos fatores de contextos que alteram a sua produtividade. Estes trabalhos trouxeram dados conclusivos e confiáveis com respeito às condições de entorno das tarefas executadas, principalmente nas esferas de gestão do canteiro de obras e dos recursos disponíveis para as atividades de transformação, que estão em perfeita concordância entre si e ratificam uns aos outros, não deixando dúvidas, tanto sobre a importância dos estudos de PMO quanto dos investimentos voltados para implantação de ferramentas voltadas para a criação de condições mais favoráveis para o seu desenvolvimento.

A Tabela 2.2, a seguir, apresenta um resumo da literatura e dos principais estudos em diferentes países sobre fatores que afetam a PMO da construção civil. Analisando os fatores mais bem ranqueados de todas estas pesquisas, nota-se claramente a presença maciça, assim como Jakas; Bitar (2012) afirmaram, de fatores diretamente relacionados e causados pelos gestores dos canteiros de obras e pelas decisões das equipes técnicas estão invariavelmente nas primeiras colocações.

Tabela 2-2 – Resumo da literatura internacional sobre os fatores que afetam a PMO da construção civil

Autor e ano	País	Total de fatores estudados	Principais fatores classificados em ordem decrescente com base em seu índice de importância
Horner; Talhouni e Thomas (1989)	Reino Unido	13	<ol style="list-style-type: none"> 1. Qualificação da mão de obra; 2. Construtibilidade; 3. Qualidade da supervisão; 4. Metodologia de trabalho; Programa de incentivos; 5. Layout do canteiro de obras; 6. Complexidade das informações/ Detalhamento dos projetos; 7. Dimensionamento e composição da equipe; 8. Jornada de trabalho; 9. Disponibilidade de ferramentas eléctricas; 10. Ausência no trabalho; 11. Número total de operários no canteiro de obras; 12. Proporção de trabalho subcontratado.
Lim; Alum (1995)	Singapura	17	<ol style="list-style-type: none"> 1. Dificuldade de contratação de supervisores; 2. Dificuldade de contratação de trabalhadores; 3. Taxa de rotatividade de mão de obra alta; 4. Ausência do local de trabalho; 5. Problemas de comunicação com trabalhadores estrangeiros; 6. Condições climáticas extremas que exigem paralisação dos trabalhos por um ou mais dias.
Zakeri et al. (1996)	Iran	13	<ol style="list-style-type: none"> 1. Falta de material; 2. Condições climáticas e condições do canteiro de obras; 3. Compartilhamento de equipamento; 4. Projetos deficientes e mudança de projetos; 5. Falta de ferramentas e equipamentos adequados.
Kaming et al. (1997)	Indonésia	11	<ol style="list-style-type: none"> 1. Falta de material; 2. Retrabalho; 3. Ausência dos operários; 4. Falta de ferramentas e equipamentos adequados; 5. Interferência da equipe de trabalho.
Makulsawatudom; Emsley; Sinthawanarong (2004)	Tailândia	23	<ol style="list-style-type: none"> 1. Falta de material; 2. Projetos incompletos; 3. Supervisores incompetentes; 4. Falta de ferramentas e equipamentos; 5. Ausência dos operários; 6. Comunicação falha; 7. Tempo de instrução; 8. Layout do canteiro de obras fraco; 9. Demora de inspeção; 10. Retrabalho.
Abdul Kadir et al. (2005)	Malásia	50	<ol style="list-style-type: none"> 1. Escassez de material no canteiro de obras; 2. Não pagamento aos fornecedores causando a interrupção da entrega do material no canteiro; 3. Mudanças por ordem dos consultores; 4. Emissão tardia de projetos por consultores; 5. Incapacidade do gestor do canteiro de obras para organizar as atividades.

Tabela 2-2 – Resumo da literatura internacional sobre os fatores que afetam a PMO da construção civil (continuação)

Autor e ano	País	Total de fatores estudados	Principais fatores classificados em ordem decrescente com base em seu índice de importância
Alinaitwe; Mwakali; Hansson (2007)	Uganda	36	<ol style="list-style-type: none"> 1. Supervisores incompetentes; 2. Falta de qualificação dos trabalhadores; 3. Retrabalho; 4. Falta de ferramentas e ou equipamentos; 5. Métodos construtivos inadequados; 6. Comunicação ineficiente; 7. Paralisações devido ao trabalho ser rejeitado por consultores; 8. Insegurança política; 9. Avarias em ferramentas e equipamento; 10. Condições meteorológicas adversas.
Enshassi et al. (2007)	Faixa de Gaza	45	<ol style="list-style-type: none"> 1. Escassez de material; 2. Falta de experiência da mão de obra; 3. Falta de vigilância do trabalho; 4. Incompreensão entre trabalhadores e superintendentes; 5. Alteração de projeto e especificação durante a execução.
Durdyev; Mbachu (2011)	Nova Zelândia	56	<ol style="list-style-type: none"> 1. Retrabalho; 2. Nível de qualificação e experiência do trabalhador; 3. Adequação do método construtivo; 4. Construtibilidade problemática; 5. Supervisão e coordenação inadequadas; 6. Conformidade legal; 7. Eventos imprevistos; 8. Dinâmicas externas.
Thomas; Sudhakumar (2013)	Índia	14	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mão de obra subcontratada versus mão de obra direta; 2. Programas de incentivo; 3. Hora extra; 4. Planejamento e distribuição de material; 5. Supervisão da mão de obra ineficiente.
Jarkas; Bitar (2012)	Kuait	45	<ol style="list-style-type: none"> 1. Clareza das especificações técnicas; 2. A extensão das ordens de variação / alteração durante a execução; 3. Nível de coordenação entre várias disciplinas de design; 4. Falta de supervisão do trabalho; 5. Proporção de trabalho subcontratado.
El-Gohary; Aziz (2014)	Egito	30	<ol style="list-style-type: none"> 1. Nível de qualificação e experiência da MO; 2. Programas de incentivo; 3. Disponibilidade de material e facilidade de seu manuseio; 4. Liderança e competência do gestor de campo; 5. Competência de supervisão da mão de obra; 6. Tecnologia construtiva (método e material) 7. Sistema operacional da mão de obra; 8. Planejamento, fluxo de trabalho e congestionamento do canteiro de obras; 9. Construtibilidade; 10. Transparência das instruções / informações.

Fonte: Adaptado de El-Gohary; Aziz (2014)

Durante os estudos de Thomas; Sudhakumar (2013), o colaborador subcontratado alcançou 33% mais produtividade em média do que o colaborador empregado diretamente pela construtora em um canteiro de obras destinado a construir um complexo de múltiplos pavimentos em Kerala, na Índia. A construtora encarregada da obra utilizou dois tipos de mão de obra para executar os trabalhos de alvenaria, M.O. própria e M.O. subcontratada. Enquanto a equipe de M.O. própria possuía salários fixos e lhes era permitido a execução de horas extras, a equipe de M.O. subcontratada obtinha seus vencimentos com base na quantidade de alvenaria executadas durante o dia, ou seja, baseado em sua saída de produção.

Os dois grupos realizaram as tarefas simultaneamente, em andares diferentes e sob a responsabilidade de um único engenheiro de campo que planejou os trabalhos de alvenaria, providenciou os materiais, instruiu os colaboradores e supervisionou os resultados. A obra tinha um único guincho, que foi utilizado para transportar os materiais de todas as tarefas, resultando em tempo perdido na espera para que este ficasse livre para transportar os materiais destinados à execução da alvenaria.

O aprofundamento das investigações sobre as razões para as diferenças de produtividade revelou que as atividades de alvenarias foram aceleradas para atender aos cronogramas, e que esta aceleração foi realizada empregando um maior número de colaboradores contratado e permitindo o uso indiscriminado de horas extras desta mão de obra. Em que pese os cuidados tomados pelo gestor da obra para garantir a disponibilidade de material para as duas equipes de MO, tanto a própria quanto a subcontratada, esta equipe, incentivada pelo pagamento com base em suas produtividades, segundo Thomas; Sudhakumar (2013), pressionou o gestor por mais materiais sempre que estes ficaram aquém do limite de segurança. Já os trabalhadores empregados diretamente, recebendo salários fixos, não se preocuparam se os seus materiais não estavam disponíveis, experimentando diversas ocorrências de interrupções em suas tarefas, e para cumpri-las abusaram do uso das horas extras ocasionando índices de PMO sensivelmente piores que a PMO da equipe incentivada financeiramente. Os resultados desta pesquisa, afirmam os mesmos autores, apontam claramente que as causas das perdas de

produtividade estão principalmente nas esferas referentes à gestão ineficiente do canteiro de obras.

Este tipo de estudo não é novidade na indústria da construção civil, Talhouni (1990) obteve resultados semelhantes e fez as mesmas observações que Thomas; Sudhakumar (2013) quando estudou dois grupos de trabalhos em sua tese de pós-doutorado. Recentemente, no cenário nacional Andrade; Lordsleem Jr (2016) encontraram resultados que corroboram com estas afirmações em sua pesquisa que comparou a produtividade de 4 equipes de MO que realizaram tarefas semelhantes de assentamento de placas cerâmicas e porcelanato, 3 equipes eram subempreiteiras e 1 equipe com a mão de obra própria da construtora.

A relevância do trabalho de Andrade; Lordsleem Jr (2016) dá-se pelo fato que, por todas estas equipes estarem simultaneamente no mesmo canteiro de obra, sob as mesmas condições físicas de entorno, e realizando a mesma tarefa, portanto muitos fatores de conteúdo e fatores de contexto inerentes ao serviço estudado foram isolados na pesquisa, permitindo análises conclusivas. Salvo por alguns índices isolados a equipe formada por colaboradores contratados apresentaram as piores PMO em todos os casos estudados, tanto para os assentamentos internos e externos, quanto para todos os materiais, cerâmico e porcelanato, mesmo esta equipe também recebendo estímulos financeiros atrelados a saída da sua produção.

Investigando as causas os autores verificaram que as metas estipuladas pelos gestores da obra para os oficiais próprios receberem as bonificações financeiras eram difíceis de serem alcançadas e que o maior grau de especialização dos oficiais das subempreiteiras corroborava com a alta velocidade destas empresas. Constataram também que nenhuma das equipes atendeu todos os requisitos de qualidade, entretanto os casos de não conformidade foram mais frequentes nas unidades das subempreiteiras do que nas unidades executadas pela MO própria.

Desta forma, Andrade; Lordsleem Jr (2016) concluem que, ainda que exista uma produtividade superior da mão de obra subempreiteira esta não corresponde necessariamente à vantagem competitiva esperada em relação à mão de obra própria, que a aplicação de estímulos financeiros deve ser compatível com a

realidade dos fatores influenciadores da produtividade, caso contrário não produz efeitos. Que as empresas, mesmo as subcontratadas, necessitam de treinamentos pela construtora, com a finalidade de equacionar os critérios qualitativos, e que estas empresas irão exigir da contratante maior esforço de controle e fiscalização sobre os serviços a fim de evitar retrabalhos e atrasos.

Os resultados obtidos por Andrade; Lordsleem Jr (2016) foram ao encontro dos resultados publicados por Thomas; Sudhakumar (2013) e por Talhouni (1990), e todos se prestaram a confirmar alguns dos princípios fundamentais de gestão de canteiro de obras publicados por Thomas; Horman (2006) que serão apresentados adiante. Ressalta-se até o momento que todos estes fatores que estão diretamente relacionados às tomadas de decisões do gestor da obra, só são possíveis de serem tomadas de forma certa mediante o conhecimento da PMO como afirmou Carraro, Souza (1998).

O Dr. H. Randolph Thomas, autor principal de Thomas; Horman (2006) monitorou ativamente a PMO da construção civil nas últimas décadas e construiu uma base de dados, até aquele momento, contendo mais de 125 obras nos seis continentes com aproximadamente 400.000 horas de trabalho mensuradas em cerca de 6.000 dias úteis coletados, consistentemente dentro de procedimentos padronizados (Thomas et al., 1998). Tais procedimentos documentaram as condições e o tipo de trabalho realizado, coletando e registrando diariamente não só os dados quantitativos de produtividade simples, mas também informações relativas aos canteiros de obras, que afetaram a execução destas tarefas, com mais de 50 itens de dados medidos e documentados diariamente, de tal forma que se extraísse os dados qualitativos.

Especificamente para este artigo foram compilados os dados da base de 35 obras nos Estados Unidos, Jordânia e Brasil, de forma que lhes permitiu postular os 20 princípios fundamentais da gestão de MO de canteiros produtivos, apresentados na Tabela 2.3 Entre eles destaque para os itens 2 – Medidas de desempenho e 8 – Pré-montagens e módulos, que estão no cerne desta dissertação, ainda que praticamente todos os princípios tenham sido notados em algum momento desta pesquisa durante sua coleta de campo. Estes princípios foram deixados pelos

autores intencionalmente com aspectos generalistas de forma que possam ser aplicáveis a mais ampla gama de condições.

Tabela 2-3 – Princípios fundamentais da gestão da MO de Thomas; Horman (2006)

No	Princípio	Observações
1	Princípios Gerais	
1.1	Sempre que possível, use uma programação 4x10 de trabalho (4 dias da semana com 10h cada).	Verificar legislação local. No cenário nacional possível aplicação apenas mediante aprovação da reforma trabalhista.
1.2	Equipar a tarefa com recursos de MO consistentes com a quantidade de trabalho disponível para ser realizado. Isso inclui considerar adequadamente a variabilidade dentro da obra	A maioria dos empreiteiros já seguem bem esta prática. Variar o número de Hh de acordo com a quantidade de trabalho disponível para realizar
1.3	Ter uma boa política de rescisão ou demissão para a equipe. Isso deve ser parte de uma estratégia trabalhista flexível abrangente utilizada pela empresa.	Verificar legislação local. Computar este custo na central de custos da tarefa. Cuidado com descontentamentos dos trabalhadores
1.4	Em casos de variabilidade incontrolável, pode-se precisar de mais trabalho do que o planejado, aplicado rapidamente, para completar a tarefa no prazo exigido.	Isso ocorre quando interrupções, eventos, atrasos por outros contratados e dificuldades imprevistas no canteiro, afetam a obra, e as datas de conclusão são rígidas.
1.5	Administradores e encarregados não devem pegar nas ferramentas e executar o trabalho normalmente feito por oficiais.	Devido aos seus históricos de oficiais, é difícil para eles abandonar completamente suas ferramentas.
1.6	O conceito de um encarregado trabalhando não é uma boa ideia	Suas responsabilidades são planejar e antecipar problemas, prever escassez e agendar de equipamentos e entregas de material.
2	Medidas de Desempenho	
2.1	Medidas de desempenho confiáveis precisam incluir entradas e saídas.	Entradas como Homens hora (Hh) Saídas como Quantidade de serviço executada (QS)
3	Cronograma diário de trabalho	
3.1	Cronogramas diários devem ser planejados para prolongar o período do dia de maior atividade de trabalho.	A maioria das atividades ocorre por volta das 10:00 e das 14:00. Evitar intervalos próximos destes horários. Verificar legislação local.
4	Atribuições das tarefas	
4.1	Focar principalmente na equipe que executa a tarefa de alta receita.	Entende-se por alta receita as subtarefas com alto conteúdo de mão-de-obra (não necessariamente custo). Nunca pare o trabalho de alta produção de receitas.
4.2	Manuseio de materiais e entregas eficientes são importantes para uma boa produtividade, especialmente em operações de MO intensiva.	Nos países em desenvolvimento, grande parte deste trabalho é realizada por intensivo uso de MO.
4.3	Execução de subtarefa de baixa receita deve ser concomitante com subtarefa de alta receita.	Se o trabalho de baixa receita não estiver disponível, devem ser feitas atribuições de <u>tarefas alternativas (atividade estepe)</u> .
4.4	Realizar trabalho incidental simultaneamente com a tarefa de alta receita.	Infelizmente, a maior parte do tempo, baixa e alta receita e trabalho incidental são feitos sequencialmente.
5	Estrutura das Equipes	
5.1	A equipe deve ser visto como um conjunto de equipes de MO de tamanho flexível.	Trabalhar este princípio junto com os princípios 1.2 e 1.3.

**Tabela 2-3 – Princípios fundamentais da gestão da MO de Thomas; Horman (2006)
(continuação)**

No	Princípio	Observações
6	Interrupções / Perturbações	
6.1	Minimizando ou eliminando as interrupções irá reduzir a variabilidade da PMO e melhorar o desempenho.	Utilizar os conceitos e princípios da construção enxuta par melhorar os fluxos. (Mapeamento de fluxo de valores)
7	Multiskilling	
7.1	Criar equipes <i>multiskilling</i> com indivíduos de diferentes qualificações que, quando combinados, formam uma equipe polivalente.	<i>Multiskilling</i> : Neologismo que significa executar múltiplas tarefas que normalmente seriam atribuídas a várias equipes.
7.2	Em caso de várias tarefas de <i>multiskilling</i> aplicadas simultâneas, os encarregados precisam considerar cuidadosamente o tamanho das equipes, a produção esperada para cada time e quantas horas deve ser dada para cada uma para realizar sua tarefa.	Treinar os funcionários para fazer várias coisas diferentes, ou do uso de vários funcionários com diferentes qualificações em uma mesma equipe.
8	Pré-montagens e Módulos	
8.1	Pré-montagens e módulos é uma forma eficaz de reduzir o componente de MO de campo da atividade de instalação.	Pré-montar componentes em subconjuntos e posteriormente montar na posição. Empreiteiros já montam armaduras de aço, no entanto, pode-se fazer uso mais amplo dessa prática e geralmente há vantagens de eficiência de trabalho em fazê-lo.
9	Relações simbióticas entre as equipes	
9.1	Assegurar que exista intervalo de tempo adequado entre cada atividade.	Trabalho de natureza cooperativa que envolve diversos oficiais, cujo ritmo de trabalho de uma equipe depende da execução da tarefa de outra equipe.
9.2	Evitar relações simbióticas, devido a dificuldades de gestão.	Sempre que possível transformar as atividades simbióticas em sequenciais.

Fonte: Adaptado de Thomas; Horman (2006)

Para Thomas; Horman (2006) todos estes princípios possuem aplicabilidade imediata para a prática em canteiros de obras e suas aplicações promoverão economias imediatas no empreendimento através da redução das práticas de desperdício e mitigações das muitas interrupções provocadas em sua maioria pelas práticas ineficientes de gestão da MO. Estas práticas têm sido documentadas como principal causadoras do mau desempenho em relação ao custo, cronograma e PMO, os autores ainda alertam para a possibilidade de ser necessário fazer compensações entre os princípios e que em cada caso, a circunstância será única.

El-Gohary; Aziz (2014) também encontrou os fatores da categoria de gestão como os mais potencialmente influenciadores da produtividade nos 30 fatores estudados, e afirma que apesar da sua importância, os fatores de gestão são quase imprevisíveis durante a fase de orçamentação e licitação. Essencialmente os fatores

(1) Nível de qualificação da MO (2) Incentivos financeiros e (3) Disponibilidade dos materiais e sua facilidade de manuseio, passam a não serem mais novidades neste cenário, entretanto os mesmos autores aprofundam esta questão, inquirindo os projetos, os projetistas e a construtibilidade de suas obras.

O Egito, país originário desta pesquisa, assim como o Brasil é formado por uma população relativamente alta e com abundância de mão de obra, desta forma, o seu resultado apontar o fator (1) Experiência e qualificação profissional em primeiro lugar está de acordo com a realidade que a indústria de construção dos dois países sofrerem com a falta de trabalhadores qualificados e treinados, e revela a importância de desenvolver políticas de qualificação profissional na construção civil, que possam melhorar o setor e a economia em geral também.

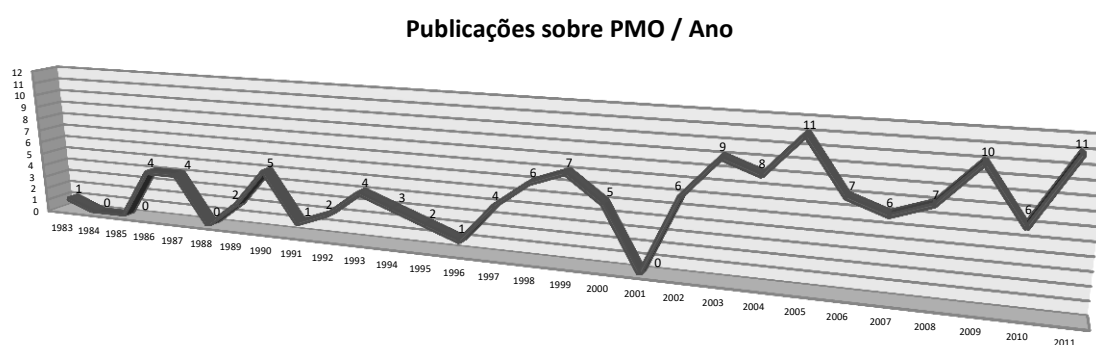
O fator (2) Incentivos, também considerado por El-Gohary; Aziz (2014) um dos mais importante, é atribuído ao fato de a maioria dos trabalhadores da construção civil vir de áreas rurais para as cidades para trabalhar por salários inicialmente baixos em uma base diária sem qualquer tipo de cobertura de seguros, neste sentido os incentivos financeiros e premiações criam um alto nível de motivação e satisfação entre eles.

Para os mesmos autores, o fator mais previsível e mais significativo, mesmo que não mais bem ranqueado, entre os identificados pelos resultados obtidos é (9) Construtibilidade, fator que integra os projetos à construção. Relativamente este fator precisa de muito mais esforços e considerações dos envolvidos de forma sistêmica, confirmando o significado de aplicar esse conceito à indústria da construção e afirmando o papel fundamental da relação entre projetistas/engenheiros e empreiteiros no processo. As descobertas, no entanto, revelam uma grave falta de coesão entre as duas partes e sua incapacidade de ver todo o processo de construção através dos outros olhos, pois os fatores (6) Tecnologia construtiva (8) Planejamento, fluxo de trabalho e congestionamento do canteiro de obras e (10) Transparência das instruções/informações também ficaram em posição de destaque e estão intimamente ligados aos conceitos de construtibilidade.

Na verdade, existem mais oportunidades para diminuir significativamente o custo total da obra, concentrando mais atenção no projeto do que na fase de construção. Embora os custos com projetos geralmente variem entre 2 a 5% do custo de construção da obra, as decisões tomadas durante esta fase, não só têm um impacto máximo no custo de construção, mas também ditarão sua viabilidade financeira, despesas futuras e durações. À vista disso, melhorar o nível de construtibilidade das obras é certamente o primeiro passo na direção certa, e isso pode ser conseguido aumentando a consciência dos projetistas sobre o impacto significativo desse conceito sobre a produtividade do processo de construção todo, incluindo a PMO, além de aumentar o encorajamento de métodos de aquisição de conhecimento, que permitem o envolvimento de empreiteiros durante a fase de projeto das obras (EL-GOHARY; AZIZ, 2014)

As pesquisas sobre os tópicos da PMO na construção civil emergiram significativamente na última década, o número de publicações de pesquisa acadêmica em um determinado campo do conhecimento pode comprovar e validar a medida que as inovações industriais e as melhores práticas nas áreas de pesquisa progredem nesse setor produtivo específico. Considerando as publicações em revistas de primeira linha, como o *Journal of Construction Engineering and Management*, *Construction Management and Economics* e o *Journal of Management in Engineering* dentre outros da mesma gradação internacional, a média de artigos publicados especificamente sobre PMO saltou de 1,5 por ano na década de 80 do século passado para uma média de 7 por ano na última década, como mostra o gráfico da Figura 2.5 na sequência.

Figura 2-5 - Numero de artigos sobre PMO nas principais publicações internacionais



Fonte: Adaptado de Yi; Chan (2014)

No entanto, os temas de investigação no âmbito PMO são altamente diversificados, neste sentido, Yi; Chan (2014) realizaram uma revisão sistemática destes artigos e teceram comentários críticos sobre essas áreas de conhecimento, concentrando nas esferas das empresas construtoras, das obras e das atividades em si, investigando o estado da arte e as tendências das pesquisas de PMO.

Devido a gestão da produção ser considerada a grande influenciadora da PMO em uma fase inicial, Yi; Chan (2014) encontraram pesquisas significativas sobre como tornar a gestão mais efetiva no apoio à mão de obra. Neste segmento, a primeira e fundamental ação de gerenciamento, segundo Liu et al., (2011) é reduzir a variação do fluxo de trabalho no canteiro de obras e introduzir o *Last Planner System (LPS)* para estabilizar este fluxo. Aplicado na construção para melhorar o PMO, o *LPS* é uma filosofia e um conjunto de princípios e ferramentas destinadas a melhorar a confiabilidade do fluxo das tarefas através de melhores estratégias de planejamento e, quando foi implementado em construtoras de vários países nos Estados Unidos, Europa, América do Sul e Ásia, demonstrou sua eficiência melhorando a rentabilidade na maioria dos casos. (LIU et al., 2011)

Especificamente sobre tecnologia, Yi; Chan (2014) afirmam que ela teve um efeito gigantesco sobre a PMO nos últimos anos, incluindo tecnologia de novos materiais e tecnologia da informação. Evolução das ferramentas, máquinas, bem como a automação e integração de sistemas de informação aumentaram o poder da produção e modificaram os requisitos de qualificações da MO. Os mesmos autores também levantaram que, métodos mais rigorosos de análises, tais como análise de regressão linear, análise hierárquica, teoria dos conjuntos vagos (*fuzzy set theory*) e análise envoltória de dados, quando usados em pesquisas de PMO apresentaram relevantes contribuições de melhoria.

No entanto, um mecanismo que permite aprimoramento mútuo das PMO nessas diferentes esferas não parece ser bem discutido. Portanto, mais esforços de investigação devem ser feitos neste sentido para a melhoria global da PMO, e com os esforços integrados e concentrados, alcançar todos os intervenientes da indústria da construção civil, empresas construtoras, gestores de obras e colaboradores laborais (YI; CHAN, 2014).

2.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS ACERCA DESTE CAPÍTULO

Neste capítulo foram apresentadas as principais teorias e conceitos, considerados essenciais para o embasamento científico sobre a PMO na construção civil, e que primordialmente nortearam a busca pelos resultados alcançados nesta pesquisa. A mensuração da PMO só atinge a real importância quanto realizada dentro de padrões preconizados e adotados pela comunidade científica, neste sentido, foi exposto além das definições primárias, a linha de pesquisa adotada, a forma de apropriação dos dados relativos a MO demandadas e as regras gerais de obtenção das informações quantitativas dos serviços executados.

Por fim, o capítulo explanou sobre o principal método de compreensão da extensa variabilidade que atinge a PMO na construção civil, o Modelo dos Fatores, apresentado seus fundamentos e pesquisas relevantes que permitiram a análise dos resultados obtidos.

Entretanto, um embasamento teórico satisfatório para a compreensão deste trabalho só foi alcançado mediante o próximo capítulo que completa esta revisão bibliográfica abordando os SPHS, com foco nos seus processos construtivos, nos modelos de gestão da sua produção que podem ser de forma tradicional ou utilizando kits pré-produzidos, e também aborda seus possíveis materiais empregados nos diversos sistemas.

3. SISTEMAS PREDIAIS HIDRÁULICOS E SANITÁRIOS

Neste item abordam-se os SPS sob o ponto de vista da sua execução, considerando os principais materiais empregados e a forma de produção das instalações in loco e por meio de utilização de kits.

3.1 DEFINIÇÕES E CARACTERÍSTICAS GERAIS

Sistema é um conjunto de elementos ou componentes que interagem, produzem um ou mais resultados e é cercado por um ambiente do qual se originam os recursos que produzem seus objetivos. Por definição de Gonçalves (1994) sistemas prediais são sistemas físicos integrados a uma edificação que tem por finalidade dar suporte às atividades dos usuários, suprindo estes com os insumos necessários às atividades e serviços desenvolvidos neste edifício.

Sob a ótica da visão sistêmica recorrente hoje na construção civil, a edificação deve ser considerada como um sistema único formado por vários subsistemas interligados e pensados para desempenhar funções específicas (ISO 1984), neste aspecto esta visão gera maior simplicidade de execução dos sistemas prediais, facilita a manutenção, acessibilidade, prolonga a vida útil e acarreta benefícios econômicos. Partindo desta mesma premissa, a Tabela 3.1 apresenta os principais sistemas prediais e seus respectivos subsistemas relacionados com os insumos solicitado pela atividade do usuário.

Tabela 3-1 – Sistemas prediais relacionados aos insumos solicitados

Serviço/insumo	Sistemas prediais	Subsistemas
Água	Hidráulicos e Sanitários	Sistema de água fria; Sistema de água quente; Sistema de esgoto sanitário; Sistema de águas pluviais.
Conforto	Conforto Térmico e Ventilação	Sistema de ar condicionado; Sistema de iluminação; Sistema de ventilação e exaustão; Sistema de calefação.
Energia	Fornecimento e Distribuição de energia	Sistema de gás combustível; Sistema de energia elétrica; Sistema de geração de energia solar.
Comunicação	Telecomunicação	Sistema de telefonia; Sistema de TV; Sistema de interfone; Sistema de lógica e informática.
Transporte	Transporte	Sistema de elevadores; Sistema de esteiras e escadas rolantes.
Segurança	Segurança Contra Incêndio	Sistemas de hidrantes; Sistemas de chuveiros automáticos; Sistemas de detecção de fumaça e alarme; Sistema de pressurização de escadas.
Segurança	Segurança Patrimonial	Sistema de segurança patrimonial; Sistema de controle de acesso; Sistema de circuito fechado e TV.
Automação	Automação Patrimonial	Sistema de integração de sistemas de segurança; Sistema de controle de sistema de iluminação, som e imagem; Sistema de controle e monitoramento de elevadores; Sistema de monitoramento de sistemas hidráulicos e de ar condicionado.

Fonte: Gonçalves (1994)

Especificamente quando se trata de SPHS, segundo Gonçalves (1994), estes podem ser entendidos como os sistemas da edificação destinados a conduzir, armazenar e distribuir a água potável e permitir sua utilização adequada, coletar as respectivas águas passadas e destiná-las a um sistema público de coleta ou dispô-las de forma e em local apropriados. Também estão incluídas em SPHS as águas pluviais incidentes nesta edificação, com ou sem o seu aproveitamento no que tange a sua captação, transporte e disposição adequada.

De acordo com Amorim (1989) os SPHS compreendem os sistemas prediais de água fria, água quente, esgoto sanitário e água pluvial e podem ser decompostos nos seguintes subsistemas (Tabela 3.2).

Tabela 3-2 – Subsistemas do SPSHS

Água Fria	Sistema de abastecimento. Sistema de distribuição. Sistema de reservação.
Água Quente	Sistema de aquecimento/reservação. Sistema de distribuição.
Esgoto Sanitário	Sistema de coleta. Sistema de transporte. Sistemas complementares (fossa, caixa de inspeção, etc.).
Água pluvial	Sistema de coleta. Sistema de transporte. Sistemas complementares (caixa de areia, de inspeção, etc.).

Fonte: Amorim (1989)

Recentemente, importantes conceitos de sustentabilidade foram incorporados á estas definições de sistema hidráulico que hoje, encontra-se incluído além da água potável o tratamento, armazenamento e distribuição da água de uso e das águas pluviais.

Os SPSHS possuem algumas características que são inerentes à sua existência. Ilha (2009) destaca a grande complexidade funcional, a essencial inter-relação dinâmica dos seus diversos subsistemas e algumas opções de materiais, componentes e equipamentos que constituem cada sistema.

Aro (2004) corrobora afirmando que os SPSHS estão muito vinculados com outros subsistemas construtivos do edifício, interagindo e necessitando de suporte, espaço e sustentação das tubulações, além de previsão de espaços de passagens e espaços técnicos para seus equipamentos, como reservatórios, casas de máquinas, etc. Ainda segundo o mesmo autor estes devem ser pensados desde a concepção inicial do edifício pois sua execução interfere na execução de estruturas, dos sistemas de vedação, pisos, entre outros.

Sob o ponto de vista tecnológico, os SPSHS se encontra em um bom nível evolutivo de acordo com Aro; Amorim (2004), disponibilizando de insumos com grau de desenvolvimento relativamente avançados, que conseguem responder satisfatoriamente às necessidades concebidas em projeto, exigidas na execução, durante o uso e quando solicitada a manutenção. As dificuldades, concluíram estes autores, concentram-se nos aspectos organizacionais, caracterizados pelo

conservadorismo do setor e dos profissionais envolvidos com dificuldade em assumir riscos. Uma solução com tecnologia diferente do convencional, se adotada em algum destes subsistemas influenciará de alguma forma nos demais, obrigando esta construtora a “repensar todos os sistemas de produção e assumir alguns riscos, sendo esta a maior dificuldade deste setor que tende a manter seu *status quo*”.

3.2 MATERIAIS EMPREGADOS

O mercado de materiais de construção oferece muitas opções de materiais para atender a mesma necessidade de suprimento. Considera-se que o material constituinte do sistema em execução é um dos principais fatores que influenciam a PMO, não simplesmente pelo seu peso ou outras características físicas de conteúdo, mas principalmente por cada um deles possuir um método construtivo próprio. A Tabela 3.3 apresenta esta multiplicidade de ofertas de materiais de tubos e conexões para os principais sistemas prediais.

Tabela 3-3 - Materiais empregados nos tubos e conexões mais utilizados nos sistemas prediais

Sistema Predial	Materiais Possíveis
Suprimento de água fria	<ul style="list-style-type: none"> • Cloreto de Polivinila (PVC) • Polietileno de alta densidade (PEAD) • Polipropileno Copolímero Randon (PPR) • Polietileno Reticulado (PEX)
Suprimento de água quente	<ul style="list-style-type: none"> • Policloreto de Vinila Clorado (CPVC) • Cobre • Polipropileno Copolímero Randon (PPR) • Polietileno Reticulado (PEX)
Esgoto	<ul style="list-style-type: none"> • Cloreto de Polivinila (PVC)
Águas pluviais	<ul style="list-style-type: none"> • Cloreto de Polivinila (PVC)
Suprimento de gás	<ul style="list-style-type: none"> • Cobre • Polietileno Reticulado Multicamadas (PEX Multicamadas)

Fonte: Adaptado de Gonçalves et al (2000)

Orientado pela abrangência desta pesquisa que busca além dos kits pré-montados, os materiais aplicados em SPHS recentemente lançados no mercado, preferencialmente aqueles que estão ganhando espaço junto às construtoras

durante a última década, ou que tenha forte potencial de crescimento, esta revisão bibliográfica aponta o seu foco para os principais representantes destas categorias, em que se destacam o PPR e o PEX.

3.2.1 POLIPROPILENO COPOLÍMERO RANDON TIPO 3 – PPR

Desenvolvido na Alemanha com a finalidade de conduzir água quente sob pressão sem apresentar os problemas conhecidos dos outros materiais metálicos unidos por roscas, como vazamentos, corrosões, perdas de calor e presença de toxidade, o PPR representa um importante avanço científico superando em performance seus materiais concorrentes nestes quesitos com várias possibilidades de aplicações na construção civil como para o transporte de fluidos industriais, ar frio e quente sob pressão, e água fria e quente, sendo este o uso mais comum no subsetor de edificações.

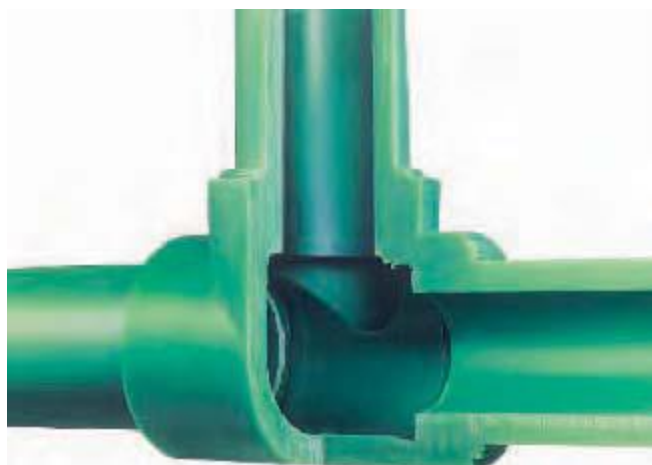
Derivado do petróleo, este material é obtido através de complexos processos químicos sucessivos em que ocorre a ruptura da cadeia molecular, obtendo-se um copolímero que não segue qualquer sequenciação, sendo chamado então de copolímero aleatório ou randômico.

Sua normalização entrou em vigor em 2010, antes disso, a exemplo do que ocorreu com o PEX, as construtoras se baseavam em ISO, catálogos dos fabricantes e nas boas práticas do mercado para executar tubulações utilizando o PPR. A NBR 15813 Sistemas de tubulações plásticas para instalações prediais de água quente e fria (ABNT, 2010) também se divide em 3 partes, a primeira estabelece os requisitos específicos para fabricação, aceitação e recebimento de tubos para instalações prediais para transporte de água quente e fria para o consumo humano, instalados por processos térmicos de fusão, a segunda estabelece os mesmos requisitos porém para as conexões e terceira trata dos requisitos mínimos de montagem, , instalação, armazenamento e manuseio de tubos e conexões de PPR.

Sua união entre duas peças, tubo e conexão, é feita por termofusão a 260° C, temperatura em que ocorre a fusão molecular do material, formando assim uma tubulação contínua sem roscas, soldas ou cola minimizando a possibilidade de falhas no sistema (Figura 3.1), o processo é simples e requer MO especializada. No

entanto sua produtividade é diferenciada com em relação às outras opções no mercado, principalmente quando aplicado para água quente em comparação com o cobre, visto que este além de ter método executivo complexo, ainda requer instalação de material isolante térmico, etapa dispensada pelo PPR.

Figura 3-1 - Corte em uma tubulação em PPR termofundida



Fonte: Aquasystem (2009)

A montagem do sistema se inicia com o corte dos tubos realizado manualmente com tesoura específica (Figura 3.2); este processo, mais rápido que o corte por serras manuais comuns em outros materiais, não deixa rebarbas e só permite o corte perfeitamente perpendicular. Limpas as superfícies, a união das peças é feita com a utilização do aparelho termofusor, que se por um lado dispensa o tempo gasto com o processo de solda, alterando a PMO, possui a desvantagem de ter que estar sempre alimentado por energia elétrica, o aparelho atinge e mantém fixa a temperatura de trabalho solicitada pelo processo de 260° C.

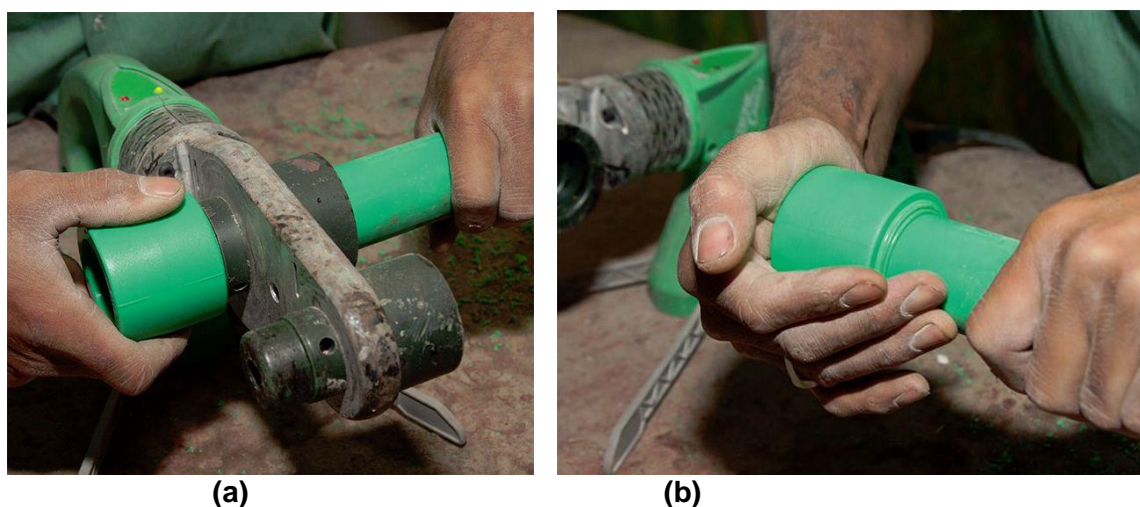
Figura 3-2 – Cortador de tubos de PPR



Fonte: Revista Equipe de Obra (2016b)

O instalador introduz simultaneamente o tubo e a conexão em seus respectivos bocais do termofusor, aguarda de 5 a 50 segundos, dependendo do diâmetro da tubulação (Tabela 3.4), retira simultaneamente as duas partes do equipamento e introduz imediatamente a ponta do tubo na bolsa da conexão (Figuras 3.3a e 3.3b). Tal diferença de tempo devida pelo diâmetro da tubulação supostamente não seria um dos principais fatores intervenientes da PMO.

Figura 3-3 – (a) Operação de inserção das peças de PPR com termofusor (b) Acoplamento das peças para termofusão



Fonte: Revista Equipe de obra (2016b)

Para esta última tarefa ele possui um intervalo de tempo para realizar o acoplamento de 4 a 10 segundos e ainda pode fazer ajustes de alinhamento entre as peças de 15°. O tempo de resfriamento da tubulação também sofre variação de acordo com a sua bitola (Tabela 3.4) e com as condições de contexto da obra.

Tabela 3-4 - Tempo da operação de termofusão de tubos e conexões de PPR

Diâmetro (mm)	Tempo de aquecimento (segundos)	Intervalo para acoplamento (segundos)	Tempo de resfriamento (minutos)
20 mm	5 seg.	4 seg.	2 min.
25 mm	7 seg.	4 seg.	2 min.
32 mm	8 seg.	6 seg.	4 min.
40 mm	12 seg.	6 seg.	4 min.
50 mm	18 seg.	6 seg.	4 min.
63 mm	24 seg.	8 seg.	6 min.
75 mm	30 seg.	8 seg.	6 min.
90 mm	40 seg.	8 seg.	6 min.
110 mm	50 seg.	10 seg.	8 min.

Fonte: Amanco (2010)

No caso deste sistema trabalhar embutido em alvenarias a profundidade do rasgo deve ser tal que a camada de argamassa seja no mínimo igual ao diâmetro

externo da tubulação principal, assim deve ser respeitada a mesma medida para separar tubulações que transportam água fria da água quente (Figura 3.4).

Figura 3-4 - Tubulação de PPB embutida na alvenaria



Fonte: Autor

3.2.2 POLIETILENO RETICULADO - PEX

Presente no Brasil desde os anos 90, o PEX permaneceu pouco presente nos canteiros de obra até os dias atuais, quando a escassez de mão dos últimos anos forçou as construtoras com cronogramas mais apertados a experimentar suas vantagens prometidas.

Seu material componente tem origem no Polietileno (PE), porém em seu processo de fabricação acontece a reticulação, que consiste em expulsar o hidrogênio da composição fazendo com que novas ligações atômicas sejam formadas apenas por carbono, gerando um novo material com características específicas de flexibilidade, ausência de fissura por fadiga, vida útil prolongada, memória térmica e alta resistência mecânica sendo qualificado para utilização em água fria e quente, até 95° C.

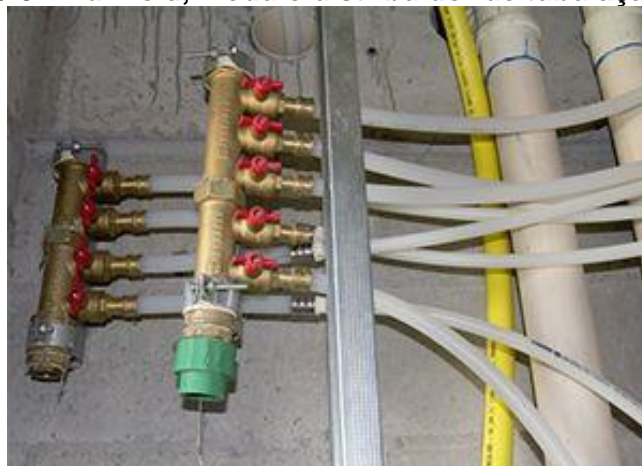
Até 2011 os processos executados com PEX no Brasil eram guiados somente pelo manual do fabricante ou por normas genéricas da ISO, atualmente é normalizada pela NBR 15939 Sistemas de tubulações plásticas para instalações prediais de água quente e fria (ABNT, 2011). Esta norma consta de 3 partes, a

primeira especifica aspectos gerais dos produtos que compõem os sistemas de tubulações, estabelece requisitos e métodos de ensaio, a parte 2 trata de procedimentos para projeto e a parte 3 questões referentes a procedimentos de transporte, armazenamento, manuseio, montagem e procedimentos para instalação.

Devido a sua grande flexibilidade o sistema permite a elaboração de diversos trajetos sem que sejam necessárias muitas conexões, apresentando grande facilidade e, supostamente, maior rapidez de execução o que alteraria a PMO dos colaboradores envolvidos nas tarefas. Outra vantagem competitiva do PEX ao reduzir os pontos de conexões do sistema é a conseqüente redução das patologias causadas por erros de execução e falhas de materiais, além de reduzir as perdas de cargas.

O sistema de condução é conhecido como ponto a ponto, as tubulações parte de um módulo distribuidor, conhecido como *manifold* (Figura 3.5) geralmente de cobre ou de latão, diretamente para os pontos de consumo (Figura 3.6) sem derivação.

Figura 3-5 - *Manifold*, módulo distribuidor de tubulação em PEX



Fonte: Revista Equipe de obra (2016)

Figura 3-6 - Ligação direta da tubulação em PEX do manifold com ponto de consumo



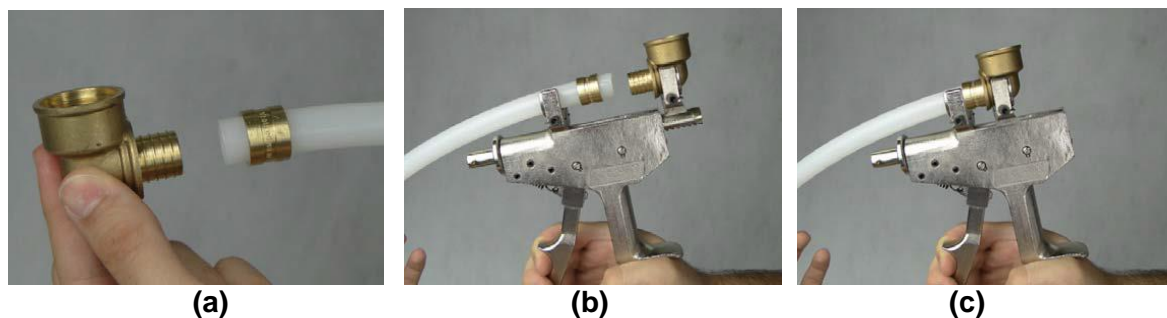
Fonte: Equipe de obra (2013)

As ligações do sistema em PEX são feitas por ferramental específico para sua execução, fator que normalmente contribui significativamente para aumentar a PMO, com o encaixe dos tubos nas conexões, com auxílio de alargadores de tubo (Figura 3.7) e de ferramentas de encaixe de anéis deslizantes de vedação. Estas podem ser metálicas (latão, cobre) ou de polissulfona (PSU) com bolsa metálica de aço inox e ponta embutida com anéis de borracha para vedação. A união entre as peças se dá por processo crimpagem, processo, ilustrado nas Figuras 3.8a, 3.8b e 3.8c, que utiliza alicate crimpador que conforma o anel metálico da conexão ao tubo, dispensando o uso de adesivos (REVISTA EQUIPE DE OBRA, 2016).

Figura 3-7 - Ferramenta alargadora de tubo PEX



Fonte: Amanco (2015)

Figura 3-8 – Processo de crimpagem para união de peças do sistema PEX

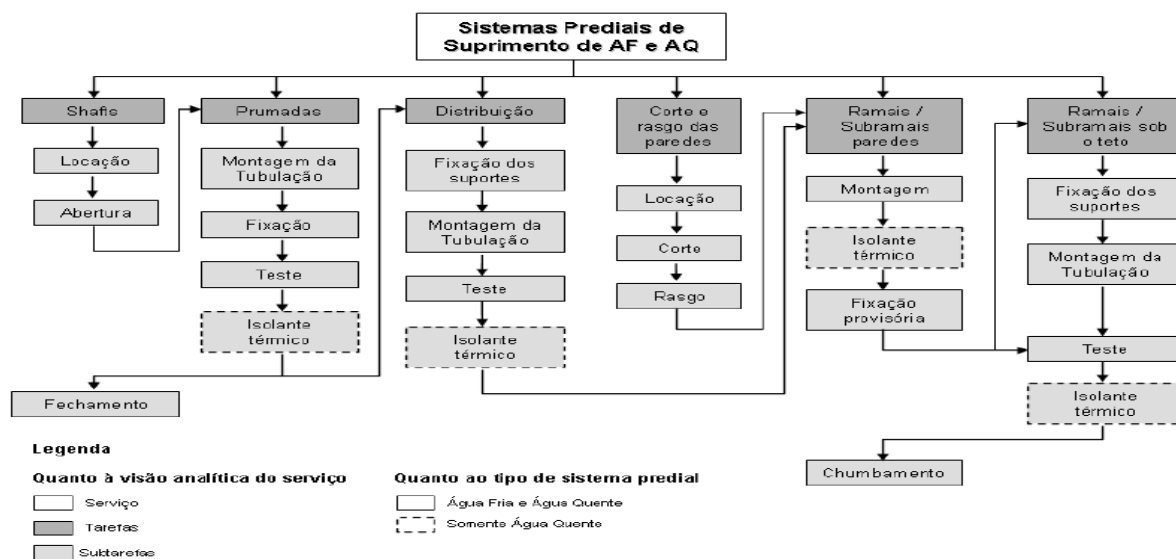
Fonte: Amanco (2015)

3.3 EXECUÇÃO DAS INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS E SANITÁRIAS

Segundo Aro (2004) a execução dos SPS está pulverizada em muitas etapas construtivas da edificação, desde a execução da estrutura com a marcação e execução das aberturas de passagens nas lajes até a finalização dos acabamentos, instalações das louças e metais sanitários, permeando pela execução dos fechamentos dos vedos e revestimentos primários.

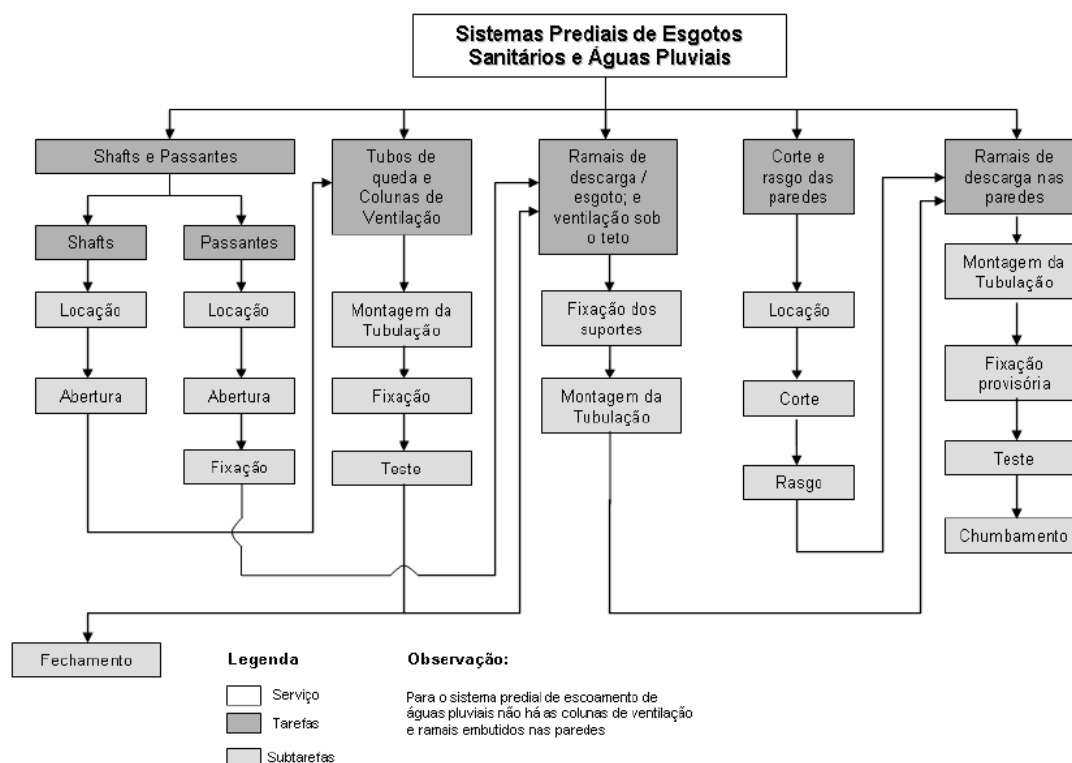
Esta pulverização em etapas gera uma série de tarefas e subtarefas que são executadas de forma fragmentadas ao longo da edificação. Paliari (2008) organizou-as e as dividiu baseando no método de execução de cada sistema predial. A Figura 3.9 decompõe genericamente a execução dos sistemas prediais de suprimento de água fria e água quente e a Figura 3.10 realiza o mesmo com sistema de esgoto e águas pluviais. Este mesmo autor mensurou tais PMO, quando executadas pelo método tradicional.

Figura 3-9 - Divisão da execução dos sistemas de suprimento de água fria e água quente em tarefas e subtarefas



Fonte: Paliari (2008)

Figura 3-10 - Divisão da execução dos sistemas prediais de coleta de esgoto e águas pluviais em tarefas e subtarefas



Fonte: Paliari (2008)

Antes de iniciar a montagem da tubulação, quando embutidas em paredes de alvenarias, caso muito comum nos sistemas construtivos convencionais brasileiros,

estas devem ser marcadas por um oficial e cortadas com máquinas de disco diamantado e rasgadas manualmente com talhadeiras e marretes por ajudantes.

As tubulações aéreas normalmente são fixadas nas estruturas e alvenarias com a utilização de braçadeiras ou fitas metálicas, estas fixadas em suportes apropriados ou diretamente na estrutura.

Não é recomendável a concretagem de tubulação de água dentro de pilares, colunas, ou vigas em seu sentido longitudinal. Preferencialmente as passagens devem ser previstas em projetos e devem ser executas antes da concretagem o posicionamento de caixas de madeira, isopor ou outro material facilmente removível.

Tradicionalmente a montagem da tubulação é realizada no próprio local de aplicação. Os tubos são cortados somente neste momento, na medida de sua necessidade. Esta tubulação é interligada e concluída com curvas e conexões prontas e padronizadas para cada tipo de material, preferencialmente devem ser utilizadas do mesmo fabricante dos tubos. As sobras de materiais são levadas para a próxima frente de serviço pela própria equipe executora.

Estas tubulações devem ser fixadas nas paredes através do preenchimento dos espaços vazios, utilizando argamassa de cimento e areia tomando o cuidado especial com o correto posicionamento dos pontos de fornecimento, tanto na localização quanto na profundidade com relação aos acabamentos que serão executados nestes ambientes molháveis. A execução do sistema termina com o teste de pressão na rede para liberação do fechamento do revestimento primário.

3.4 EXECUÇÃO COM PRÉ-MONTAGENS E MÓDULOS

Consiste na prática de pré-montar os componentes de uma tarefa em subconjuntos e posicionar a montagem final no local definitivo. É uma forma de minimizar a quantidade de trabalho das equipes em serviços complexos, que exigem muitas peças ou executadas em condições desfavoráveis ao trabalhador. Muito comum entre os colaboradores que executam a armadura das estruturas de concreto (Figura 3.11), esta prática pode ser mais bem difundida, haja vista que geralmente trás vantagens de eficiência para a mão de obra.

Figura 3-11 – Pré-montagem de armadura para estrutura de concreto



Fonte: Araújo (2005)

Este método construtivo faz parte dos 20 princípios fundamentais da gestão de canteiros de obras produtivos proposto por Thomas; Horman (2006), caracterizado pelos autores como “uma das práticas mais óbvias relacionadas ao trabalho”, sua adoção está condicionada à outros fatores como peso e dimensões dos subconjuntos montados, armazenamento e logística do canteiro de obras, além da adoção concomitante de outras práticas de gestão como a prototipia, redução da variabilidade e planejamento diário da produção para que os subconjuntos ofereçam vantagens de eficiência significativas.

Han; Thomas (2002) concluíram que a PMO de uma equipe que instalava dutos de ventilação, montando no chão os subconjuntos formados por várias seções de dutos e depois elevando e instalando, foi 50% superior a produtividade da instalação de seções individuais. Pré-montagens de kits e módulos também foram proposto por Rodrigues; Tirintan; Picchi (2005) como forma de alcançar melhorias no processo produtivo de lajes pré-fabricadas após a realização do mapeamento do fluxo de valores como ferramenta em um estudo de caso.

Corroborando com estes autores, porém sob a ótica da qualidade na construção civil, Martins; Hernandez; Amorim (2003) recomendam a adoção de pré-montagem de trechos de tubulações na forma de kits hidráulicos (Figuras 3.12a e 3.12b) como importante ferramenta de gestão para prevenir patologias decorrentes da fase de execução dos SPHS.

Figura 3-12 – Kits hidráulicos pré-montados

Fonte: Revista Técnica (2011)

3.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS ACERCA DESTE CAPÍTULO

Este capítulo completou a revisão bibliográfica deste trabalho abordando os SPHS principalmente no tocante aos seus processos construtivos. Também discutiu os modelos de gestão da sua produção pelo método convencional e pelo método racionalizado utilizando kits pré-produzidos, além de abordar seus possíveis materiais empregados em cada sistema, dando ênfase para os materiais considerados inovadores e ainda carentes de dados confiáveis que comprovem sua melhor eficiência.

Com base nas informações destes dois capítulos que compõe a revisão bibliográfica, o próximo capítulo apresenta e descreve a metodologia aplicada nesta pesquisa, explica em detalhes os procedimentos adotados para a coleta de dados e detalha as demais etapas seguidas para alcançar os objetivos propostos.

4. METODOLOGIA

O sucesso de um trabalho de uma pesquisa científica depende essencialmente da correta escolha da metodologia adotada por seu pesquisador, assim como, para o perfeito entendimento de seu conteúdo e resultados, depende a minuciosa e completa descrição dos métodos adotados. Neste sentido o presente capítulo 4 é dedicado a esta tarefa.

Para o cumprimento do objetivo proposto foi adotado uma estratégia de pesquisa dividida em 4 fases, Conceitual; Preparação da coleta; Coleta de dados e Resultados. O Quadro 4.1 a seguir conceitua, classifica esta estratégia.

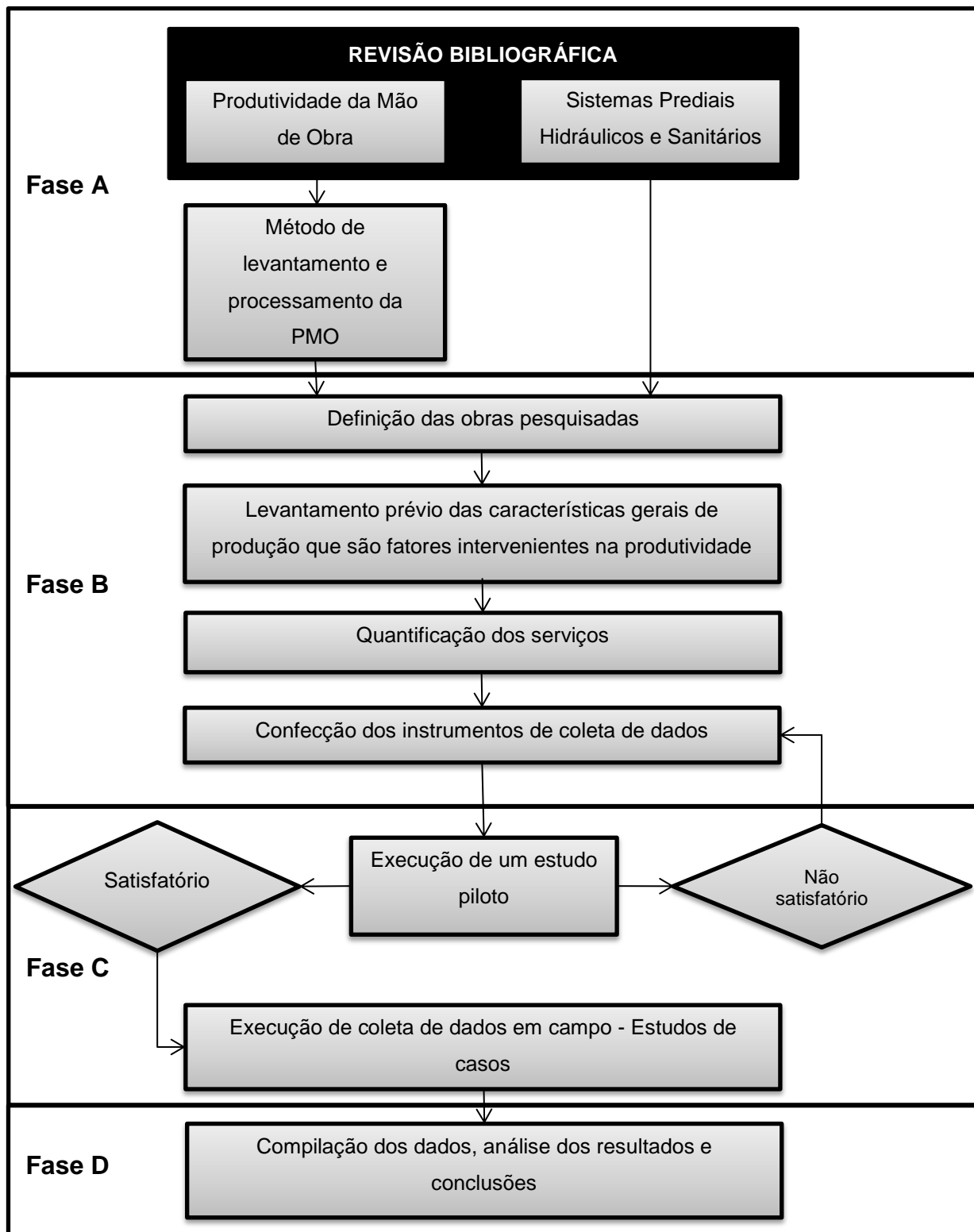
Quadro 4-1 – Fases, classificação e ferramentas utilizadas na pesquisa

Fases	Classificação da pesquisa			Ferramentas utilizadas
	Natureza	Objetivo	Procedimento	
A - Conceitual	Básica	Exploratória	Bibliográfica	Material publicado
B - Preparação da coleta	Básica	Exploratória	Documental	Visitas, projetos e planilhas
C - Coleta de dados	Aplicada	Descritiva	Estudo de caso	Visitas em canteiros de obras
D - Resultados	Aplicada	Explicativa	Bibliográfica e Estudo de caso	Cruzamento de dados quantitativos e qualitativos

Fonte: Autor

Na sequência é feito o detalhamento das etapas de pesquisa que foram realizadas para a obtenção dos objetivos propostos, delineadas pela metodologia adotada na presente dissertação e representada sob a forma de fluxograma pela Figura 4.1.

Figura 4-1 – Fluxograma de atividades executadas para a obtenção dos objetivos propostos



Fonte: Autor

4.1 MÉTODO DE LEVANTAMENTO E PROCESSAMENTO DA PRODUTIVIDADE DA MÃO DE OBRA

Para a realização das pesquisas de campo envolvendo canteiros de obras, algumas sub-etapas devem ser cumpridas com antecedência, no caso deste trabalho foram cinco: Definição das obras a serem estudadas; Levantamento prévio das características gerais de produção que são fatores intervenientes na produtividade; Quantificação dos serviços; Execução de planilhas para coleta de dados no canteiro de obras, para, enfim passar para a o Levantamento de campo em si e posteriormente realizar o Processamento dos dados e análise dos resultados.

4.2 DEFINIÇÃO DAS OBRAS PESQUISADAS

A avaliação prévia das obras que foram estudadas passou por quatro critérios verificadores para saber se a obra foi considerada satisfatória e proveria dados relevantes para a pesquisa, são eles:

- Estar na fase de execução dos SPHS;
- Utilizar a prática de pré-montagem de kits no canteiro de obras ou fornecimento por empresa especializada;
- Aplicar na execução de SPHS materiais que ainda não tiveram a produtividade da sua mão de obra mensurada segundo o modelo adotado nesta pesquisa;
- Disponibilizar os projetos.

As obras que obtiveram avaliação positiva em todos os quesitos receberam uma primeira visita exploratória para verificação, em campo, da veracidade e coleta de dados das características gerais exigidas no próximo passo desta pesquisa.

4.3 LEVANTAMENTO PRÉVIO DAS CARACTERÍSTICAS GERAIS DE PRODUÇÃO QUE SÃO FATORES INTERVENIENTES NA PRODUTIVIDADE

Somando a visita técnica exploratória com a revisão dos projetos pode-se ter uma forte referência de mensuração dos fatores intervenientes de contexto do canteiro e do sistema de produção, assim como de fatores de conteúdo regidos pelos materiais e técnica construtiva.

Os fatores de contexto potencialmente influenciadores eleitos previamente, fizeram parte das planilhas de coleta de dados de forma a ser posteriormente correlacionados estatisticamente, através de gráfico de variância e regressão linear para, enfim, se ter numericamente o potencial de influência de cada fator específico.

Baseado na literatura existente, na pesquisa preliminar com os colaboradores oficiais e na experiência do pesquisador, três principais fatores de contexto foram selecionados. Tipo de material; Diâmetro da tubulação usada; Número de conexões por metro de tubulação. Outros fatores foram acrescentados à medida que observada a sua relevância durante a pesquisa.

A completa percepção dos fatores de conteúdos só foi possível ser feita com andar da pesquisa e constantes visitas de coletas de dados em cada canteiro. Entende-se que a mera presença dos recursos disponíveis não implica necessariamente na sua aplicação eficiente voltada para as atividades estudadas, assim como as práticas de gestão adotadas pela construtora só se revelam à luz da pesquisa com a constante observação da produção em si.

4.4 MÉTODO DE QUANTIFICAÇÃO DOS SERVIÇOS E COLETA DE DADOS

O projeto executivo é a principal base de quantificação dos serviços. Souza (2000) afirma que “a quantidade líquida de serviço seja o melhor estimador das saídas do processo produtivo” desta forma, no caso das tubulações de SPHS a maior ou menor presença de conexões e dispositivos fixadores são fatores que explicam ou não a maior ou menor produtividade. Assim, a quantidade de serviço realizado em SPHS é sempre expresso em metros de tubulação, não importando o método de execução, se tradicional ou por pré-produção de kits.

Preconizado por Paliari (2008), as nove diretrizes a seguir apresentadas são condições fundamentais para a coleta bem sucedida de dados físicos, tanto relativos ao consumo de materiais quanto de mão de obra, em obras envolvendo serviços de sistemas prediais ou outros serviços que possuam as mesmas características de produção, como, várias frentes de trabalho espalhadas por diversos pavimentos, tarefas inacabadas no final do período, grande número de diferentes insumos, descontinuidade das tarefas, e outras condições desfavoráveis para execução organizada de tal empreitada exploratória científica.

Sobre a Quantidade de Serviços (QS):

- Para efeito de quantificação dos serviços e coleta de dados no canteiro de obras, os sistemas prediais deverão ser divididos em partes menores;
- Os dados devem ser organizados de tal forma a subsidiar simultaneamente tanto o cálculo da PMO quanto do consumo unitário de materiais;
- Para efeito de quantificação dos serviços em projeto e coleta de dados no canteiro de obras, institui-se o trecho de tubulação, compreendido entre duas ou mais conexões, como a menor parte mensurável de um determinado serviço;
- Cada trecho de tubulação será caracterizado, além do seu comprimento em metros, pelo material de fabricação, diâmetro comercial e nominal em milímetros, número de conexões, sendo que esta última característica dependerá do número de conexões existentes a montante de cada trecho;
- Os instrumentos de coleta de dados devem ser elaborados de tal forma a permitir ao pesquisador coletar os dados relativos à quantidade de serviço diretamente nos pavimentos/ambientes cujos serviços foram executados no dia anterior;
- Para o cômputo da quantidade de serviço de sistemas prediais, em metros de tubulações, considera-se o comprimento “líquido” de tubos, ou seja, isento de possíveis acréscimos devido à previsão de perdas

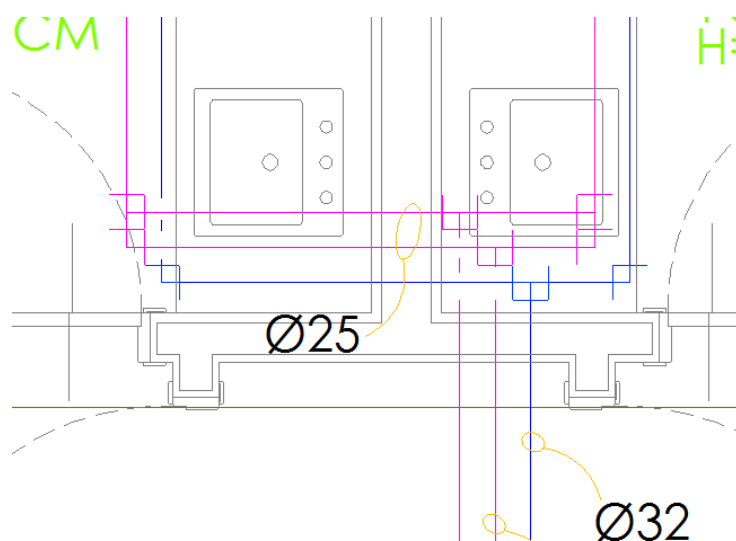
na etapa de execução, previstos em orçamentos ou outra fonte de consulta.

Sobre a Mão de Obra (MO):

- No início dos trabalhos de campo, ou previamente aos mesmos, deve-se conhecer a equipe executora e saber o respectivo cargo de cada integrante, de tal forma a se poder relacioná-los aos indicadores de PMO;
- Considera-se, para o cômputo da PMO, o tempo no qual o operário ficou disponível para a execução do serviço, excluindo-se deste montante o tempo dedicado a atividades previamente programadas, como: refeições, reuniões técnicas e outras situações de mesma natureza;
- Explicar claramente à equipe executora os objetivos e forma de coleta de dados da pesquisa em andamento.

É comum encontrar diferenças no quantitativo de materiais especificados e em projeto e a quantidade aplicada de fato na obra, e conseqüentemente de esforços realizados pelas equipes estudadas para aplicá-los. Tais diferenças se referem tanto ao comprimento das tubulações quanto ao número de conexões.

A principal justificativa para isto se deve pelo fato do projeto hidráulico, em muitos dos casos, não considera que as tubulações não podem transitar continuamente no mesmo nível quando executam curvas simultâneas com conexões em "T" ou outras tubulações, havendo necessidades na obra de transposições de cotas para o encaminhamento, utilizando conexões, geralmente duas curvas de 45 graus como mostra a Figura 4.3, não mensuradas no projeto executivo como mostra a Figura 4.2 para a mesma tubulação.

Figura 4-2 – Conexões exigidas em projeto executivo

Fonte: Projeto executivo da obra RP-01

Figura 4-3 - Conexões realizadas na obra

Fonte: Autor

Outra justificativa muito encontrada em campo se deve a falta, ou execução inadequada, da compatibilização dos projetos de SPHS com os projetos dos outros sistemas as quais o SPHS se inter-relaciona na obra. Para qualquer um dos casos, o quantitativo adotado para esta pesquisa consistiu no real aplicado, considerando as reais condições de trabalho, extração correta da produção das equipes e mensuração dos fatores de alteração da PMO.

4.5 PLANILHA DE COLETA DE DADOS

Um conjunto base de planilhas foi confeccionado por considerando a bibliografia estudada e apresentada nos Capítulos 2 e 3, juntamente com a experiência obtida pelos pesquisadores que o antecedeu e realizaram relevantes trabalhos sobre o consumo unitário da PMO em território nacional, alinhados com a teoria do Modelo dos Fatores de (THOMAS; YIAKOUMIS, 1987).

Desta forma, as primeiras planilhas trouxeram a segmentação das partes de trechos dos serviços separados por ambientes e estes por sua vez separados por unidades e por pavimentos (Figura 4.4), conforme Souza (1996). O registro da data de execução do serviço especificado permitiu fazer duas importantes associações, primeiro a quantidade de serviço realizada no período, a segunda associação é com a quantidade de esforço demandada em Homens/hora para extração da RUPdiária.

Figura 4-4 - Exemplo de planilha de segmentação de tarefas para anotação diária da produção (Parte)

PAVIMENTO	APARTAM.	OPÇÃO PLANTA	APARTAMENTO TIPO 3 E 4																		
			RAMAIS E SUBRAMSI DE ÁGUA FRIA E ÁGUA QUENTE NA PAREDE - PPR																		
			BANHO SR. SUITE MASTER							BANHO SRA. SUITE MASTER							BANHO SUITE 2				
			KIT 3 MISTURADOR	SUB RAMAL DO MISTURADOR	DESCIDA	SUB RAMAL DA DUCHA	AQ LAVATORIO	AF LAVATORIO	AF VASO E DUCHA HIG.	KIT CAVALETE DO MISTURADOR	SUB RAMAL DA DUCHA	AQ LAVATORIO	AF LAVATORIO	AF VASO	AF BIDE	AQ BIDE	AF BANHEIRA*	AQ BANHEIRA*	KIT CAVALETE DO MISTURADOR COM DUCHA	AQ LAVATORIO	AF LAVATORIO
25	252	tipo 4																			
25	251	tipo 3																			
24	242	tipo 4																			
24	241	tipo 4																			
23	232	tipo 4																			
23	231	tipo 3																			
22	222	tipo 4																			
22	221	tipo 4																			
21	212	tipo 2																			
21	211	tipo 3																			
20	202	tipo 2																			
20	201	tipo 3																			
19	192	tipo 3																			
19	191	tipo 2																			
18	182	tipo 1																			
18	181	tipo 1																			

Fonte: Autor

Ainda com foco na obtenção da PMO demandada em unidade de metros de tubos, de tal forma que se possa dar continuidade e realizar comparações com outros estudos, a próxima planilha carrega as informações quantitativas de metragens de tubo, número de conexões, bitola e outras que se fizerem necessárias para a extração dos índices e associação com os fatores de conteúdo previamente identificados (Figura 4.5).

Figura 4-5 - Exemplo de planilha associativa contendo o quantitativo de material e fatores por segmento de tarefa (Parte)

APARTAMENTO TIPO 3 E 4											
	INTERIOR DOS CÔMODOS - LIGAÇÕES						TRECHO AÉREO DE PASSAGENS				
	BANHO SRA. SUITE MASTER	BANHO SR. SUITE MASTER	BANHO SUITE 2	BANHO SUITE 3	BANHO SUITE 1 / SALA	BANHO EMPREGADA	TRECHO 1 HALL DE SERVIÇO	TRECHO 2 LAVANDERIA	TRECHO 2 B BANHO EMPREGADA	TRECHO 3 COZINHA	TRECHO 4 SALA INTIMA
Total de Tubos	16,89	10,09	3,13	4,93	7,69	3,65	2,76	7,24	3,65	13,42	19,17
Total de Conexões	16	18	15	7	14	2	4	13	2	25	6
Bitola Predominante (mm)	25	32	25	25	32	25	40	32	25	32	32

Fonte: Autor

A coleta de quantidade de mão de obra diária, dispensada em cada tarefa estudada contemplou o acompanhamento da ocupação por hora de cada funcionário. Para tanto o pesquisador esteve presente no canteiro em um ou dois períodos diários, dependendo da necessidade, nele permanecendo por pelo menos 2 horas para a real verificação das atividades realizadas por eles, principalmente horas dedicadas às tarefas que estavam fora do escopo desta pesquisa ou ausência temporária do canteiro de obras.

Tais fatos contaminariam os dados levantados e conseqüentemente gerariam erros considerados nos índices apurados nesta pesquisa, haja vista que, por se tratar de serviços muito específicos, o período de coleta foi por vezes curto, porém suficiente para que cada equipe completasse ciclos previamente determinados. A Figura 4.6, a seguir, representa uma das planilhas de coleta diária das atividades exercidas por cada colaborador, segmentada por hora de atividade.

Figura 4-6 - Planilha de coleta diária da quantidade da mão de obra aplicada a cada tarefa (Parte)

TAREFA: SISTEMAS PREDIAIS HIDRÁULICOS E SANITÁRIOS													
Subtarefas:													
DATA	COLABORADOR (Nome)	QUALIF.	PAV.	ATIVIDADE PRINCIPAL	OCUPAÇÃO								
					7:00 - 8:00	8:00 - 9:00	9:00 - 10:00	10:00 - 11:00	11:00 - 12:00	12:00 - 13:00	13:00 - 14:00	14:00 - 15:00	15:00 - 16:00
12/jul/16	JOÃO PAULO	OFICIAL / EMPREITEIRO	24	RAMAIS DE A.F. E A.Q. NOS PAVIMENTOS TIPOS									
12/jul/16	OSANAN	MEIO OFICIAL	24	AUXILIAR O OFICIAL JOÃO PAULO									
12/jul/16	FABINHO	OFICIAL	15	DISTRIBUIÇÃO DE A.F. E A.Q. PELO TETO - "TRAJETO AÉREO"									
12/jul/16	GILBERTO	OFICIAL	15	DISTRIBUIÇÃO DE A.F. E A.Q. PELO TETO (TRAJETO AÉREO)									
12/jul/16	JEFFERSON	OFICIAL		ESGOTO SECUNDÁRIO									
12/jul/16	EMERSON	AJUDANTE		CORTE DE ALVENARIA									
12/jul/16	APARECIDO	OFICIAL	24	REGULAGEM E FIXAÇÃO DOS PONTOS DE HIDRÁULICAS									
13/jul/16	JOÃO PAULO	OFICIAL / EMPREITEIRO	24	RAMAIS DE A.F. E A.Q. NOS PAVIMENTOS TIPOS									
13/jul/16	OSANAN	MEIO OFICIAL	24	AUXILIAR O OFICIAL JOÃO PAULO									
13/jul/16	FABINHO	OFICIAL	15	DISTRIBUIÇÃO DE A.F. E A.Q. PELO TETO - "TRAJETO AÉREO"									
13/jul/16	GILBERTO	OFICIAL	15	DISTRIBUIÇÃO DE A.F. E A.Q. PELO TETO (TRAJETO AÉREO)									
13/jul/16	JEFFERSON	OFICIAL		ESGOTO SECUNDÁRIO									
13/jul/16	EMERSON	AJUDANTE		CORTE DE ALVENARIA									
13/jul/16	APARECIDO	OFICIAL	24	REGULAGEM E FIXAÇÃO DOS PONTOS DE HIDRÁULICAS									

Fonte: Autor

4.6 EXECUÇÃO DE UM ESTUDO PILOTO

Antes dos estudos de campo definitivos, meios fundamentais para que se pretende atingir o objetivo final, realizou-se um estudo piloto em uma obra na cidade de Ribeirão Preto – SP entre os dias 12 e 18 de julho de 2016, identificada inicialmente como Obra A-01, com a finalidade de:

- Testar o método proposto e as ferramentas desenvolvidas para esta pesquisa;
- Validar a metodologia adotada para este trabalho;
- Avaliar em campo as dificuldades de coleta de dados relativos aos sistemas prediais;
- Dimensionar a capacidade do pesquisador no tocante a definição da abrangência do trabalho proposto.

Os resultados deste estudo foram submetidos à avaliação pela banca de qualificação deste trabalho em agosto de 2016, e mediante sua aprovação, a pesquisa de campo prosseguiu sem alterações tanto na metodologia quanto nos instrumentos de coletas de dados nos próximos estudos de casos.

4.7 COLETA DE DADOS EM CAMPO - ESTUDOS DE CASOS

Antes de iniciar a pesquisa de campo, foi solicitada a todas as construtoras, representada por seus gestores de obra, a autorização para acessar o canteiro de obras com a finalidade de coletar os dados científicos necessários a esta pesquisa, e para realizar registro fotográfico. Também foi solicitado o fornecimento dos projetos arquitetônicos e de SPHS em meios físicos ou eletrônicos. Todas as solicitações foram cordialmente atendidas por todas as construtoras.

Foram realizadas pesquisas em 5 canteiros de obras em 3 cidades, Ribeirão Preto, Franca e Barretos, todas localizadas no interior do Estado de São Paulo e realizadas de forma personalíssima pelo autor, único responsável por todos os dias que ocorreram coleta de dados em campo, preenchimento das planilhas de

segmentação das tarefas com a anotação da produção diária e das planilhas de coleta diária de quantidade de MO aplicada a cada tarefa.

As obras receberam suas nomenclaturas derivadas das siglas das cidades de sua localização acrescidas do número sequencial de obras pesquisadas naquela cidade e foram aprovadas primordialmente nos quatro critérios para verificação de satisfação prévia descritos anteriormente.

Suas descrições e principais características se encontram no capítulo a seguir 5 Caracterização dos estudos de casos.

4.8 COMPILAÇÃO DOS DADOS E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os dados coletados em campo foram compilados e tratados dentro das próprias planilhas de coleta, em meio eletrônico, que foram programadas para gerar os resultados aplicando os critérios e conceitos pré-estabelecidos.

A explicação e análise de todos os fatores encontrados e quantificados nesta pesquisa foram feitas oportunamente e receberam tratamento conceitual individual com o entendimento de como este fator interveem negativamente ou positivamente na PMO. Desta forma, focando nos objetivos da pesquisa esta etapa da pesquisa foi realizada de forma a englobar os fatores de conteúdos de cada serviço, os fatores de contexto que cada obra impôs aos seus colaboradores e, quando disponível, foi realizada uma análise comparativa com a literatura existente.

4.9 CONSIDERAÇÕES FINAIS ACERCA DESTE CAPÍTULO

Neste capítulo foram explicitados os métodos empregados na confecção desta pesquisa científica, a forma sistemática a que foram organizados os trabalhos e as etapas cumpridas para a formação do conhecimento. Tudo, e de toda forma que se permita ser repetida dentro de outras condicionantes, complementada, comparada com outras literaturas ou simplesmente utilizada de forma aplicada como subsídio por gestores e profissionais responsáveis pelas tomadas de decisões.

Uma vez conhecida a metodologia adotada, o próximo capítulo trás os resultados dos estudos de casos, que formam a base qualitativa desta pesquisa.

5. CARACTERIZAÇÃO DOS ESTUDOS DE CASO

Este capítulo apresenta as características encontradas em cada caso estudado no tocante aos aspectos físicos da obra, suas técnicas construtivas de estrutura, fechamentos, revestimentos primários e outros subsistemas que interagem diretamente com o sistema objeto de estudo, além de suas tipologias de uso, dimensões, e recursos físicos disponíveis para a execução das tarefas.

Da mesma forma e com o mesmo objetivo de contextualizar as condições com que os serviços foram realizados, serão apresentados na sequência aspectos referentes ao modelo de gestão adotado pela construtora, as responsabilidades das subtarefas e tarefas de apoio, condições de armazenamento e transporte dos materiais além da sequência executiva das subtarefas.

Se as duas esferas de caracterização apresentadas acima nos permite compreender os fatores de contexto em que as tarefas foram executadas, o último subitem deste capítulo nos permite analisar os fatores de conteúdo por meio da sua caracterização individual de cada serviço pesquisado.

5.1 CARATERIZAÇÃO DAS OBRAS

5.1.1 OBRA RP-01

Situado no município de Ribeirão Preto-SP, trata-se de um edifício de múltiplos pavimentos (Figura 5.1) que conta com 25 pavimentos-tipo, térreo, 2 subsolos e átrio, totalizando 29 pavimentos. Construído em estrutura de concreto armado moldado *in loco* com fechamento de alvenaria de blocos cerâmicos assentados com argamassa mista de cimento, cal hidratada e areia, receberá

revestimento argamassado em todos os cômodos internos e alto padrão de acabamento.

Figura 5-1 - Vista da obra RP-01

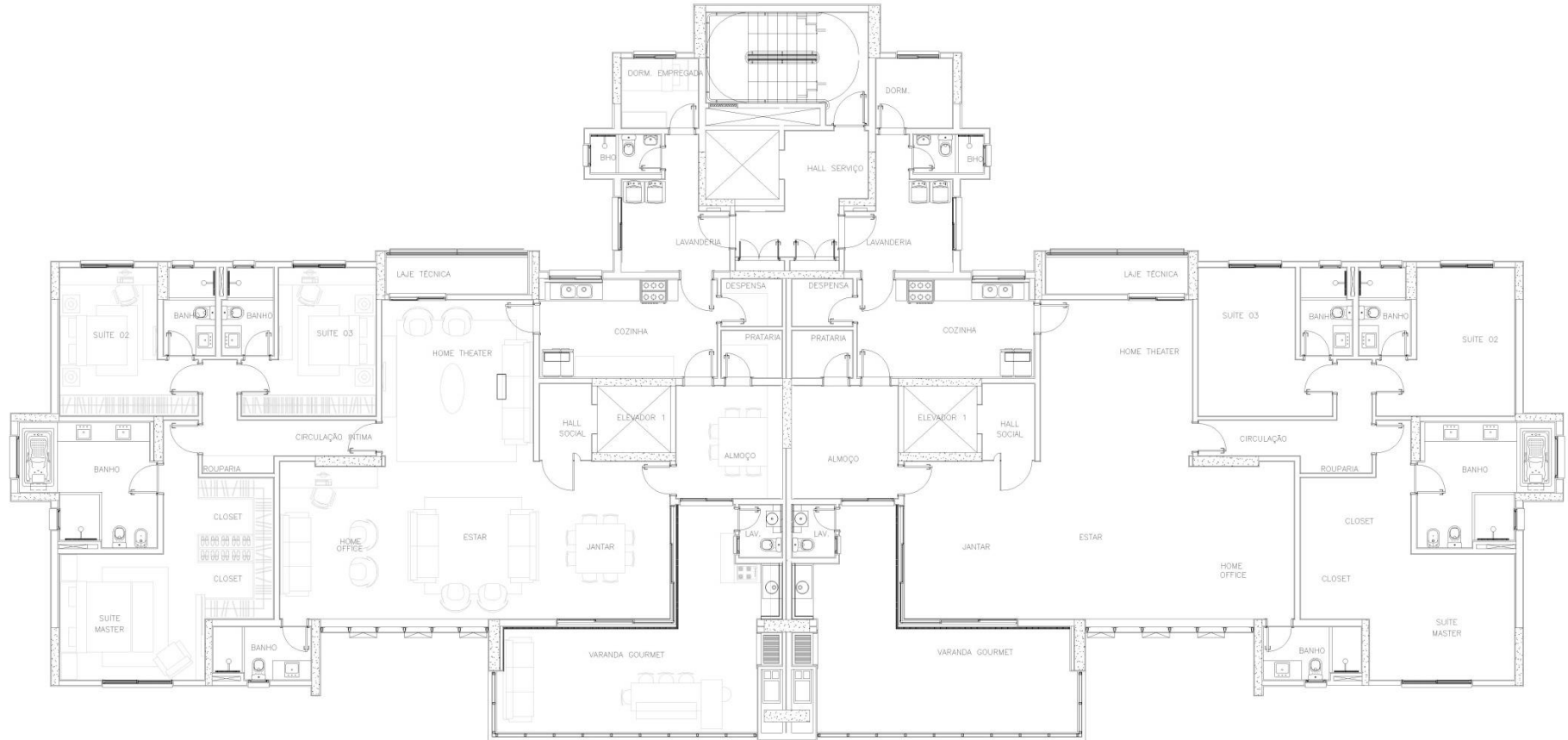


Fonte: Autor

Este canteiro de obras era dotado de 2 elevadores tipo cremalheira para o transporte vertical dos colaboradores e dos materiais para os pavimentos da torre, uma mini grua auxilia a distribuição da argamassa de revestimento para os andaimes fachadeiros, além de contar com 2 *bobcats* destinadas ao transporte horizontal dos materiais pesados pelo térreo e subsolos.

Cada pavimento tipo possui 2 apartamentos com 4 diferentes tipos de plantas. As plantas mais comuns são do tipo 3 e 4 (Figura 5.2); estes os exemplares estudados caracterizam-se pelo elevado número de banheiros e lavabos, 8 cada, que somados a cozinha, área de serviço e varanda gourmet, totalizam 11 ambientes molháveis por apartamento, todos eles com fartos pontos de abastecimento de água.

Figura 5-2 - Planta baixa do pavimento tipo da obra RP-01



Fonte: Projeto executivo

CONDIÇÕES DE REALIZAÇÃO DAS TAREFAS DA OBRA RP-01

Todo o material de PPR recebido na obra foi estocado no almoxarifado localizado fora da torre, no terreno ao lado, também de propriedade da construtora, próximo aos escritórios técnicos, refeitórios e demais áreas de convivência do canteiro. A distribuição dos materiais que foram utilizados nos serviços de SPHS era de responsabilidade dos próprios oficiais encarregados das tarefas, com exceção da argamassa para chumbamento dos ramais, que era produzida e distribuída pelos funcionários da construtora de acordo com a solicitação do empreiteiro.

Ao empreiteiro de SPHS foi destinado um amplo espaço para a instalação de seu escritório, guarda de suas ferramentas, bancadas de trabalho, kits prontos, e materiais já retirados do almoxarifado central e ainda não aplicados, estando, portanto, sob sua responsabilidade.

Apesar dos 2 elevadores tipo cremalheira estarem disponíveis para os transportes verticais, algumas filas de espera dos colaboradores se formavam todos os dias nos principais horários de acesso e saída da torre. De uma maneira geral o canteiro possuía elevado grau de limpeza e organização, com gestores presentes e bem qualificados.

Nesta obra foram estudados serviços de execução de instalação de água fria e água quente no pavimento tipo com PPR, além da produção e instalação de kits hidráulicos em PPR.

5.1.2 OBRA FR-01

Esta obra é um edifício de múltiplos pavimentos (Figura 5.3), situado no município de Franca – SP, que conta com 14 pavimentos-tipo, sendo o último tipo cobertura duplex, térreo e 2 subsolos, totalizando 18 pavimentos. Construído em estrutura de concreto armado moldado in loco com fechamento de alvenaria de blocos cerâmicos assentados com argamassa mista de cimento, cal hidratada e

areia, recebeu revestimento argamassado em todos os cômodos internos e possuía padrão de acabamento médio-alto.

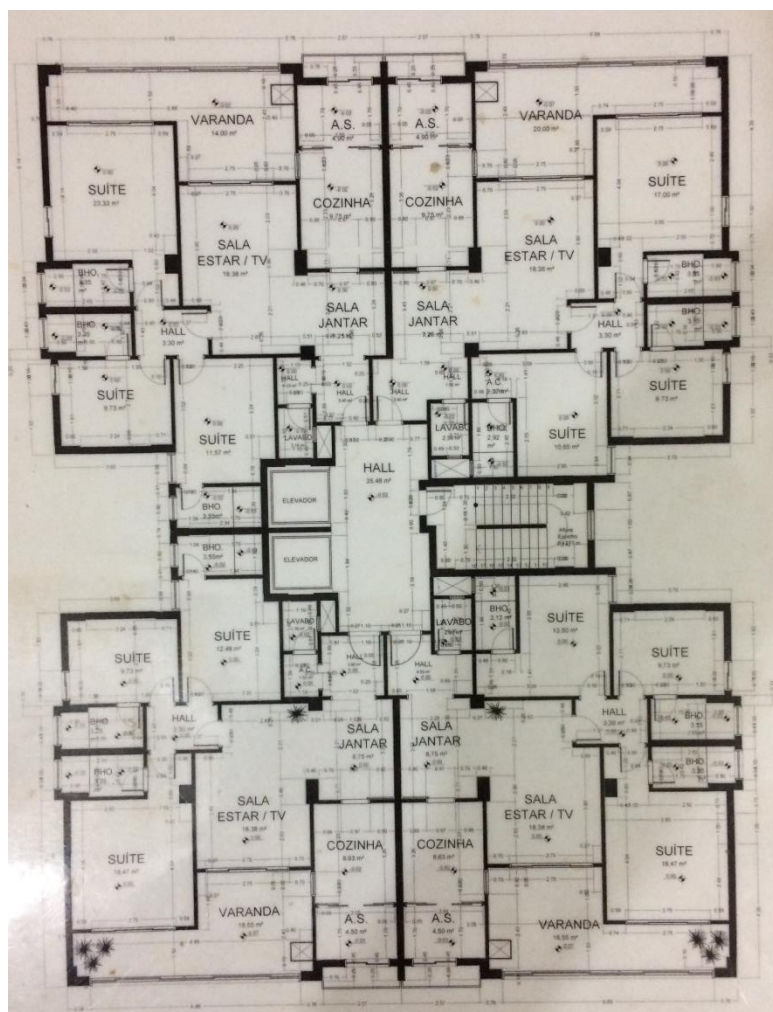
Figura 5-3 - Vista da obra FR-01



Fonte: Autor

O canteiro de obras era dotado de 1 elevador tipo cremalheira para o transporte vertical dos materiais para os pavimentos da torre e, como os elevadores definitivos já estavam finalizados, estes se prestavam para o transporte dos colaboradores que não enfrentavam fila de espera para ter acesso aos seus pavimentos de trabalho.

Cada pavimento tipo possuía 4 apartamentos com pequenas diferenças nos 2 tipos de plantas que pouco afetavam os trajetos das tubulações estudadas (Figura 5.4), cada apartamento continha lavabo, 3 banheiros completos, cozinha, área de serviço, laje técnica, e varanda gourmet que juntos totalizavam 8 ambientes molháveis por apartamento.

Figura 5-4 – Planta baixa o pavimento tipo da obra FR-01

Fonte: Projeto executivo

CONDIÇÕES DE REALIZAÇÃO DAS TAREFAS DA OBRA FR-01

Todo o material de PPR recebido na obra foi alocado no subsolo, nem todos com separação adequada por bitolas, junto com todos os materiais estocados (Figura 5.5), não existia a figura do almoxarife, todos tinham acessos aos estoques salvo uma pequena sala adjunta a sala do mestre de obras que se prestava a guarda de alguns materiais de custo unitário mais elevado. O transporte dos materiais que foram utilizados nos serviços de SPHS era de responsabilidade dos próprios oficiais responsáveis pelas tarefas, incluindo a argamassa para chumbamento dos ramais.

Figura 5-5 - Vista parcial do estoque da obra FR-01



Fonte: Autor

O encarregado não possuía espaço definido para a gestão da sua equipe ou guarda de suas cópias dos projetos. Nos projetos não foram encontrados indícios de compatibilização dos SPHS com os outros sistemas de interação imediata, como o sistema estrutural e o sistema de vedação por exemplo. De uma maneira geral o canteiro possuía grau intermediário de limpeza e organização, com gestores sempre ausentes durante todas as visitas realizadas, sendo este pesquisador sempre recepcionado e atendido pelo mestre de obras, que apesar de já ter mais de 30 anos de experiência na construção civil, não possuía qualificação formal.

Nesta obra foram estudados serviços de execução de instalação de água fria e água quente no pavimento tipo com PPR.

5.1.3 OBRA FR-02

Trata-se de uma edificação de múltiplos pavimentos (Figura 5.6) situada no município de Franca – SP, destinada ao uso residencial com 20 pavimentos tipos sendo o último tipo cobertura duplex, com 2 subsolos e térreo totalizando 24 pavimentos. Sua estrutura era de concreto armado moldado *in loco*, com lajes maciças, fechamento interno e externo de alvenaria de blocos cerâmicos assentados com argamassa mista de cimento, cal hidratada e areia, revestidas de argamassa em todos os cômodos internos e possuía padrão de acabamento médio-alto.

Figura 5-6 - Vista da obra FR-02

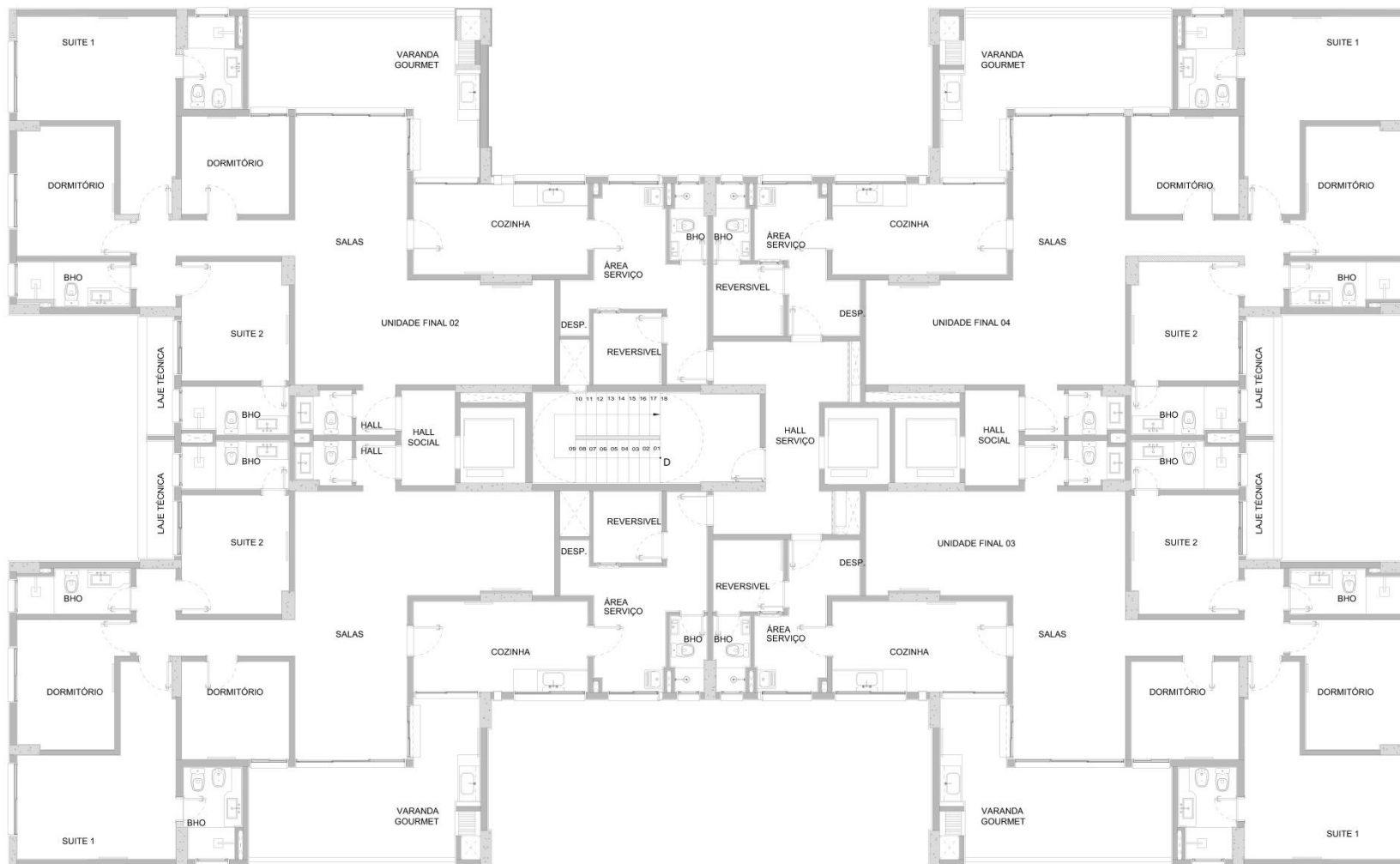


Fonte: Autor

Este canteiro de obras era dotado de 1 elevador tipo cremalheira para o transporte vertical dos colaboradores e dos materiais para os pavimentos da torre, e como único equipamento de transporte vertical, ainda era o responsável pela distribuição da argamassa de revestimento para os andaimes fachadeiros.

Cada pavimento tipo possuía 4 apartamentos de plantas praticamente iguais (Figura 5.7). Cada apartamento continha 3 suítes, mais um dormitório simples opcional, 3 banheiros completos, lavabo, sala, cozinha, área de serviço, banheiro de funcionário e varanda gourmet, que juntos totalizavam 8 ambientes molháveis por apartamento.

Figura 5-7 – Planta baixa o pavimento tipo da obra FR-02



Fonte: Projeto executivo

CONDIÇÕES DE REALIZAÇÃO DAS TAREFAS DA OBRA FR-02

Todo o material de SPS fornecido para esta obra era estocado no subsolo em área reservada ao empreiteiro e com acesso apenas aos membros da sua equipe, pois seu contrato acertado com a construtora para esta obra era por empreitada global, envolvendo mão de obra e material. Este espaço era totalmente fechado por tapumes, os acessos eram por portas fechadas com cadeados, seu interior possuía espaços reservados para mesas de projetos iluminadas, estantes de madeira e aço bem dimensionadas para a guarda dos tubos e conexões, todos corretamente separados por tipos e por bitolas, além de bancadas de trabalho com morsas e relógio de ponto próprio (Figura 5.8).

Figura 5-8 – Espaço de trabalho destinado ao empreiteiro da obra FR-02



Fonte: Autor

A distribuição dos materiais que foram utilizados nos serviços de SPS era de responsabilidade dos próprios oficiais encarregados das tarefas, com exceção da argamassa para chumbamento dos ramais, que era produzida e distribuída pelos funcionários da construtora de acordo com a solicitação do empreiteiro.

Demais materiais da obra ficavam armazenados também no subsolo e no térreo, o escritório da obra e áreas de vivências em um imóvel residencial em frente à obra locado pela construtora. De uma maneira geral o canteiro possuía um grau de limpeza e organização considerado bom, apesar do elevador cremalheira ser considerado um gargalo na produção, devido as constantes filas de colaboradores e materiais que se formavam por todo o período da produção, mesmo a obra não se encontrando, naquele momento, em ritmo acelerado no cronograma.

5.1.4 OBRA BR-01

Situado no município de Barretos – SP, este condomínio residencial multifamiliar horizontal (Figura 5.9) é formado por 22 conjuntos assobradados, contendo 2 apartamentos cada, totalizando 44 unidades habitacionais, dotadas de 2 dormitórios, 1 sala, 1 cozinha/área de serviço e 1 banheiro, com padrões de acabamentos voltados para o segmento econômico como mostra a Figura 5.11 posterior. O canteiro de obras é dotado de 1 guindaste sobre caminhão com lança telescópica e de 1 trator com plataforma sobre rodas para o transporte de materiais a granel e paletizados.

Figura 5-9 – Vista da obra BR-01



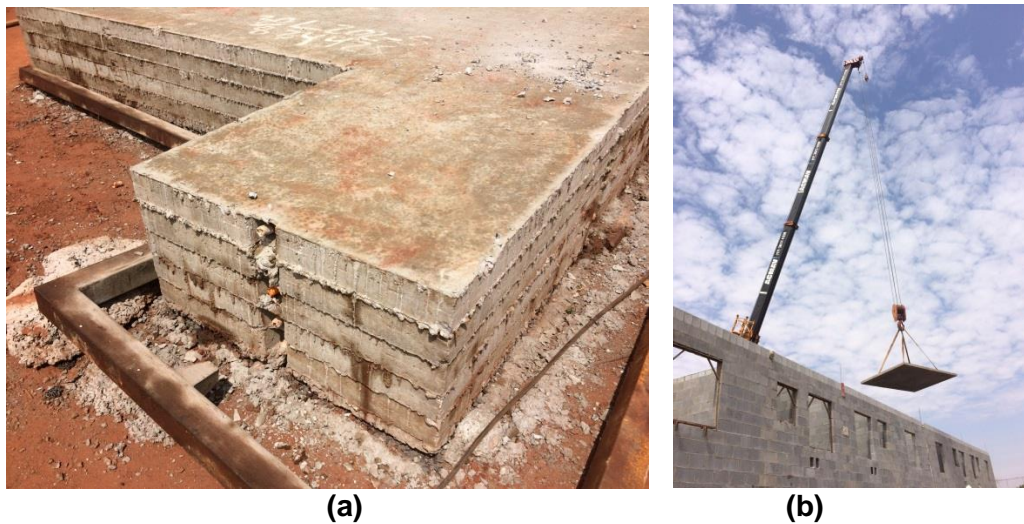
Fonte: Autor

O empreendimento foi construído em alvenaria estrutural de blocos de concreto, sobre fundação tipo radier, com revestimentos internos em pasta de gesso liso nas paredes das áreas secas e cerâmico sobre argamassa nas áreas molhadas. Nenhuma das tubulações estudadas de SPHS foi embutida nas paredes e os passantes das lajes foram deixados durante sua concretagem.

O sistema adotado foi de lajes pré-moldadas de concreto armado, concretadas no próprio canteiro de obras com a adoção de formas metálicas tipo trepante, uma laje foi concretada sobre a outra com mostra a Figura 5.10a, com a proteção de aplicação de camadas desmoldante entre elas, e posteriormente içadas sobre as alvenarias prontas do pavimento (Figura 5.10b) pelo guindaste. A adoção desta técnica veio a corroborar com o rigor dimensional de cada subsistema

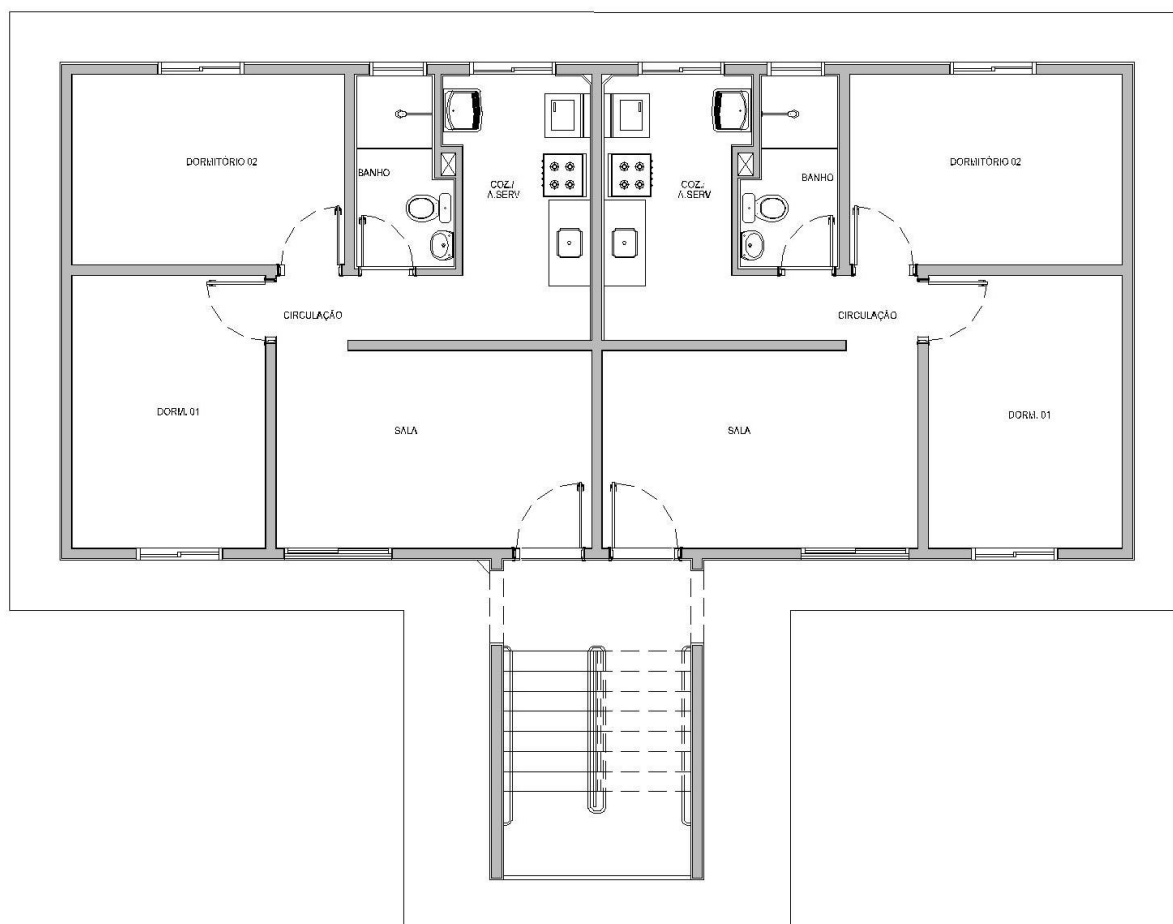
edificado exigido pela construtora nas suas obras. Esta padronização dimensional das unidades deve ser salientada nesta caracterização da obra BR-01, pois constituiu fator de conteúdo e contexto nos resultados desta pesquisa.

Figura 5-10 – (a) Laje pré-moldada de concreto junto com sua fôrma trepante desmontada (b) içamento de laje pré-moldada com utilização de guindaste telescópico



Fonte: Autor

A construtora proprietária da obra realiza constantes investimentos em melhoria dos projetos e processos construtivos, implantando racionalização construtiva e inovações tecnológicas, através de consultores reconhecidos no mercado, dentre eles a equipe da Dra. Mércia Bottura de Barros da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - USP. Desta forma, o canteiro de obras possui elevado grau de organização, limpeza e controle dos métodos executivos rigorosamente controlados por normas especificadas pelo sistema de gestão da qualidade (SGQ) já implantado.

Figura 5-11 – Planta baixa o pavimento tipo da obra BR-01 e BR-02

Fonte: Projeto executivo

CONDIÇÕES DE REALIZAÇÃO DAS TAREFAS DA OBRA BR-01

Um imóvel residencial em frete a obra BR-02 da mesma construtora foi locado para servir de escritório da equipe do engenheiro residente, áreas de vivências dos colaboradores e almoxarifado para as duas obras, nele todo o material de hidráulica recebido era alocado. O transporte dos materiais que foram utilizados nos serviços estudados era de responsabilidade dos próprios oficiais responsáveis pelas tarefas que percorriam distâncias de porta a porta até o canteiro de aproximadamente 300 metros, mais o deslocamento dentro da obra, que por suas características horizontais podiam chegar 120 metros da guarita à última unidade.

Ao empreiteiro de SPHS não foi destinado qualquer espaço para a instalação de seu escritório, bancadas de trabalhos ou guarda de suas ferramentas. Entretanto

este alugou, sob suas espessas, outro imóvel residencial próximo para servir de alojamento de sua equipe de MO, e deste se utilizou para tais funções.

Nesta obra foram estudados serviços de execução de instalação de ramais de esgoto de PVC sob a laje do pavimento superior, pelo sistema convencional e, após treinamento, com a produção de kits hidráulicos no canteiro.

5.1.5 OBRA BR-02

Também situada no município de Barretos – SP e próxima a obra BR-01, esta obra possuía as mesmas características principais no tocante aos recursos físicos disponíveis, técnicas construtivas e modelo de gestão da produção. Sua tipologia também era de condomínio residencial multifamiliar horizontal (Figura 5.12), porém formada por 26 conjuntos assobradados de 2 apartamentos cada, totalizando 56 unidades habitacionais. Sua planta tipo continha 2 dormitórios, 1 sala, 1 cozinha/área de serviço e 1 banheiro, voltadas para o mesmo público alvo do segmento econômico, replicada da obra BR-01 (Figura 5-12).

Figura 5-12 – Vista da obra BR-02



Fonte: Autor

Os radiers construídos sobre os sistemas de esgoto, objeto de estudo nesta obra, foram executados com o a utilização de formas metálicas, todas elas locadas e niveladas com o auxílio de um topógrafo. Estas fôrmas também serviram de gabarito para o correto posicionamento dos tubos passantes.

De uma maneira geral, este canteiro de obras possuía o mesmo elevado grau de organização, limpeza e controle de qualidade e seus métodos executivos estavam sob as mesmas normativas impostas pelo sistema de gestão da qualidade aplicado na obra BR-01.

CONDIÇÕES DE REALIZAÇÃO DAS TAREFAS DA OBRA BR-02

As mesmas instalações de escritório de obra, áreas de vivências e almoxarifado para a obra BR-01 foi utilizado para esta obra. Com a diferença que o imóvel estava em frente a sua guarita, facilitando o transporte dos materiais que foram utilizados nos serviços estudados, pois estes também eram de responsabilidade dos próprios oficiais que percorriam distâncias menores, aproximadamente 25 metros até o canteiro e mais 100 metros de deslocamento dentro da obra da guarita a unidade mais distante. As condições disponíveis ao empreiteiro de SPHS foram as mesmas.

Nesta obra foram estudados serviços de execução de instalação de ramais de esgoto de PVC sob a fundação de radier pelo sistema de produção de kits hidráulicos no canteiro.

5.1.6 RESUMO DAS PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DAS OBRAS

Visando melhorar a análise comparativa entre as condições dos canteiros estudados o Quadro 5.1 a seguir resume as principais características anotadas neste item 5.1 Caracterização das obras.

Quadro 5-1 – Características dos canteiros de obras - Resumo

Características	Obra				
	RP-01	FR-01	FR-02	BR-01	BR-02
Tipologia	Residencial	Residencial	Residencial	Residencial	Residencial
Segmento	Alto padrão	Alto padrão	Médio-alto padrão	Econômico	Econômico
Ambientes molháveis/ unid	11	8	8	3	3
Quantidades de torres e pavim.	1 x 29	1 x 18	1 x 24	22 x 2	26 x 2
Estrutura	Concreto armado moldado <i>in loco</i>	Concreto armado moldado <i>in loco</i>	Concreto armado moldado <i>in loco</i>	Alvenaria estrutural	Alvenaria estrutural
Fechamento	Alvenaria com bloco cerâmico	Alvenaria com bloco cerâmico	Alvenaria com bloco cerâmico	Alvenaria com bloco de concreto	Alvenaria com bloco de concreto
Equipamentos de transporte vertical	2 elevadores cremalheiras + 1 mini grua	1 elevador cremalheira	1 elevador cremalheira + 2 elevadores definitivos	Guindaste	Inexistente
Colaboradores Esperam por transporte	Sim	Não	Sim	Não	Não
Almoxarifado	Terreno ao lado, próximo ao escritório técnico. Fechado	Subsolo e 1º pavimento. Espaços abertos	Subsolo, anexo ao espaço do empreiteiro. Fechado	Imóvel distante 300m da obra. Fechado	Imóvel em frente da obra. Fechado
Espaço destinado ao empreiteiro de SPHS	No 1º subsolo, amplo, fechado e bem equipado	Inexistente	No 2º subsolo, amplo, fechado e bem equipado	Inexistente	Inexistente
Grau de limpeza e organização do canteiro	Elevado	Intermediário	Intermediário	Elevado	Elevado
Engenheiro de campo presente no canteiro	Com boa frequência	Não	Sempre	Sempre	Sempre
Grau de racionalização e controle de qualidade.	Elevado	Baixo	Intermediário	Elevado	Elevado
Projetos detalhados	Sim	Não	Sim	Sim	Sim
Boa compatib. de projetos	Sim	Não	Intermediário	Sim	Sim

Fonte: Autor

5.2 CARATERIZAÇÃO DAS EQUIPES DE TRABALHO

5.2.1 OBRA RP-01

A mão de obra de instalações prediais hidráulicas e sanitárias desta obra ficou a cargo de uma empresa terceirizada, cujos proprietários atuaram diretamente, participando da execução dos trabalhos. Seus sócios já pertenceram ao quadro de funcionários da construtora e se desligaram para formar a própria empresa prestadora de serviços de mão de obra, porém, todos os empreendimentos desta construtora tem a execução de instalações hidráulicas terceirizadas para esta empreiteira. Somados o período como patrão e empregado aos anos de contratante e contratado, perfizeram até o momento da pesquisa mais de trinta anos de relacionamento entre as partes.

Esta equipe era formada por 8 colaboradores sendo 6 oficiais, 1 meio-oficial e 1 ajudante. Todos eram registrados, recebiam salário fixo e não trabalham sob o regime de tarefa. O Quadro 5.2, a seguir, apresenta e descreve seus respectivos cargos e a função principal exercida no período de coleta de dados deste estudo.

Quadro 5-2 – Formação da equipe de mão de obra direta da obra RP-01

Colaborador	Cargo	Função principal
1	Empreiteiro / Oficial	Encarregado da equipe e execução dos ramais e sub-ramais de água fria e água quente
2	Meio-oficial	Auxiliar o oficial João Paulo e execução dos ramais e sub-ramais de água fria e água quente.
3	Oficial	Execução dos ramais de distribuição de água fria e água quente pelo teto do pavimento tipo. (Trajeto aéreo).
4	Oficial	Execução dos ramais de distribuição de água fria e água quente pelo teto do pavimento tipo. (Trajeto aéreo).
5	Oficial	Execução do esgoto secundário.
6	Ajudante	Execução de corte e rasgo da alvenaria.
7	Oficial	Regulagem dos pontos hidráulicos e fixação dos ramais de alvenarias com argamassa

Fonte: Autor

5.2.2 OBRA FR-01

Esta construtora optou por realizar os serviços relacionados ao SPHS com mão de obra própria. Formada por 1 oficial encarregado, 3 oficiais, 1 meio oficial e 1

ajudante, totalizando 6 colaboradores, durante este período todos eles estavam trabalhando sob aviso prévio, com a promessa da construtora de subcontratação para o término da obra ao fim deste período e realização de outras obras da mesma empresa.

O Colaborador 1, encarregado, não deveria executar tarefas destinadas aos oficiais, apenas delegar e avaliar os serviços, marcar os pontos hidráulicos e caminhamentos das tubulações e providenciar a ligação dos registros com seus respectivos adaptadores PPR para as equipes. Salvo por motivos de eminente atraso que ameaçasse o não cumprimento das metas estabelecidas; durante este período isto ocorreu apenas com o braço da equipe que realizava as tarefas relacionadas aos esgotos, onde estava alocado o ajudante Colaborador 5, seu filho, que estava em treinamento. Os serviços relacionados ao sistema de esgoto não utilizavam pré-montagem, portanto ficou de fora desta pesquisa. O Quadro 5.3, a seguir, apresenta e descreve seus respectivos cargos e a função principal exercida dos colaboradores desta obra.

Quadro 5-3 – Formação da equipe de mão de obra direta da obra FR-01

Colaborador	Cargo	Função principal
1	Oficial / Encarregado	Encarregado da equipe.
2	Oficial	Execução dos ramais de distribuição de água fria e água quente em PPR
3	½ Oficial	Execução dos ramais de distribuição de água fria e água quente em PPR
4	Oficial	Execução dos ramais de distribuição de esgoto e serviços preliminares
5	Ajudante	Execução dos ramais de distribuição de esgoto e serviços preliminares
6	Oficial	Regulagem dos pontos hidráulicos e fixação dos ramais de alvenarias com argamassa

Fonte: Autor

Houve a percepção deste pesquisador que os oficiais encarregados das tarefas de execução dos ramais de água fria e água quente em PPR, objetos principais de pesquisa neste canteiro, tiveram de parar excessivamente suas funções principais para realizar retrabalhos de cortes e passantes em alvenarias mal executados por outros membros da equipe. Outrossim, as metas estabelecidas pelos

gestores da obra não eram a maior preocupação destes colaboradores, haja vista que as cumpriam sem excessivo esforço e sem premiações por produtividade.

5.2.3 OBRA FR-02

Nesta obra, os SPS foram terceirizados por empreitada global de material e MO para uma empresa especializada de Ribeirão Preto. Durante o período da coleta desta pesquisa, a equipe demonstrou bom entrosamento entre os oficiais, e estes com os supervisores, entretanto, nos primeiros 5 meses de trabalho nesta obra o empreiteiro sofreu com grande rotatividade da mão de obra, por ter contratado seguidamente colaboradores que, ou não atendiam as especificações exigidas ou não apresentavam as assiduidades e produtividades mínimas exigidas pelo encarregado. Tal supervisão era realizada pelo Colaborador 2, que também era auxiliado nesta função pelo Colaborador 1, sócio majoritário da empresa empreiteira e figura muito presente e atuante no canteiro de obras.

Contando com o empreiteiro então, a equipe era formada por 8 profissionais, 1 oficial encarregado, 4 oficiais e 2 ajudantes. Todos eram registrados, recebiam salário fixo mais bonificação pela produção da tarefa e estão apresentados e descritos seus respectivos cargos e funções no Quadro 5.4 a seguir.

Quadro 5-4 – Formação da equipe de mão de obra direta da obra FR-02

Colaborador	Cargo	Função principal
1	Empreiteiro	Empreiteiro
2	Oficial / Encarregado	Encarregado da equipe e execução dos barriletes, ramais de distribuição no térreo e ligação das cisternas no subsolo.
3	Oficial	Execução dos ramais de distribuição de água quente em PPR, água fria em PVC e produção dos kits hidráulicos em PPR.
4	Oficial	Execução dos ramais de distribuição de água quente em PPR, água fria em PVC.
5	Oficial	Execução dos ramais e sub-ramais de esgoto em PVC sob a laje.
6	Ajudante	Execução de corte e rasgo da alvenaria e abertura dos passantes. Auxiliar o oficial Marrom
7	Ajudante	Execução de corte e rasgo da alvenaria e abertura dos passantes.
8	Oficial	Regulagem dos pontos hidráulicos e fixação dos ramais de alvenarias com argamassa

Fonte: Autor

5.2.4 OBRA BR-01

Os serviços de SPHS desta obra foram empreitados para uma empresa especializada com sede em Campinas, e com longo histórico de serviços prestados para esta construtora. No momento desta pesquisa ela atuava além desta em Barretos, em obras nas cidades de Jundiaí, Santa Bárbara e Itatiba, todas no estado de São Paulo. Desta forma, o quadro de funcionários da empreiteira nesta obra era muito flutuante, não que isto significasse alta rotatividade da mão de obra, visto por muitos pesquisadores como um dos fatores negativos para a PMO, mas apenas relocação de pessoal em diversos canteiros de acordo com a fase construtiva dos empreendimentos deste cliente.

Assim sendo, este trabalho se limitou a caracterizar apenas os profissionais envolvidos diretamente nos serviços estudados, que consistia apenas em 1 supervisor, 1 oficial e 1 ajudante. A principal particularidade desta equipe se deu pelo processo de aprendizado que foi desenvolvido com estes colaboradores durante a realização das tarefas.

Isto ocorreu pelo fato de estes colaboradores não utilizarem, até aquele momento, os sistemas de montagens dos SPHS por kits descritos no Capítulo 3, subitem 3.3.2 Sistema de Execução com Pré-Montagens e Módulos deste trabalho, e o desafio de passar a utiliza-los foi aceito, inicialmente com a resistência comum que todos os profissionais da construção civil possuem as novidades técnicas, e posteriormente, com entusiasmo. O Quadro 5.5, a seguir, apresenta estes colaboradores, seus respectivos cargos e descreve a função principal exercida nesta obra.

Quadro 5-5 – Formação da equipe de mão de obra direta da obra BR-01

Colaborador	Cargo	Função principal
1	Encarregado	Encarregado da equipe.
2	Oficial	Execução dos ramais e sub-ramais de esgoto em PVC sob a laje.
3	Ajudante	Auxiliar o oficial Júlio na execução da tarefa principal.

Fonte: Autor

O Colaborador 2, oficial, participou da equipe executora da próxima obra, levou os conceitos de pré-montagem por kits hidráulicos e os aplicou junto com outros colaboradores disseminando o conhecimento adquirido.

5.2.5 OBRA BR-02

O empreiteiro de SPHS desta obra era o mesmo da obra BR-01, mantendo portanto, as mesmas características administrativas e de pessoal da outra obra. Como esta começou antes de terminar aquela, muitos colaboradores chegaram a trabalhar nas duas simultaneamente, é o caso do supervisor Colaborador 1 que ficou encarregado das 2 equipes, e de 1 dos 2 oficiais que compunham esta equipe. Da mesma forma que no caso anterior, este trabalho caracterizou apenas os profissionais envolvidos diretamente nos serviços estudados e estão apresentados no Quadro 5.6.

Quadro 5-6 – Formação da equipe de mão de obra direta da obra BR-02

Colaborador	Cargo	Função principal
1	Encarregado	Encarregado da equipe.
2	Oficial	Execução dos ramais e sub-ramais de esgoto em PVC sob o radier.
3	Oficial	Execução dos ramais e sub-ramais de esgoto em PVC sob o radier; Execução dos ramais de gás; Execução das instalações provisórias do canteiro

Fonte: Autor

Nesta equipe vale ressaltar a presença do Colaborador 2 que também compunha a equipe da obra BR-01 e trouxe para esta os aprendizados do sistema de produção dos SPS utilizando a pré-produção dos kits.

5.2.6 RESUMO DAS CARACTERÍSTICAS DAS EQUIPES DE TRABALHO

Visando melhorar a análise comparativa entre as equipes de trabalho, o Quadro 5.7 a seguir resume as principais características anotadas neste item.

Quadro 5-7 – Características das equipes de trabalho - Resumo

Características	Obra				
	RP-01	FR-01	FR-02	BR-01	BR-02
Vínculo com a construtora	Empresa terceirizada	M. O. Própria	Empresa terceirizada	Empresa terceirizada	Empresa terceirizada
Encarregado atua como oficial	Sim	Não	Sim	Não	Não
No total de colaboradores na equipe	7	6	8	5	5
No de colaboradores com atividades mesuradas nesta pesquisa	5	3	4	2	2
Idade média dos oficiais	37 anos	43 anos	45 anos	34 anos	34 anos
Tempo médio de experiência dos oficiais	15 anos	18 anos	16 anos	11 anos	12 anos
Colaboradores Registrados	Sim	Não	Sim	Sim	Sim
Recebem incentivos financeiros	Não	Não	Sim	Sim	Sim
Plano de metas a cumprir	Sim	Sim	Sim	Não	Não
Utilização do ferramental mais específico	Sim	Não	Sim	Sim	Sim

Fonte: Autor

5.3 CARACTERIZAÇÃO DOS SERVIÇOS

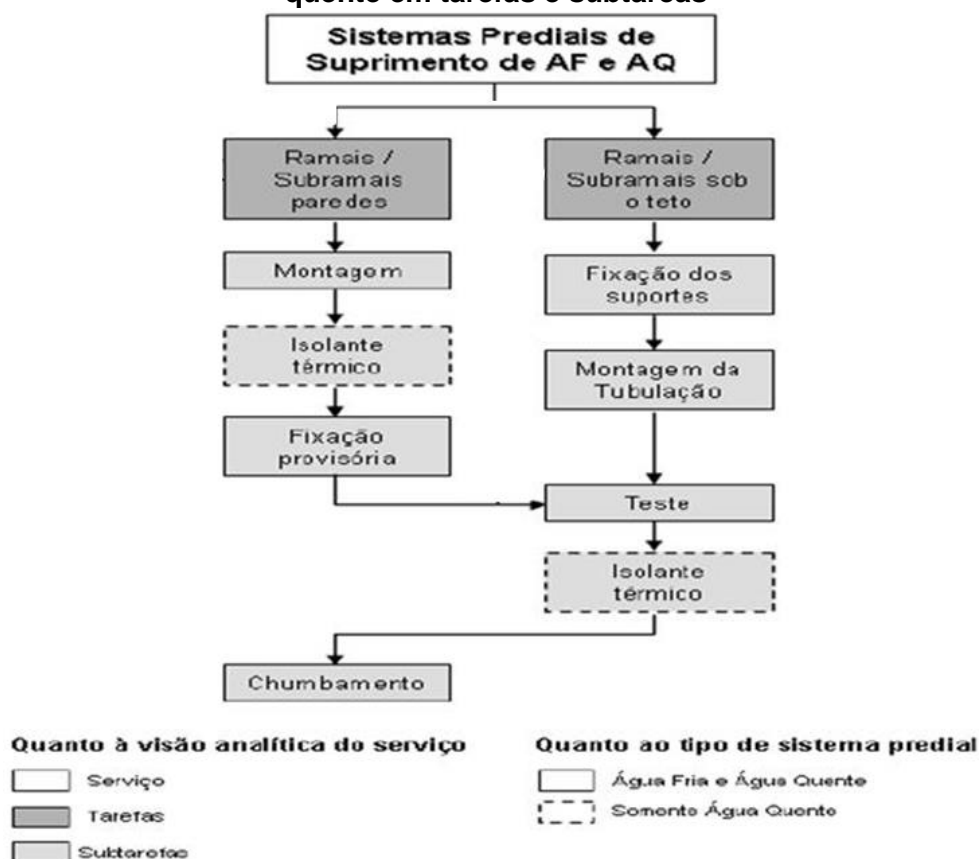
Com a finalidade de permitir analisar os fatores de conteúdo através da sua caracterização individual, a seguir serão descritos os serviços pesquisados com ênfase em suas técnicas construtivas e principalmente caracterizando as subtarefas necessárias para sua conclusão, conforme orientação de Souza (1996) para a coleta de dados referente às saídas dos serviços que, ao final de cada dia de medição não se encontra várias unidades completas para estudo, conforme descrição no item 2.4 Coleta de Dados – 2.4.2 Mensuração das Saídas deste trabalho.

Portanto, todos os serviços objetos desta pesquisa foram divididos em várias tarefas e subtarefas para que a medição fosse possível, seguindo primordialmente o padrão estabelecido por Paliari (2008), de tal forma que foi possível realizar tanto o

aprofundamento do conhecimento existente, quanto gerar dados que venham a subsidiar futuras tomadas de decisões por parte dos gestores de obra.

A grande divisão dos serviços de Sistema de Suprimento de Água Fria e Água Quente, independente do material aplicado, ocorreu nas tarefas de execução dos ramais e sub-ramais de distribuição pelas paredes e a execução dos ramais e sub-ramais de distribuição pelo teto. Desta forma, a Figura 5.13, apresenta a divisão adotada, com exceção das subtarefas de teste que sempre foram realizadas pelas equipes responsáveis pela qualidade das construtoras e da subtarefa de instalação do isolamento térmico, que é dispensado pelo material utilizado PPR.

Figura 5-13 - Divisão da execução dos sistemas de suprimento de água fria e água quente em tarefas e subtarefas



Fonte: Adaptado de Paliari (2008)

A vista disto, a seguir serão caracterizados os serviços de ramal e sub-ramal de água fria pelas paredes dos ambientes molháveis e pelo teto dos apartamentos tipos.

5.3.1 EXECUÇÃO RAMAL E SUB-RAMAL DE ÁGUA FRIA E ÁGUA QUENTE COM PPR PELA PAREDE

Por utilizarem o mesmo material, PPR, estas tarefas foram designadas para as mesmas equipes, ou seja, o mesmo oficial que executou os sistemas prediais de água fria executou simultaneamente o de água quente. Esta particularidade foi proferida pela versatilidade de aplicações de uso do material e proporcionou a este pesquisador a fazer a coleta de dados, sua análise e obtenção de resultados de forma que não se tenha distinção entre o sistema de água fria e o sistema de água quente como é comum em trabalhos e pesquisas deste tema.

Todas as equipes seguiram o processo executivo descrito no capítulo 3 para o PPR, a exceção da equipe da obra FR-01 que abriu mão da tesoura específica (Figura 5.13a) para o corte dos tubos de PPR, utilizando serra manual metálica como mostra a Figura 5.13b, a opção por esta ferramenta, além de comprometer a precisão do corte, criava rebarbas nos tubos que eram tiradas com o uso de outra ferramenta cortante lisa ou com o verso da própria serra, quando esta não estava acoplada no arco comprometendo a PMO.

**Figura 5-14 – (a) Operação de corte de tubos de PPR com tesoura específica
(b) Operação de corte de tubos de PPR com arco de serra**



(a)

(b)

Fonte: Autor

Nos ambientes molháveis, os ramais e sub-ramais abasteciam os pontos de água fria e quente, percorreram as alvenarias (Figura 5.15a), que foram cortadas e rasgadas previamente (Figura 5.15b). Para o estudo da PMO aplicada na execução

do ramal e sub-ramal de água fria e quente pela alvenaria, utilizando o material PPR, foi propositadamente descartada a coleta de dados das subtarefas que são típicas a outros tipos de materiais hidráulicos, como a marcação, o corte e rasgo de alvenaria de bloco cerâmico ou outros, subtarefas estas comuns e com confiáveis índices de produtividade.

Figura 5-15 – (a) Alvenaria aberta esperando instalação hidráulica; (b) Ramais e sub-ramais de PPR na alvenaria.



(a)

(b)

Fonte: Autor.

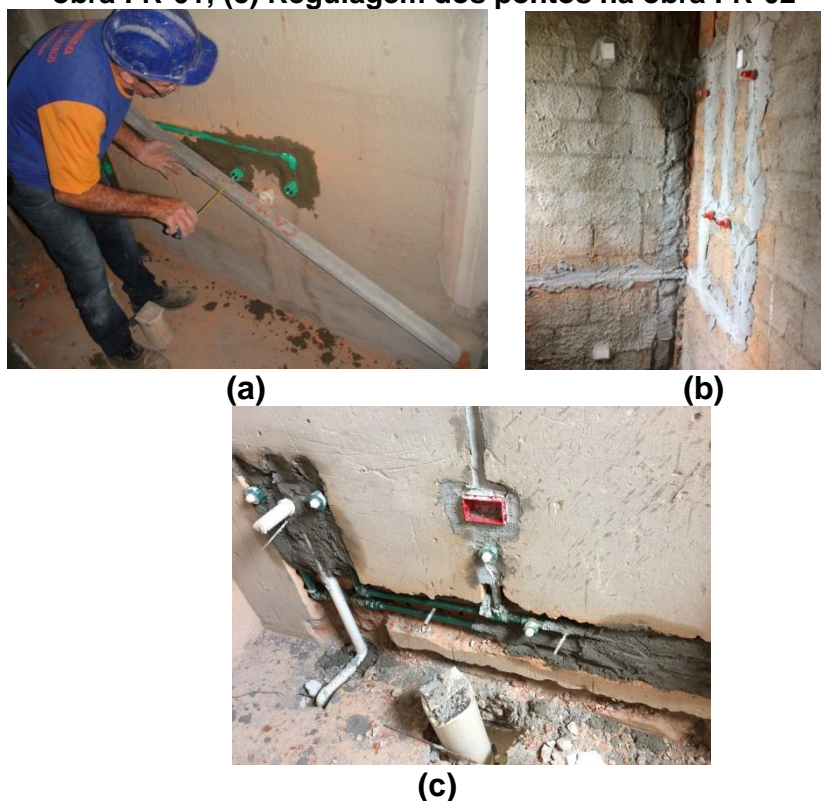
Portanto este trabalho concentrou-se na tarefa de execução da tubulação essencialmente, medição e corte dos tubos com tesoura específica, ou não, preparação e aquecimento do equipamento de termofusão e a montagem do sistema em si. Método executivo próprio do PPR que, por fazer parte da gama de materiais novos, que estão ganhando espaço no mercado de edificações da construção civil, possui pouca ou nenhuma literatura e pesquisa confiável de produtividade, o coloca no cerne desta pesquisa.

Em que pese a subtarefa de regulagem dos pontos e fixação da tubulação na alvenaria ser comum aos outros materiais, seus esforços foram mensurados durante esta pesquisa, separadamente como forma de equiparar os serviços de ramal e sub-ramal pelas paredes realizados pelo sistema tradicional, com corte dos tubos e interligação com as peças de conexões no local de aplicação e os serviços realizados pelo sistema de pré-produção de kits.

A caracterização desta subtarefa consiste em travar provisoriamente a tubulação com pedaços de madeira, cunhas, cacos cerâmicos ou pequenos pedaços de aço, feito isto o oficial regula os pontos de água (nível, prumo e profundidade) tendo como referência as taliscas fixadas ou mestras executadas na alvenaria que mostram qual será a espessura dos revestimentos primários que será executada posteriormente. Este passo é muito importante para que os registros, engates e equipamentos hidráulicos fiquem com conexões corretas junto às tubulações e seus acabamentos fiquem ajustados ao revestimento final. Certo desta regulagem, o oficial chumba definitivamente a tubulação na alvenaria que a sustenta utilizando argamassa de cimento e areia.

Na obra RP-01, esta subtarefa era realizada seguindo as mestras existentes (Figura 5.16a), na obra FR-02 o oficial que executou esta tarefa podia se referenciar apenas pelas taliscas, pois as mestras não estavam prontas como mostra a Figura 5.16. Este procedimento torna sua execução mais lenta, já na obra FR-01, os revestimentos primários argamassados já estavam concluídos, facilitando, portanto, a sua execução (Figura 5.16c).

Figura 5-16 – (a) Regulagem dos pontos na obra RP-01; (b) Regulagem dos pontos na obra FR-01; (c) Regulagem dos pontos na obra FR-02



Fonte: Autor

5.3.2 EXECUÇÃO RAMAL E SUB-RAMAL DE ÁGUA FRIA E ÁGUA QUENTE COM PPR PELO TETO

Todos esses ramais de distribuição, tanto de água fria quanto o de água quente ficavam posicionados sob a laje, fixados em perfil metálico (Figura 5.17a) quando dois ou mais tubos percorriam juntos o mesmo trecho no mesmo nível rente a laje, ou em fitas metálicas (Figura 5.17b) quando a tubulação corria isolada ou com níveis diferentes.

Figura 5-17 - Sistemas de fixação da tubulação na laje por perfil (a) e por fita (b)



(a)

(b)

Fonte: Autor

Nas obras RP-01 e FR-02 os dois sistemas suporte foram ancorados na laje de concreto por meio de pinos de aço de 23 mm fixados com pistolas acionadas à pólvora.

A obra FR-01 que optou por ancorar tais tubulações utilizando peças de eletrocalhas, (Figura 5.18) fixadas na laje por meio de fitas metálicas parafusadas com a utilização de furadeira, inserção de bucha na laje e fixação final com parafusos.

Figura 5-18 - Sistemas de fixação da tubulação na laje por eletrocalha



Fonte: Autor

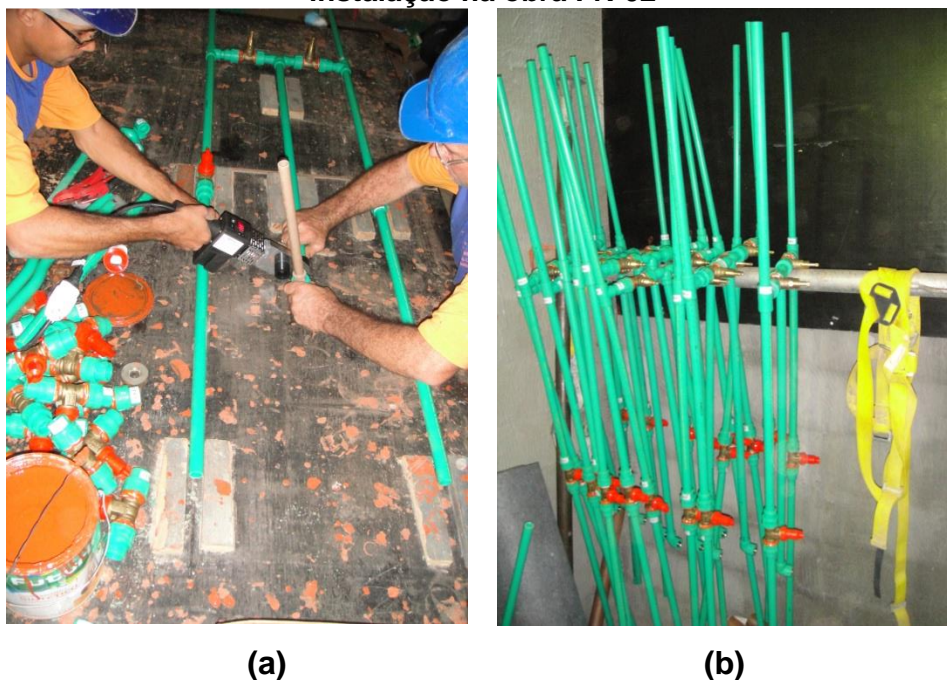
Cumprida esta subtarefa a montagem dos trechos seguiu os mesmos procedimentos para alvenaria, descritos anteriormente.

5.3.3 SISTEMA DE SUPRIMENTO DE ÁGUA FRIA E ÁGUA QUENTE COM A PRÉ-MONTAGEM DE KITS HIDRÁULICOS

O esforço de mão de obra para a execução dos ramais por este modelo de produção dá-se em dois momentos distintos. O primeiro é a produção dos kits, tarefa que normalmente realizada em uma central de produção no próprio canteiro de obras ou fora dele, quando esta tarefa é realizada por empresa especializada que os fornece pronto para as construtoras, o segundo momento, denominado instalação do kit, é comum à execução da tubulação pelo método tradicional, e consiste na fixação deste kit na alvenaria que o sustenta.

As obras RP-01 e FR-02 possuíam sistema de gestão da produção do SPHS com a produção e pré-montagem (Figura 5.20a) de diferentes de kits, todos destinados aos ramais de interligação de água fria com água quente (Figura 5.20b). Formados por tubos e conexões de PPR, contemplam os respectivos registros de gaveta base 3/4, registros de pressão base 3/4, “T” misturador e o sub-ramal que forma a ducha.

Figura 5-19 – (a) Produção de Kit em central na obra RP-01; (b) Kits prontos para instalação na obra FR-02



Fonte: Autor

As duas obras em que este serviço foi estudado (RP-01 e FR-02), realizaram esta tarefa em oficinas localizadas no subsolo da obra e dispunham de amplas bancadas de trabalho feitas em madeira com morsas de cano fixadas, pondo de energia elétrica de 110 e 220W padronizado pela NR10, amplo espaço de trabalho ao redor local da bancada, boa iluminação e local de guarda dos kits prontos e das sobras diárias dos materiais para utilização futura.

Normalmente esta tarefa se inicia com a preparação dos registros a serem utilizados nos kits, devido a sua destinação principal de interligar os ramais de água fria e água quente dos chuveiros, todos os kits estudados tinham o consumo de 4 registros, 2 de gaveta e 2 de pressão. O serviço basicamente consiste em fazer a união dos registros com o adaptador PPR macho 25mmx3/4", cada registro de gaveta recebe 2 adaptadores (Figura 5.21a) e cada registro de pressão recebe apenas 1, haja vista que na outra extremidade será conectado ao "T" misturador PPR que já é dotado de terminação tipo 25mmX3/4" (Figura 5.21b), porém este último esforço foi computado como montagem dos kits e como simples conexão no cálculo que apura o número de conexões por meto de cano, uma dos fatores de conteúdo da PMO.

Figura 5-20 - Registros de gaveta (a) e de pressão (b) unidos com o adaptadores PPR macho 25mmx3/4" e com "T" misturador PPR



(a)

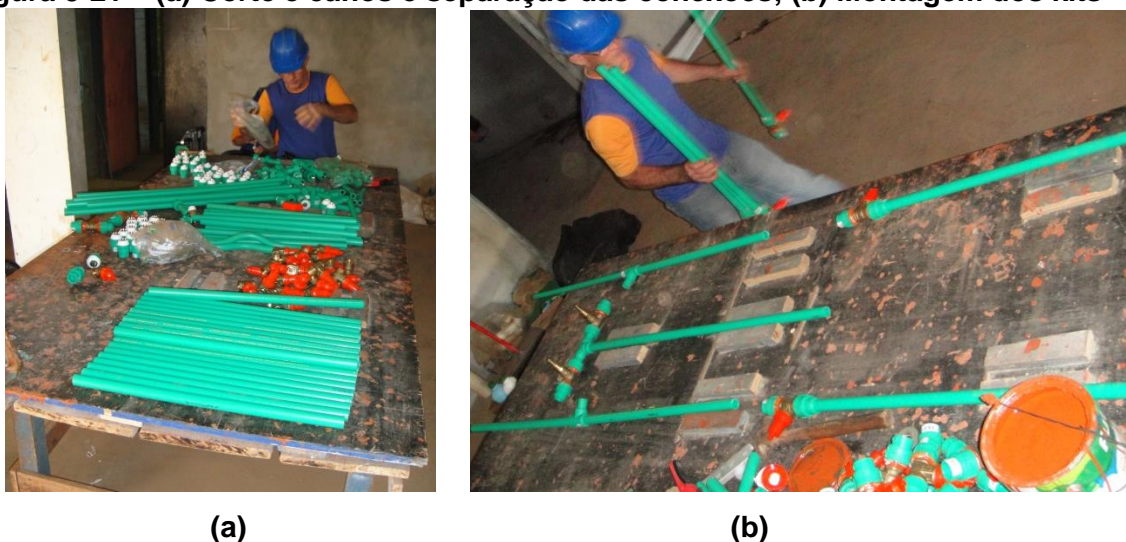


(b)

Fonte: Autor

Os canos foram cortados na medida do projeto, da mesma forma que o sistema tradicional, as duas equipes estudadas utilizavam as tesouras de corte especificadas pelos fabricantes, e a sequência de corte dos tubos obedecia ao critério de repetição das medidas que seriam utilizadas, otimizando tanto a produtividade quanto a redução de perda de material.

Após esta etapa, os colaboradores separaram todas as conexões necessárias (Figura 5.22a) e se iniciou o processo de montagem dos kits em si nas bancadas de trabalho, que eram dotadas de gabaritos formados por peças de madeira (Figura 5.22b). A união de todas as peças foi feita pelos mesmos termofusores, agora fixados nas bancadas.

Figura 5-21 – (a) Corte e canos e separação das conexões; (b) Montagem dos kits

Fonte: Autor

A instalação final do kit no local resume-se ao simples esforço de regulagem dos pontos, nível, prumo e profundidade dos pontos e acabamentos, conforme as referências prontas do revestimento primário (taliscas, mestras ou revestimento final), com a mesma caracterização do serviço de ramal e sub-ramal de água fria e água quente pelas paredes descrito no item 5.3.1.2 acima.

A única diferença substancial fica por conta de uma subarefa a mais que o oficial deve realizar, que consiste na fixação de um sarrafo de madeira com pregos na alvenaria, nivelado e com cota especificada. Este sarrafo destinava-se a dar sustentação e nivelamento ao kit hidráulico na alvenaria, visto que muitas vezes este kit era instalado antes da execução das outras tubulações do mesmo sistema predial pelo método convencional, como é possível ser visto na Figura 5.23.

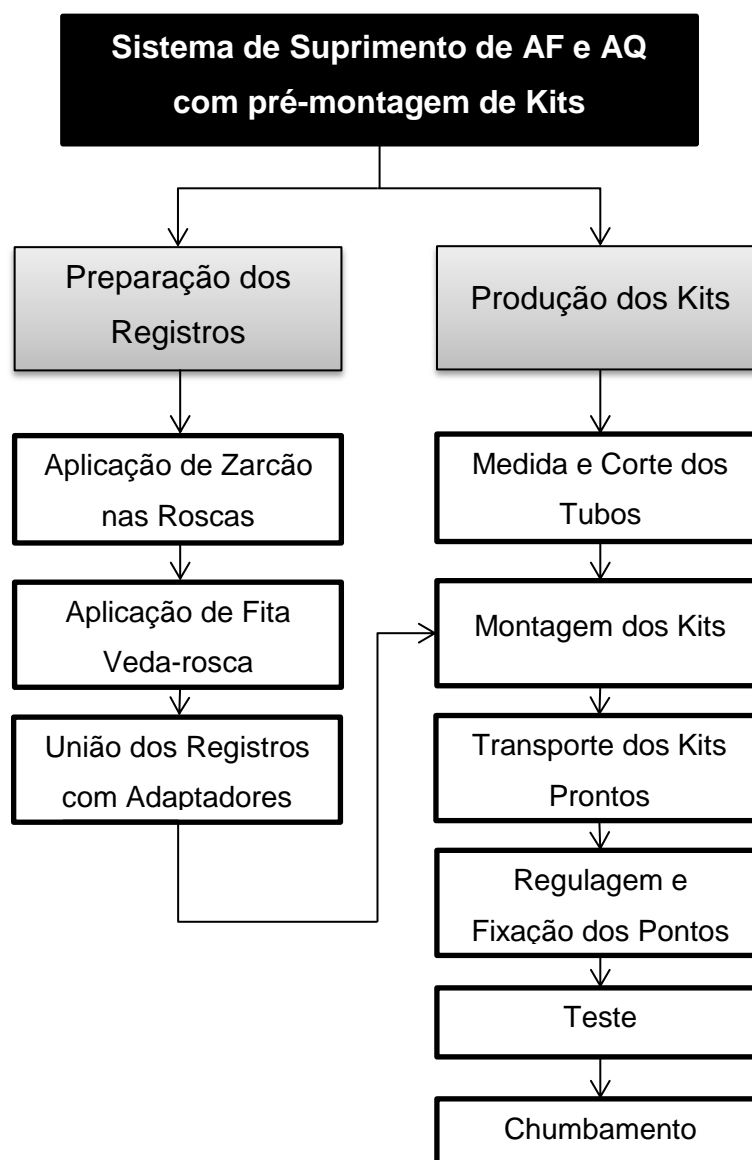
Figura 5-22 - Kit hidráulico instalado



Fonte: Autor

A Figura 5.24 a seguir decompõe genericamente a execução dos sistemas de suprimento de água fria e água quente com a pré-montagem de kits hidráulicos em tarefas e subtarefas.

Figura 5-23 – Divisão da execução dos sistemas de suprimento de água fria e água quente com a pré-montagem de kits hidráulicos em tarefas e subtarefas



Fonte: Autor

5.3.4 SISTEMA DE ESGOTO E ÁGUAS PLUVIAIS COM A PRÉ-MONTAGEM DE KITS HIDRÁULICOS

O processo de execução do sistema de esgoto e águas pluviais pelo modelo de produção com kits pré-montados segue a mesma lógica do item 5.3.2 acima que descreve o método de aplicação dos kits para sistemas de água fria e água quente, ou seja, é dividido em dois momentos diferentes, o primeiro de produção dos kits e de o segundo de instalação destes.

A diferença substancial dos dois processos se deve ao fato que não houve a produção de vários kits em uma data específica para ser feita a instalação destes em dias posteriores. Os kits foram produzidos a quantidade máxima de 2 ou 4 e imediatamente instalados em seu local definitivo.

Os motivos pelos quais esta posição conservadora foi adotada são vários e dentre eles cabe destacar:

- Os canteiros de obra em que foram realizados estes trabalhos eram abertos e sujeitos às condições climáticas da época em que foram realizados. Dezembro e fevereiro;
- As obras estudadas não possuíam um espaço destinado exclusivamente aos trabalhos dos colaboradores responsáveis pela execução desta tarefa;
- O almoxarifado não possuía espaço suficiente para a guarda de kits prontos e se situava a distâncias elevadas;
- Para efeitos desta pesquisa considerou-se como unidade de kit 1 unidade habitacional inteira, formado por vários pequenos kits. Ou seja, o kit da obra BR-01, por exemplo, era composto por 12,75 metros de cano de PVC e 22 conexões (Figura 5.25).

Figura 5-24 – Kits de 2 unidades prontos para serem instalados. Obra BR-01



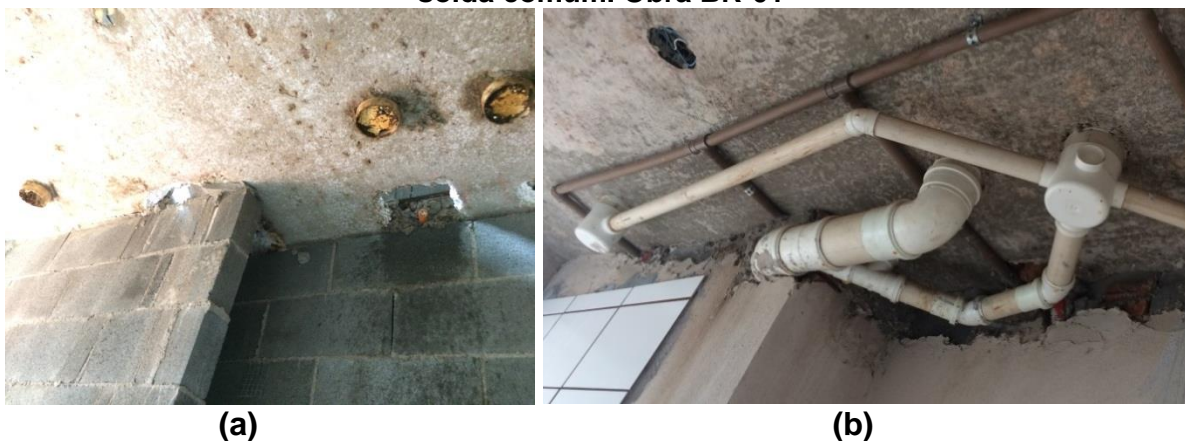
Fonte: Autor

Cabe ainda ressaltar que as equipes responsáveis por estes serviços não haviam, até aquele momento, realizado tais tarefas por este modelo de produção. Após iniciada a obra BR-01, em que foi estudado o serviço de ramais de esgoto de

PVC sob a laje, depois de concluídas 6 unidades pelo método convencional de produção, o oficial responsável e seu ajudante receberam treinamento deste pesquisador executando 2 unidades, e passaram a produzir nos dias seguintes as últimas 14 pelo novo método.

O início desta tarefa consiste na abertura dos passantes nas lajes e a fixação do sistema de suporte composto por fitas metálicas ancoradas na laje de concreto por meio de pinos de aço de 23 mm fixados com pistolas acionadas à pólvora para os trechos mais longos. Para as caixas sifonadas, que normalmente recebem sistema semelhante, este procedimento foi dispensado, pois na laje pré-moldada já estava em espera um sistema de bolsa de PVC que permitia que o tubo de queda que ligava o ralo e o vaso à caixa sifonada fosse fixado apenas através da solda comum de união entre tubos e conexões de PVC (Figuras 5.26a 5.26).

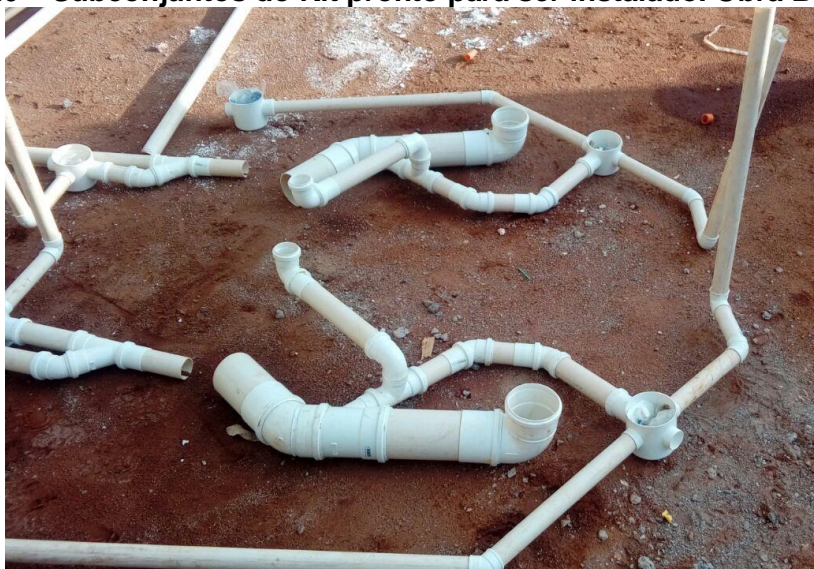
Figura 5-25 – (a) Sistema de espera pré-moldado com a laje (b) Tubulação unida por solda comum. Obra BR-01



Fonte: Autor

Posteriormente os canos foram cortados respeitando as medidas do projeto hidráulico, aos pares destinados à produção de 2 kits de cada vez, e montados com as conexões no chão em frente a unidade que os receberia. Conforme ficou estipulado no dia do treinamento os tubos e as conexões foram soldados entre si formando os maiores subconjuntos possíveis que passariam pelas aberturas dos cômodos, como mostra a Figura 5.27.

Figura 5-26 – Subconjuntos do Kit pronto para ser instalado. Obra BR-01

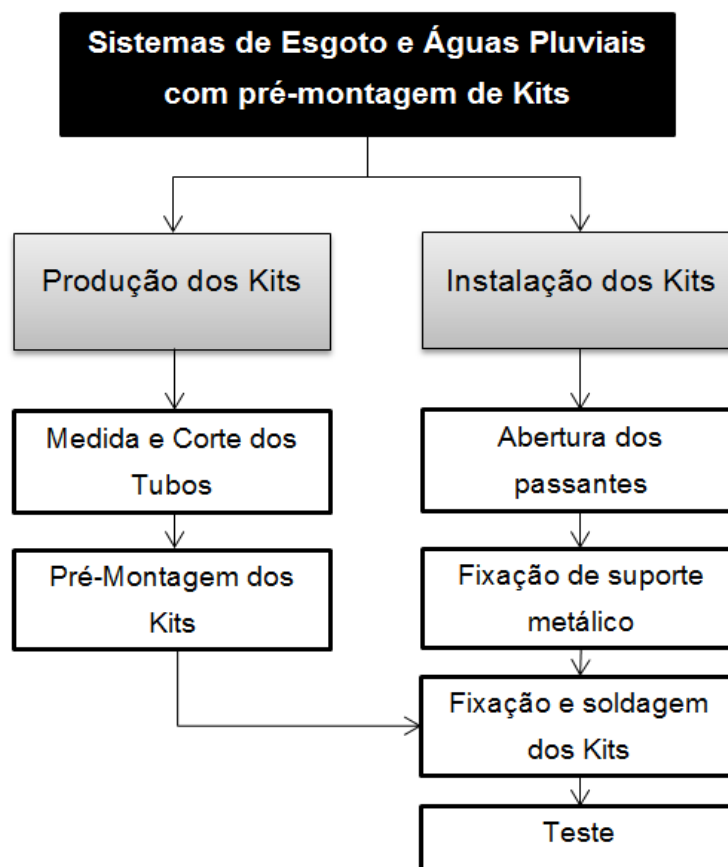


Fonte: Autor

Neste momento faz-se necessário notar que o rigor dimensional proferido pelas técnicas construtivas adotadas nesta obra, descrito acima no subitem 5.1.4 Caracterização da obra BR-01, permitiu que praticamente todos os subconjuntos produzidos se encaixassem nas furações de passagens das lajes, nos tubos de quedas e entre si com praticamente nenhum ajuste dimensional e sem “forçar” suas tubulações e conexões já soldadas.

A Figura 5.28, a seguir, decompõe genericamente a execução dos sistemas de esgoto e águas pluviais com a pré-montagem de kits hidráulicos em tarefas e subtarefas.

Figura 5-27 – Divisão da execução dos sistemas de suprimento de água fria e água quente com a pré-montagem de kits hidráulicos em tarefas e subtarefas



Fonte: Autor

No momento em que a obra BR-02 foi iniciada, o oficial responsável pela execução da obra BR-01 compôs a nova equipe junto com outro colaborador, também oficial, para a execução do serviço de instalação de ramais de esgoto de PVC sob a fundação de radier. Desde o início dos trabalhos, na primeira unidade, já adotaram a técnica aprendida, transmitindo e disseminando desta maneira os conhecimentos assimilados (Figura 5.29).

Figura 5-28 – Ramais de esgoto e águas pluviais sobre radier. Obra BR-02



Fonte: Autor

5.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS ACERCA DESTE CAPÍTULO

Uma vez conhecida todas as características das obras, ambiente dos estudos de casos, das equipes que realizaram as tarefas mensuradas e de como estas tarefas e subtarefas foram executadas por cada uma delas, o próximo capítulo passa a se dedicar a apresentação dos resultados.

6. RESULTADOS

Este capítulo destina-se a apresentar os resultados obtidos nesta pesquisa sobre PMO quando aplicada na execução dos SPHS, quando estes envolvem a produção de kits ou aplicação de materiais ainda não mensurados. Trata-se de uma amostra limitada do que acontece nos canteiros de obras dentro da abrangência proposta pela pesquisa. Foram obtidos através do levantados em 05 obras localizados em 3 diferentes cidades do interior do estado de São Paulo, entre os dias 12 de julho de 2016 e 15 de fevereiro de 2017.

Estes índices representam a produtividade da equipe direta, por meio da apropriação dos esforços demandados por oficiais e ajudantes envolvidos diretamente na execução das tarefas conforme critérios e conceitos preestabelecidos e apresentados oportunamente. Desta forma, a Tabela 6.1 em sequencia traz um resumo da quantidade de serviços absolutos executados durante o período da coleta de dados.

Tabela 6-1 – Resumo da Quantidade absoluta de serviço executado e Homens-hora demandado por tarefa e subtarefa

Sistemas Prediais Hidráulicos e Sanitários					
Serviço	Tarefa	Sub-tarefa	Unidade	Quantidade	Homens-hora
Execução de Sistema de Suprimento de Água Fria e Água Quente com PPR	Ramal de distribuição de água fria e água quente pelo teto	Abertura de passante na viga	Un.	24,00	4,00
		Corte e Fixação de perfil metálico	Un.	112,00	21,00
		Tubulação de água fria e água quente pelo teto	m	1.250,82	291,00
	Ramal e sub-ramal de água fria e água quente pela alvenaria	Tubulação de água fria e água quente pela alvenaria	m	721,63	237,00
		Regulagem dos pontos e Fixação da tubulação na parede	Un.	1.053,00	266,00
			m	980,01	
Execução de SPHS com Produção de Kits Hidráulicos	Kits aplicados na execução de ramais de AF e AQ pela parede	Preparação de registro de gaveta e de pressão	Un.	92,00	8,00
		Fabricação de Kits hidráulicos em PPR	Un.	70,00	58,00
			m	351,28	
		Instalação de Kits hidráulicos em PPR	m	283,96	80,00
	Kits aplicados na execução de ramais de esgoto sob laje e sob radier	Fabricação de Kits hidráulicos em PVC	Un.	36,00	102,00
			m	874,80	
Instalação de Kits hidráulicos em PVC		m	874,80	102,00	

Fonte: Autor

As próximas cinco tabelas apresentam os resumos das quantidades de serviços absolutos executados e coletados para esta pesquisa, separadamente em cada uma das cinco obras, a saber: Tabela 6.2, referente a obra RP-01; Tabela 6.3 referente à obra FR-01; Tabela 6.4 referente à obra FR-02; Tabela 6.5 referente à obra BR-01 e Tabela 6.6 que se refere obra BR-02; durante o período da coleta de dados.

No total foram coletadas e compiladas 1.169 Homens-hora; se por um lado estes números parecem expressivos, tem-se que ter em mente que se tratam dos primeiros resultados de PMO destes serviços em território nacional, tornando esta uma amostra incipiente.

Tabela 6-2 – Resumo da quantidade absoluta de serviço executado e Homens-hora demandado por tarefa e subtarefa para a obra RP-01

Sistemas Prediais Hidráulicos e Sanitários				
Tarefa	Sub-tarefa	Unidade	Quantidade	Homens-hora
Ramal de distribuição de água fria e água quente pelo teto	Abertura de passante na viga	Un.	24,00	4,00
	Corte e Fixação de perfil metálico	Un.	60,00	5,00
	Tubulação de água fria e água quente pelo teto	m	294,76	65,00
Ramal e sub-ramal de água fria e água quente pela alvenaria	Tubulação de água fria e água quente pela alvenaria	m	92,54	27,00
	Regulagem dos pontos e Fixação da tubulação na parede	Un.	87,00	16,00
		m	92,54	
Kits hidráulicos	Preparação de registro de gaveta e de pressão	Un.	92,00	8,00
	Fabricação de Kits hidráulicos	Un.	22,00	23,00
		m	89,16	
	Instalação de Kits hidráulicos	m	21,44	8,00

Fonte: Autor

Tabela 6-3 – Resumo da quantidade absoluta de serviço executado e Homens-hora demandado por tarefa e subtarefa para a obra FR-01

Sistemas Prediais Hidráulicos e Sanitários				
Tarefa	Sub-tarefa	Unidade	Quantidade	Homens-hora
Ramal de distribuição de água fria e água quente pelo teto	Corte e Fixação de perfil metálico	Un.	52,00	16,00
	Tubulação de água fria e água quente pelo teto	m	305,20	87,00
Ramal e sub-ramal de água fria e água quente pela alvenaria	Tubulação de água fria e água quente pela alvenaria	m	314,90	105,00
	Regulagem dos pontos e Fixação da tubulação na parede	Un.	342,00	102,00
		m	394,60	

Fonte: Autor

Tabela 6-4 – Resumo da quantidade absoluta de serviço executado e Homens-hora demandado por tarefa e subtarefa para a obra FR-02

Sistemas Prediais Hidráulicos e Sanitários				
Tarefa	Sub-tarefa	Unidade	Quantidade	Homens-hora
Ramal de distribuição de água fria e água quente pelo teto	Tubulação de água fria e água quente pelo teto	m	650,86	139,00
Ramal e sub-ramal de água fria e água quente pela alvenaria	Tubulação de água fria e água quente pela alvenaria	m	314,19	105,00
	Regulagem dos pontos e Fixação da tubulação na parede	Un.	624,00	148,00
		m	492,87	
Kits hidráulicos	Fabricação de Kits hidráulicos	Un.	48,00	35,00
		m	261,12	
	Instalação de Kits hidráulicos	m	261,12	72,00

Fonte: Autor

Tabela 6-5 – Resumo da quantidade absoluta de serviço executado e Homens-hora demandado por tarefa e subtarefa para a obra BR-01

Sistemas Prediais Hidráulicos e Sanitários				
Tarefa	Sub-tarefa	Unidade	Quantidade	Homens-hora
Kits hidráulicos	Fabricação de Kits hidráulicos	Un.	14,00	46,00
		m	178,50	
	Instalação de Kits hidráulicos	m	178,50	

Fonte: Autor

Tabela 6-6 – Resumo da quantidade absoluta de serviço executado e Homens-hora demandado por tarefa e subtarefa para a obra BR-02

Sistemas Prediais Hidráulicos e Sanitários				
Tarefa	Sub-tarefa	Unidade	Quantidade	Homens-hora
Kits hidráulicos	Fabricação de Kits hidráulicos	Un.	22,00	56,00
		m	696,30	
	Instalação de Kits hidráulicos	m	696,30	

Fonte: Autor

Na sequência se encontram todos os resultados alcançados neste trabalho, divididos por serviços estudados, estes por sua vez divididos em suas tarefas e subtarefas, em cada canteiro de obras, demonstrando os valores da RUPdiária,

RUPcumulativa e RUPpotencial juntamente com seus fatores influenciadores e observações, se pertinentes.

6.1 EXECUÇÃO DE RAMAL E SUB-RAMAL DE ÁGUA FRIA E ÁGUA QUENTE COM PPR PELA PAREDE

Este serviço foi estudado em 03 obras (RP-01, FR-01 e FR-02); foram descartadas as subtarefas comuns a outros tipos de materiais, concentrando apenas nas subtarefas de montagem da tubulação e regulação dos pontos.

6.1.1 TUBULAÇÃO DE RAMAL E SUB-RAMAL PELA ALVENARIA EM PPR

As Tabelas 6.7, 6.8 e 6.9 apresentam as RUPdiária, RUPcumulativa e a RUPpotencial para execução da tarefa tubulação de ramal e sub-ramal de água fria e água quente pela alvenaria com PPR nas 03 obras, RP-01, FR-01 e FR-02, nas quais este serviço foi mensurado.

Tabela 6-7 - RUPdiária; RUPcumulativa; RUPpotencial para execução da tarefa tubulação de ramal e sub-ramal de água fria e quente pela alvenaria com PPR – Obra RP-01

DATA	RUP Direta (Hh/m)				Fatores		Observações
	Diária	Cumul.	RUP Dia < RUP Cum	RUP Potenc.	Diâm. Predom. (mm)	Conex. / m	
12/jul	0,41	0,41		0,24	25	2,91	
13/jul	0,24	0,33	0,24		25	2,61	
14/jul	0,36	0,34			25	2,53	Pouco serviço executado

Fonte: Autor

Tabela 6-8 - RUPdiária; RUPcumulativa; RUPpotencial para execução da tarefa tubulação de ramal e sub-ramal de água fria e quente pela alvenaria com PPR – Obra FR-01

DATA	RUP Direta (Hh/m)				Fatores		Observações
	Diária	Cumul.	RUP Dia < RUP Cum	RUP Porenc.	Diâm. Predom. (mm)	Conex. / m	
05/jan	0,34	0,34		0,26	25	2,41	
06/jan	0,65	0,35			25	1,46	Pouco serviço executado
09/jan	0,34	0,35			25	2,23	
10/jan	0,35	0,35			25	1,82	
12/jan	0,35	0,35			25	2,07	Alto No de conexões/m
13/jan	0,21	0,33	0,21		25	1,79	
16/jan	0,34	0,33			25	2,31	Transporte de material
17/jan	0,36	0,34			25	1,96	
18/jan	0,42	0,34			25	1,48	Pouco serviço executado
20/jan	0,30	0,33	0,30		25	2,09	

Fonte: Autor

Tabela 6-9 - RUPdiária; RUPcumulativa; RUPpotencial para execução da tarefa tubulação de ramal e sub-ramal de água fria e quente pela alvenaria com PPR – Obra FR-02

DATA	RUP Direta (Hh/m)				Fatores		Observações
	Diária	Cumul.	RUP Dia < RUP Cum	RUP Potenc.	Diâm. Predom. (mm)	Conex. / m	
04/out	0,40	0,40		0,22	20	2,44	
07/out	0,20	0,26	0,20		20	1,88	
10/out	1,05	0,30			20	2,66	Pouco serviço executado
18/out	0,21	0,27	0,21		20	2,02	
19/out	0,36	0,27			20	2,56	Pouco serviço executado
26/out	0,28	0,27			20	2,37	
27/out	0,22	0,27	0,22		20	1,95	
03/nov	0,24	0,26	0,24		20	2,12	

Fonte: Autor

6.1.2 REGULAGEM DOS PONTOS E FIXAÇÃO DA TUBULAÇÃO NA PAREDE

O chumbamento das tubulações nas alvenarias foi executado em todas as obras pesquisadas por oficiais diferentes daqueles que executam os ramais, proporcionando a esta pesquisa a extração de sua produtividade separada, tradicionalmente esta distribuição de tarefas era pouco comum entre a maioria dos encarregados que atribuíam para o mesmo profissional que executava o ramal a finalização do serviço até a fixação deste na alvenaria, esta nova separação de oficiais tem se tornado comum em obras que implantaram sistemas de gestão da qualidade e que contam com farta frente de trabalho para destacamento de um colaborador específico.

As Tabelas 6.10, 6.11 e 6.12 apresentam as RUPdiária, RUPcumulativa e a RUPpotencial para execução da regulagem e fixação das tubulações nas alvenarias nas 03 obras, RP-01, FR-01 e FR-02, respectivamente.

Tabela 6-10 - RUPdiária, RUPcumulativa e RUPpotencial para a execução da regulagem e fixação das tubulações nas alvenarias Obra RP-01

DATA	RUP Direta (Hh/m)				Fatores		Observações
	Diária	Cumul.	RUP Dia < RUP Cum	RUP Potenc.	Pt. de regulagem / m	Conex. / m	
12/jul	0,16	0,16	0,16	0,16	0,88	3,30	
13/jul	0,29	0,22			0,95	2,74	Espera excessiva por argamassa
14/jul	0,33	0,24			0,71	2,07	

Fonte: Autor

Tabela 6-11 - RUPdiária, RUPcumulativa e RUPpotencial para a execução da regulagem e fixação das tubulações nas alvenarias - Obra FR-01

DATA	RUP Direta (Hh/un)				Fatores		Observações
	Diária	Cumul.	RUP Dia < RUP Cum	RUP Potenc.	Pt. de regulagem / m	Conex. / m	
05/jan	0,19	0,19	0,19	0,21	0,78	1,52	
06/jan	0,30	0,23			0,73	1,97	
09/jan	0,23	0,23	0,23		0,86	1,88	
10/jan	0,28	0,24			0,84	2,31	Espera excessiva por argamassa
11/jan	0,32	0,25			0,74	2,07	
12/jan	0,20	0,24	0,20		0,82	1,59	
13/jan	0,36	0,25			1,07	2,23	
16/jan	0,43	0,27			0,97	2,16	
17/jan	0,25	0,26	0,25		0,86	1,86	
18/jan	0,21	0,26	0,21		0,89	1,76	
19/jan	0,26	0,26			0,79	2,19	
20/jan	0,27	0,26			0,96	1,78	

Fonte: Autor

Tabela 6-12 - RUPdiária, RUPcumulativa e RUPpotencial para a execução da regulagem e fixação das tubulações nas alvenarias - Obra FR-02

DATA	RUP Direta (Hh/m)				Fatores		Observações
	Diária	Cumul.	RUP Dia < RUP Cum	RUP Potenc.	Pt. De regulagem / m	Conex. / m	
04/out	0,27	0,27	0,27	0,24	0,84	1,45	
05/out	0,51	0,35			1,67	2,52	Alto No de pontos/m e conexões/m
07/out	0,32	0,34			0,96	2,47	
13/out	0,22	0,30	0,22		0,86	1,22	
26/out	0,25	0,29	0,25		0,92	1,80	
27/out	0,23	0,28	0,23		1,02	2,04	
28/out	0,41	0,29			0,88	2,30	
01/nov	0,32	0,29			0,95	1,95	
02/nov	0,64	0,30			1,34	2,65	Pouco serviço executado

Fonte: Autor

6.2 EXECUÇÃO DE RAMAL E SUB-RAMAL DE ÁGUA FRIA E ÁGUA QUENTE COM PPR PELO TETO

Para a execução dos ramais de distribuição de água fria e água quente pelo teto algumas outras subtarefas foram realizadas com antecedência, como a abertura de passante na viga e o corte e fixação de perfil metálico. Nesta pesquisa houve a oportunidade de extrair e medir os esforços de execução da segunda delas separadamente, extraídos valores considerados de relevância para o entendimento do serviço, e que podem ser somados a sua tarefa principal ou analisados de forma isolada.

6.2.1 CORTE E FIXAÇÃO DE PERFIL METÁLICO

Esta subtarefa pode ser um índice aplicável em estudos e necessidades específicas quando expressos em Homens-horas por unidades de peças de perfis (Hh/un) como apresentados nas Tabelas 6.13 e 6.14 para as obras RP-01 e FR-01, respectivamente.

Tabela 6-13 - RUPdiária para a execução da subtarefa corte e fixação de perfil metálico na laje em Homens-horas por unidade de peça de perfi – Obra RP-01

DATA	RUP Direta (Hh/un)				Fatores		Observações
	Diária	Cumul.	RUP Dia < RUP Cum	RUP Potenc.			
12/jul	0,08	0,08					

Fonte: Autor

Tabela 6-14 - RUPdiária para a execução da subtarefa corte e fixação de perfil metálico na laje em Homens-horas por unidade de peça de perfi – Obra FR-01

DATA	RUP Direta (Hh/un)				Fatores		Observações
	Diária	Cumul.	RUP Dia < RUP Cum	RUP Potenc.			
06/jan	0,29	0,29		0,29			
10/jan	0,33	0,30					
11/jan	0,33	0,31					
13/jan	0,29	0,30	0,29				
18/jan	0,33	0,31					

Fonte: Autor

Entretanto, este índice só possui relevância para este trabalho quando correlacionado com a quantidade de tubulação passadas; para isto, a quantidade de

perfis utilizados foi levada a razão da quantidade de tubulações, gerando índices expressos em Hh/m apresentados nas Tabelas 6.15 e 6.16 na sequência.

Tabela 6-15 - RUPdiária para a execução da subtarefa corte e fixação de perfil metálico na laje em Homens-horas por metros de tubulação – Obra RP-01

DATA	RUP Direta (Hh/m)				Fatores		Observações
	Diária	Cumul.	RUP Dia < RUP Cum	RUP Potenc.			
12/jul	0,017	0,017					

Fonte: Autor

Tabela 6-16 - RUPdiária para a execução da subtarefa corte e fixação de perfil metálico na laje em Homens-horas por metros de tubulação – Obra FR-01

DATA	RUP Direta (Hh/un)				Fatores		Observações
	Diária	Cumul.	RUP Dia < RUP Cum	RUP Potenc.			
06/jan	0,026	0,026		0,026			
10/jan	0,026	0,026					
11/jan	0,026	0,026					
13/jan	0,026	0,026					
18/jan	0,026	0,026					

Fonte: Autor

6.2.2 TUBULAÇÃO DE RAMAL DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA FRIA E ÁGUA QUENTE PELO TETO

Vale ressaltar que na medição da execução deste serviço de tubulação de ramal de distribuição, as duas subtarefas extraídas devem ser somadas quando se pretende comparar estes índices de produtividade com outras pesquisas que não fizeram este fracionamento ou mesmo quando disposta frente a outras opções técnicas construtivas com materiais disponíveis no mercado com as mesmas funções cumpridas pelo PPR nestas obras.

As Tabelas 6.17, 6.18 e 6.19 apresentam as RUPdiária, RUPcumulativa e a RUPpotencial para execução da tarefa tubulação de ramal de distribuição de água fria e água quente pelo teto com PPR nas 03 obras, RP-01, FR-01 e FR-02, nas quais este serviço foi estudado.

Tabela 6-17 - RUPdiária; RUPcumulativa; RUPpotencial para execução da tarefa Tubulação de ramal de distribuição de água fria e água quente pelo teto com PPR – Obra RP-01

DATA	RUP Direta (Hh/m)				Fatores		Observações
	Diária	Cumul.	RUP Dia < RUP Cum	RUP Potenc.	Diâm. Predom. (mm)	Conex. / m	
12/jul	0,31	0,31		0,18	32	0,31	Transporte de material, corte de pré montagem de trechos
13/jul	0,15	0,17	0,15		32	0,44	
14/jul	0,23	0,19			25	1,46	
15/jul	0,38	0,22			32	1,85	
18/jul	0,22	0,22	0,22		25	1,02	

Fonte: Autor

Tabela 6-18 - RUPdiária; RUPcumulativa; RUPpotencial para execução da tarefa Tubulação de ramal de distribuição de água fria e água quente pelo teto com PPR – Obra FR-01

DATA	RUP Direta (Hh/m)				Fatores		Observações
	Diária	Cumul.	RUP Dia < RUP Cum	RUP Potenc.	Diâm. Predom. (mm)	Conex. / m	
06/jan	0,23	0,23	0,23	0,24	25	0,80	
09/jan	0,26	0,25	0,26		25	0,85	
11/jan	0,25	0,25	0,25		32	0,70	
12/jan	0,30	0,26			25	1,42	Limpeza da laje - Alto No de conexões/m
13/jan	0,19	0,24	0,19		32	0,58	
16/jan	0,34	0,26			25	1,11	
18/jan	0,31	0,26			25	0,82	
19/jan	0,41	0,29			25	0,83	Limpeza da laje e transporte de material

Fonte: Autor

Tabela 6-19 - RUPdiária; RUPcumulativa; RUPpotencial para execução da tarefa Tubulação de ramal de distribuição de água fria e água quente pelo teto com PPR – Obra FR-02

DATA	RUP Direta (Hh/m)				Fatores		Observações
	Diária	Cumul.	RUP Dia < RUP Cum	RUP Potenc.	Diâm. Predom. (mm)	Conex. / m	
05/out	0,37	0,37		0,17	25	0,76	Transporte de material
06/out	0,18	0,24	0,18		25	0,45	
07/out	0,15	0,21	0,15		25	0,63	
13/out	0,36	0,23			32	1,21	
14/out	0,16	0,21	0,16		25	0,58	
17/out	0,26	0,22			25	0,99	
18/out	0,17	0,22	0,17		32	0,52	
24/out	0,18	0,21	0,18		32	0,87	
25/out	0,17	0,20	0,17		25	0,60	
26/out	0,49	0,21			25	0,92	Pouco serviço executado
28/out	0,24	0,21			25	0,71	
02/nov	0,19	0,21	0,19		25	0,47	
03/nov	0,27	0,21			32	0,95	

Fonte: Autor

6.3 EXECUÇÃO DE SPHS COM KITS HIDRÁULICOS

Este sistema de produção foi estudado em 04 obras, RP-01, FR-02, BR-01 e BR-02, as duas primeiras já possuíam este modelo de gestão implantado e o utilizavam para execução de Ramal e sub-ramal de água fria e água quente pela alvenaria com PPR. As outras duas tiveram este modelo apresentado durante a execução desta pesquisa e o utilizaram nos trabalhos de execução de Sistemas de esgoto e águas pluviais com PVC.

6.3.1 PREPARAÇÃO DE REGISTRO DE GAVETA E DE PRESSÃO COM PPR

Antes de iniciar a pré-montagem dos kits hidráulicos a equipe encarregada desta tarefa na obra RP-01 realizou uma subtarefa que preparação dos registros de gaveta e pressão a serem utilizados não só nos kits que seriam produzidos, mas também nos outros 5 pontos que são necessários em cada pavimento tipo em tubulações executadas pelo método convencional. Como este esforço de mão de obra gerou produtos além dos kits a serem mensurados e, qualquer que seja a forma de produção com ou sem kits, este procedimento seria realizado na oficina central, por ser necessário o uso de bancada com morsa para cano, e não na laje do pavimento tipo, esta subtarefa foi extraída da tarefa produção de kits, mensurada e analisada isoladamente.

Foram preparados 92 registros incluídos os de pressão e os de gaveta dos quais 72 foram utilizados na produção dos kits. A Tabela 6.20 apresenta a RUP direta da preparação de registro de gaveta e de pressão por unidade de registro.

Tabela 6-20 - RUP direta da preparação de registro de gaveta e de pressão por unidade de registro

DATA	RUP Direta (Hh/pç)			Fatores		Observações
	Diária	Cumul.	RUP Dia < RUP Cum	RUP Potenc.		
15/jul	0,13	0,13				

Fonte: Autor

Esta subtarefa não foi mensurada nas obras FR-01 e FR-02 por já se encontrarem realizadas e as peças suficientes para os pavimentos que foram estudados nesta pesquisa se encontravam disponíveis no almoxarifado do canteiro.

6.3.2 PRODUÇÃO DE KIT HIDRÁULICO COM PPR

Este serviço foi estudado nas obras RP-01 e FR-02 e nos dois canteiros foram adotados os mesmos procedimentos. Iniciou-se com o corte dos tubos pelo oficial encarregado da subtarefa e nos dois casos chamou a atenção deste pesquisador que ambos detinham todas as medidas dos kits memorizadas, deixando claro que a curva de aprendizagem já havia se estabilizado nesta tarefa.

Após esta etapa, deu-se início a pré-montagem efetivamente na bancada de trabalho dotada de gabaritos, o item 5.3.2 desta pesquisa descreve e caracteriza todo este processo de produção. Nos períodos estudados foram produzidos 20 kits hidráulicos, na obra RP-01, suficientes para aplicação em 2 pavimentos tipos e na obra FR-02 houve a produção de 48 kits para atender 4 pavimentos tipos.

Cabe ainda ressaltar que na obra RP-01 esta tarefa foi executada por 1 oficial auxiliado diretamente por 1 meio oficial, e na obra FR-02 apenas 1 oficial executou toda a produção. Desta forma, as RUPs diretas desta produtividade são apresentadas nas Tabelas 6.21 e 6.22 a seguir.

Tabela 6-21 - RUPdiária, RUPcumulativa e RUPpotencial para a produção de Kit hidráulico para água fria e água quente com PPR – Obra RP-01

DATA	RUP Direta (Hh/m)				Fatores		Observações
	Diária	Cumul.	RUP Dia < RUP Cum	RUP Potenc.	Diâm. Predom. (mm)	Conex. / m	
15/jul	0,15	0,15	0,15	0,15	25	2,43	
18/jul	0,22	0,18			25	3,21	

Fonte: Autor

Tabela 6-22 - RUPdiária, RUPcumulativa e RUPpotencial para a produção de Kit hidráulico para água fria e água quente com PPR – Obra FR-02

DATA	RUP Direta (Hh/m)				Fatores		Observações
	Diária	Cumul.	RUP Dia < RUP Cum	RUP Potenc.	Diâm. Predom. (mm)	Conex. / m	
04/out	0,17	0,17		0,12	25	2,21	
13/out	0,12	0,14	0,12		25	2,21	
24/out	0,14	0,14			25	2,21	
28/out	0,12	0,13	0,12		25	2,21	

Fonte: Autor

6.3.3 INSTALAÇÃO DE KIT HIDRÁULICO COM PPR

Nas duas obras em que esta sub tarefa foi estudada, RP-01 e FR-02, este serviço foi realizado pelos mesmos colaboradores e sob as mesmas condições de trabalho da sub tarefa Regulação dos pontos e fixação da tubulação na parede. Esta RUP permite uma comparação direta desta sub tarefa com a PMO de fixação da tubulação já instalada na alvenaria pelo processo convencional, entretanto sua maior relevância se encontrou ao somarmos estes esforços com os esforços demandados na produção dos kits, isto permitiu a comparação direta dos dois sistemas de produção possíveis e trouxe esclarecimentos a uma das principais questões desta pesquisa, no tocante a comprovação da melhor eficiência deste modelo de gestão frente ao modelo tradicional.

Cabe salientar que os transportes dos kits das oficinas nos subsolos até o ambiente de aplicação no pavimento couberam aos mesmos oficiais. As Tabelas 6.23 e 6.24 a seguir apresentam as RUPdiária, RUPcumulativa e RUPpotencial para a instalação de kit hidráulico com PPR em parede de alvenaria.

Tabela 6-23 - RUPdiária para instalação de kit hidráulico para água fria e água quente com PPR – Obra RP-01

DATA	RUP Direta (Hh/m)				Fatores		Observações
	Diária	Cumul.	RUP Dia < RUP Cum	RUP Potenc.	Diâm. Predom. (mm)	Conex. / m	
18/jul	0,37	0,37			25,00	2,43	

Fonte: Autor

Tabela 6-24 - RUPdiária, RUPcumulativa e RUPpotencial para instalação de kit hidráulico para água fria e água quente com PPR – Obra FR-02

DATA	RUP Direta (Hh/m)				Fatores		Observações
	Diária	Cumul.	RUP Dia < RUP Cum	RUP Potenc.	Diâm. Predom. (mm)	Conex. / m	
06/out	0,41	0,41		0,24	25	2,21	
14/out	0,24	0,30	0,24		25	2,21	
25/out	0,28	0,29			25	2,21	
31/out	0,24	0,28	0,24		25	2,21	

Fonte: Autor

A seguir são apresentados os resultados de produção e instalação de kits hidráulicos formados por tubos e conexões de PVC, aplicados em Sistemas de esgoto e águas pluviais.

6.3.4 EXECUÇÃO DE SISTEMAS DE ESGOTO E ÁGUAS PLUVIAIS EM PVC – MÉTODO CONVENCIONAL DE PRODUÇÃO

Nos três primeiros dias de pesquisa na obra BR-01 os colaboradores executaram os serviços para execução dos sistemas de esgoto e águas pluviais em PVC através do método tradicional a que estavam acostumados. Este esforço foi mensurado para servir de base da PMO destes colaboradores com estes fatores de conteúdo e contexto para posterior confrontação com a PMO da mesma tarefa elaborada através da produção de kits hidráulicos.

Neste período foram produzidas 6 casas e sua produtividade são representadas pelas RUPdiária, RUPcumulativa e RUPpotencial presentes na Tabela 6.25.

Tabela 6-25 - RUPdiária, RUPcumulativa e RUPpotencial para a produção de sistemas de esgoto e águas pluviais em PVC - Método tradicional – Obra BR-01

DATA	RUP Direta (Hh/m)				Fatores		Observações
	Diária	Cumul.	RUP Dia < RUP Cum	RUP Potenc.	Diâm. Predom. (mm)	Conex. / m	
15/dez	0,71	0,71		0,57	50	1,73	
16/dez	0,55	0,63	0,55		50	1,73	
19/dez	0,59	0,61	0,59		50	1,73	

Fonte: Autor

O quarto dia desta pesquisa foi integralmente dedicado ao treinamento dos colaboradores envolvidos nesta tarefa para passar a executá-la com a pré-produção de kits. Este treinamento envolveu, além do oficial e seu ajudante imediato, o

encarregado da equipe e este pesquisador. Neste dia foram produzidas as instalações de 2 casas, mas dada as circunstâncias extraordinárias a produtividade destas unidades não foi mensurada.

6.3.5 EXECUÇÃO DE SISTEMAS DE ESGOTO E ÁGUAS PLUVIAIS EM PVC COM A PRÉ-MONTAGEM DE KITS HIDRÁULICOS

Pelos motivos elencados no capítulo 5.3.3 que descreveu e caracterizou esta tarefa, não houve em nenhuma das duas obras pesquisadas, dias ou períodos longos o suficiente para mensuração, dedicados exclusivamente à produção sistemática dos kits de esgoto e águas pluviais. Os kits foram produzidos a quantidade máxima de 2 ou 4, próximos dos locais de aplicação e imediatamente instalados em seu local definitivo, sendo assim, a PMO apresentada corresponde a produção e instalação do kit hidráulico completo e a análise comparativa pode ser feita de forma direta.

A Tabela 6.26 apresenta a RUPdiária, RUPcumulativa e a RUPpotencial da tarefa sistema de esgoto e águas pluviais em PVC sob a laje do pavimento superior, executada através da pré-montagem de kits hidráulicos na obra BR-01.

Tabela 6-26 - RUPdiária, RUPcumulativa e RUPpotencial para a produção de sistemas de esgoto e águas pluviais em PVC – Kits hidráulicos – Obra BR-01

DATA	RUP Direta (Hh/m)				Fatores		Observações
	Diária	Cumul.	RUP Dia < RUP Cum	RUP Potenc.	Diâm. Predom. (mm)	Conex. / m	
21/dez	0,31	0,31		0,24	50	1,73	
22/dez	0,27	0,29			50	1,73	
26/dez	0,24	0,27	0,24		50	1,73	
27/dez	0,24	0,26	0,24		50	1,73	

Fonte: Autor

Na obra BR-02 o serviço estudado envolvendo a pré-montagem de kits hidráulicos foi a execução dos sistemas de esgoto e águas pluviais em PVC do térreo, que ficaria sob as fundações da edificação. Assim como ficou explicitado nos capítulos que caracterizam a MO das duas obras, 5.2.4 e 5.2.5, o oficial que recebeu o treinamento na obra BR-01 se encarregou de transmitir os conceitos e a técnica de produção para o outro oficial que compôs junto com ele a equipe encarregada desta tarefa. Desta forma, em todos os dias de produção foram aplicados pré-produção e instalação de kits para concluírem esta tarefa.

A Tabela 6.27 apresenta a RUPdiária, RUPcumulativa e a RUPpotencial da tarefa sistema de esgoto e águas pluviais em PVC sob a fundação tio radier, executada através da pré-montagem de kits hidráulicos na obra BR-01.

Tabela 6-27 - RUPdiária, RUPcumulativa e RUPpotencial para a produção de sistemas de esgoto e águas pluviais em PVC – Kits hidráulicos – Obra BR-02

DATA	RUP Direta (Hh/m)			RUP Potenc.	Fatores		Observações
	Diária	Cumul.	RUP Dia < RUP Cum		Diâm. Predom. (mm)	Conex. / m	
09/fev	0,09	0,09		0,07	50	0,76	
10/fev	0,08	0,08			50	0,76	
13/fev	0,07	0,08	0,07		50	0,76	
14/fev	0,08	0,08			50	0,76	

Fonte: Autor

6.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS ACERCA DESTE CAPÍTULO

Este capítulo apresentou os resultados das PMO dos serviços divididos em tarefas e subtarefas pesquisadas juntamente com comentários pontuais, quando oportuno, desta forma, abre-se espaço para a análise dos resultados que é realizada no próximo capítulo, de formas tanto quantitativa quanto qualitativamente destes dados.

7. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Apresentados os índices de produtividades coletados, este capítulo se dedica a elaboração de suas análises, realizadas principalmente através dos cruzamentos destes resultados numéricos com os resultados qualitativos coletados e apresentados em capítulo específico, que apresentou e caracterizou os mesmos estudos realizados sob os contextos das particularidades das obras, de suas respectivas equipes de trabalho e a forma com que cada uma destas tarefas e subtarefas foram executadas individualmente.

Para melhor comparação dos resultados a Tabela 7.1, a seguir, apresenta uma compilação dos dados resultantes deste capítulo, juntamente com os valores do ΔRUP , extraídos pela diferença entre a $RUP_{cumulativa}$ e a $RUP_{potencial}$, importante índice representativo da eficiência de gestão da produção.

Tabela 7-1 - $RUP_{cumulativa}$ e $RUP_{potencial}$ e ΔRUP dos serviços pesquisados

Sistemas Prediais Hidráulicos e Sanitários												
Serviço	Tarefa	Sub-tarefa	Unid.	RUP Cumulada			RUP Potencial			ΔRUP (cumul. - potenc.)		
				Minima	Mediana	Máxima	Minima	Mediana	Máxima	Minima	Mediana	Máxima
Execução de Sistema de Suprimento de Água Fria e Água Quente com PPR	Ramal e sub-ramal de água fria e água quente pela alvenaria	Tubulação de água fria e água quente pela alvenaria	Hh/m	0,26	0,33	0,34	0,22	0,24	0,26	0,06	0,07	0,10
		Regulagem dos pontos e Fixação da tubulação na parede	Hh/m	0,24	0,26	0,30	0,16	0,21	0,24	0,05	0,06	0,10
	Ramal de distribuição de água fria e água quente pelo teto	Abertura de passante na viga	Hh/m	-	0,014	-	-	0,014	-	-	0,00	-
		Corte e Fixação de perfil metálico	Hh/un	0,08	-	0,31	0,08	-	0,29	0,00	-	0,02
		Corte e Fixação de perfil metálico	Hh/m	0,017	-	0,026	0,017	-	0,026	0,00	-	0,00
		Tubulação de água fria e água quente pelo teto	Hh/m	0,21	0,22	0,29	0,17	0,18	0,24	0,04	0,04	0,05
	Execução de SPHS com Produção de Kits Hidráulicos	Kits aplicados na execução de ramais de AF e AQ pela parede	Fabricação de Kits hidráulicos em PPR	Hh/m	0,13	-	0,18	0,12	-	0,15	0,01	-
Instalação de Kits hidráulicos em PPR			Hh/m	0,28	-	0,37	0,24	-	0,37	0,04	-	0,00
Somatória dos esforços de Fabricação e Instalação dos Kits			Hh/m	0,41	-	0,55	0,36	-	0,52	0,05	-	0,03
Kits aplicados na execução de ramais de esgoto sob laje e sob radier		Execução de sistema de esgoto e águas pluviais em PVC (1)	Hh/m	-	0,61	-	-	0,57	-	-	0,04	-
		Fabricação e instalação de Kits hidráulicos em PVC	Hh/m	0,08	-	0,26	0,07	-	0,24	0,01	-	0,02

(1) Serviço executado pelo método convencional, sem produção de kits, porém integrante desta etapa da pesquisa

Fonte: Autor

Há que se notificar que a PMO dos SPHS executados com PPR aqui apresentados são, até aonde se tem conhecimento, dados inéditos em território nacional. Desta forma, a completa análise destes resultados se forma primeiramente através dos diferentes fatores de conteúdos dos serviços, captados diariamente nas obras e confrontados com os dados do projeto. Em um segundo momento, analisando os fatores de contextos que cada uma das 3 obras apresentaram em si. E por fim, de forma comparativa, uma análise com outras pesquisas que mensuraram a PMO de outras técnicas construtivas possíveis de serem executadas para a mesma finalidade de sistema predial.

Enquanto as duas primeiras análises podem formar uma base de conhecimento com geração de indicadores confiáveis, voltados para a previsão do consumo de mão de obra, para a previsão da duração do serviço e de formação das equipes, a terceira análise tem propensões voltadas para orientar as tomadas de decisões dos responsáveis pelo processo, através do subsídio de desenvolvimento e aperfeiçoamento de dos métodos construtivos além de embasar políticas para a formação e redução de custos.

7.1 ANÁLISE DA PMO DO PPR – FATORES DE CONTEÚDO

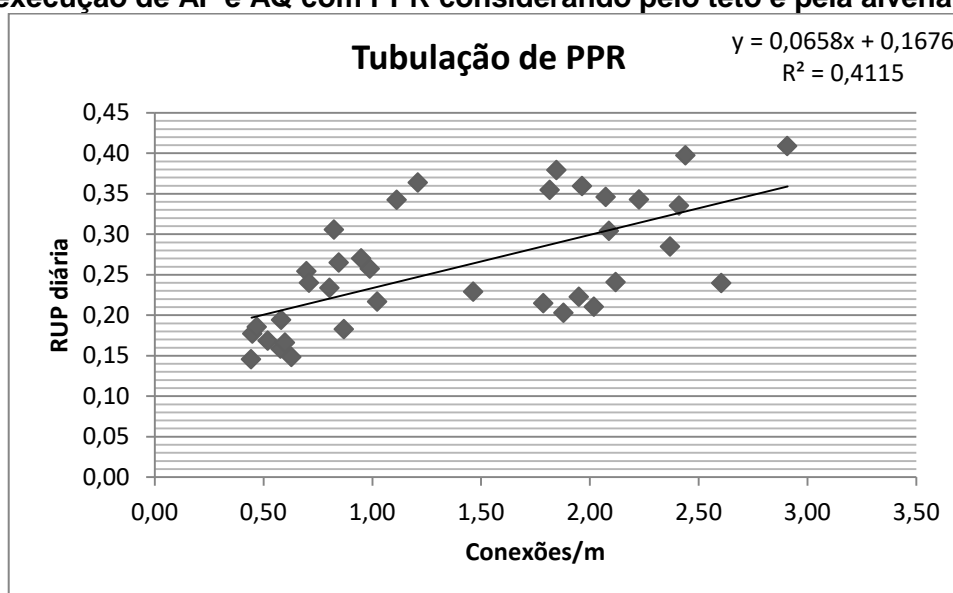
Pensando isoladamente, apenas na execução das tubulações, a grande diferença de produtividade das duas aplicações de PPR – alvenaria *versus* teto - se dá exclusivamente pelas diferentes condições de trabalhos a que estão impostas o colaborador. Enquanto na execução da tubulação para a alvenaria, ele permanece ao nível do piso, com acesso às bancadas, possibilidade de colocação das ferramentas e materiais no chão e outras facilidades, o colaborador que executa os ramais aéreos fica constantemente sobre plataformas, escadas ou mesmo banquetas com imensuráveis sobe e desce de nível, sempre distante de suas ferramentas e contando com poucas superfícies para apoio.

Estes fatores intrínsecos às duas tarefas não foram suficientes para tornar os esforços aplicados para execução da tubulação aérea maiores que os esforços para a alvenaria, em média as RUPs para execução dos ramais e sub-ramais para alvenarias foi 35% superior que para o teto. O grande fator de conteúdo que alterou

estes resultados de PMO é o número superior de conexões por metro de cano executado, em média 158% a mais. Foram 2,17 conexões/m de cano em média para as instalações embutidas na alvenaria contra 0,84 conexões/m de cano para a distribuição da AF e AQ pelo teto, que por não fazer pontos de alimentação, possuem um menor número de mudanças de trajetórias.

Esta correlação direta pode ser demonstrada pela análise de regressão linear deste fator como uma variável independente sobre a PMO como sendo a variável dependente. Representada pela Figura 7.1 esta linha de tendência apresenta o coeficiente de determinação R^2 de aproximadamente 0.41, quando compilados todos os dias normais de produção de AF e AQ com PPR, demonstrando que existe sim uma relação direta entre eles e quando captada toda a base de dados pesquisada, esta pode ser considerada moderada.

Figura 7-1 – Linha de tendência da correlação conexões/m sobre a RUPdiária na execução de AF e AQ com PPR considerando pelo teto e pela alvenaria



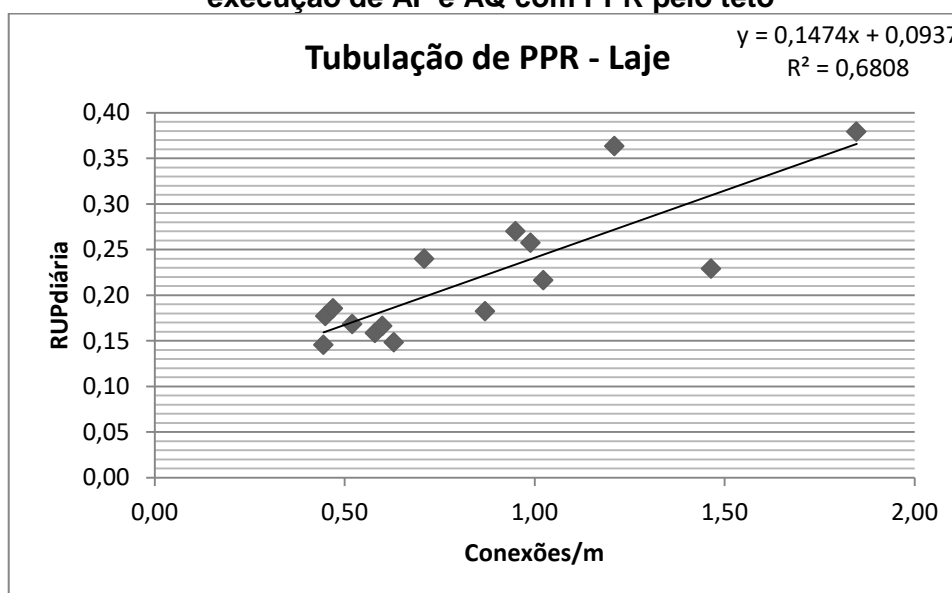
Fonte: Autor

Especificamente para este cálculo foram descartados os dias que possuíam notificações que demonstravam a interferência de fatores externos às tarefas específicas de execução deste serviço, como espera excessiva e transporte de materiais, limpeza da laje, entre outros que, apesar de serem obrigações que compõem a tarefa de produção, contaminariam esta análise direta.

Esta relação direta entre as duas variáveis só não ficou comprovada, na obra FR-01 durante a execução da tarefa de ramais e sub-ramais pela alvenaria. Entretanto esta obra apresentou um grande número de fatores de contexto muito divergentes das demais obras estudadas, que justificaria esta inversão dos valores e merece por si só uma análise isolada sobre sua gestão mais adiante neste capítulo.

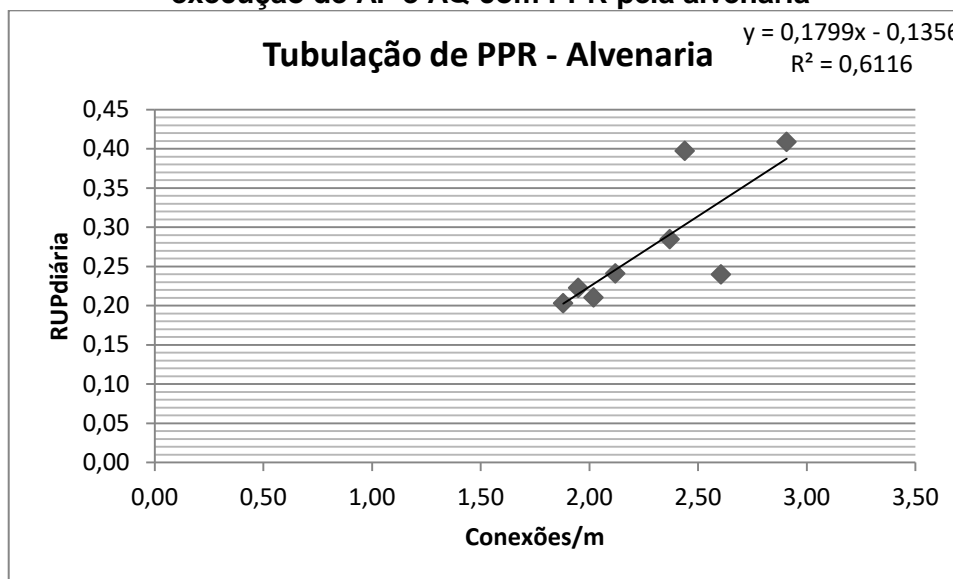
Sendo assim, as duas próximas análises da interferência deste fator conexões/m de cano sobre a PMO destas tarefas, pelo teto (Figura 7.2), e pela alvenaria (Figura 7.3), desprezou momentaneamente esta obra. Desta forma, ou seja, dentro de condições razoáveis de contextos oferecidos por canteiros de obras e sistemas de gestão satisfatórios, este fator de conteúdo atingiu coeficientes de determinação com valores de $R^2=0.68$ para o teto e $R^2=0.61$ para a alvenaria evidenciando para as duas aplicações a forte correlação deste fator de conteúdo.

Figura 7-2 – Linha de tendência da correlação conexões/m sobre a RUPdiária na execução de AF e AQ com PPR pelo teto



Fonte: Autor

Figura 7-3 – Linha de tendência da correlação conexões/m sobre a RUPdiária na execução de AF e AQ com PPR pela alvenaria



Fonte: Autor

Não obstante ao maior peso e ao maior tempo dentro do termofusor para as tubulações com maior diâmetro, não foi notada a influência da bitola do tubo como fator influenciador da PMO na execução dos dois serviços de tubulação em PPR. Foram analisadas tubulações com bitolas variando de 20mm a 32mm e, em todos os cenários possíveis, aplicando o mesmo método de análise, a linha de tendência não apresentou o R^2 superior a 0.2 em nenhum deles, chegando inclusive a apresentar valores negativos.

7.2 ANÁLISE DA PMO DO PPR – FATORES DE CONTEXTO

Para na obra FR-01, as ausências de um padrão adequado de gestão e de um sistema de fiscalização eficiente por parte do corpo técnico, ficaram evidentes ao obterem os piores índices de produtividade em praticamente todas as tarefas executadas relacionadas com a execução de sistemas de suprimentos de água fria e água quente com PPR, tanto na execução dos ramais e sub-ramais pela alvenaria quanto pelo teto.

Corroboraram também para estes índices, fatores como a indisponibilidade no canteiro de obras de ferramentas adequadas para o corte da tubulação do PPR e fixação de suportes nas lajes, oficiais parando suas atividades principais para realizar retrabalhos em serviços mal executados por outros membros da equipe e

fatores específicos de gestão, como a ausência de uma política de incentivos dos colaboradores e baixas metas semanais de produção a serem cumpridas, estabelecidas pelos gestores.

Salvo pela produção da subtarefa de regulagem dos pontos e fixação da tubulação na alvenaria, que evidentemente se beneficiou pela facilidade dos revestimentos de argamassas já estarem prontos, superando apenas a obra FR-02 que contava apenas com as taliscas, reconhecido como o pior cenário para execução desta. Entretanto, esta prática carrega em si o pesado viés de não caminhar ao encontro dos melhores e mais recentes conceitos de sustentabilidade, geração de resíduos sólidos da construção civil, perdas de materiais e também de PMO, pois, não obstante a subtarefa de corte e rasgo da alvenaria não ter sido objeto deste trabalho, não faltam pesquisas demonstrando que o excesso de material a mais a ser retirado da alvenaria acarreta em sensíveis esforços adicionais demandados para sua conclusão.

O outro ponto isolado para o qual esta obra não apresentou a RUP mais insatisfatória, foi para a RUP cumulativa de tubulação de PPR pela alvenaria, que superou por muito pouco a obra RP-01. Porém, cruzando outros fatores de contexto, há que se considerar que o principal oficial responsável por esta tarefa nesta obra, acumulava as funções de oficial, encarregado e empreiteiro de SPHS desta e de outras obras da mesma construtora, e constantemente tinha seus serviços interrompidos por curtos e imensuráveis períodos de tempo. Suas constantes entradas e saídas do canteiro - todas essas mensuradas no levantamento - também provocaram tempos de deslocamentos superiores aos colaboradores comuns. Desta forma, mesmo apresentando RUP cumulativa de 0,34Hh/m, sua RUP potencial de 0,24Hh/m demonstra não apenas o seu forte potencial de produção, mas também a forte perda de produtividade que o acúmulo de funções pode proporcionar. Pesa também contra esta equipe, que seu outro integrante era um meio-oficial em treinamento, não significando, portanto que a equipe da obra RP-01 teve um mal desempenho com todo.

Em que pese a produtividade em Hh/Un para fixação dos perfis na laje da obra RP-01 ter sido quase 4 vezes melhor que na obra FR-01, obviamente pela adoção do ferramental utilizado na fixação ser mais otimizado, pinos de aço fixados com

pistolas acionadas à pólvora *versus* parafusos fixados através de furadeiras, o sistema composto por eletrocalhas da obra FR-01 demonstrou-se interessante quando analisamos de forma sistêmica os esforços demandados por metro de tubulação, caído substancialmente esta diferença para 1,5 vezes, pois este sistema possui uma demanda menor de pontos de fixação na laje por metros de canos. Isto nos faz acreditar que uma possível solução aliando as eletrocalhas da obra FR-01 com a utilização dos pinos de aço fixados com pistolas possa ser a melhor reposta para o ganho de produtividade desta sub tarefa.

7.3 ANÁLISE COMPARATIVA PPR E COBRE – APLICAÇÃO: PAREDE

Há que se considerar que, quando estes índices de PMO do PPR, tanto dos ramais aéreos quanto dos embutidos da alvenaria, se destinarem a estudos comparativos com outros materiais tradicionais do mercado como cobre e CPVC ou novos como o PEX, com a mesma finalidade de uso, para as instalações de água quente, deve-se fazer o devido acréscimo dos esforços destinados à instalação dos materiais isolantes solicitados pelas tubulações destes materiais, quando o estudo não o fez, e dispensado pelo PPR que já possui propriedades termo isolantes.

Paliari (2008) computou e apresentou a PMO da tarefa dos ramais e sub-ramais pela alvenaria com todas as subtarefas incluídas, corte + montagem das tubulações + colocação de isolamento térmico + chumbamento das tubulações em 2 das 3 obras analisadas, já que esta sub tarefa era feita simultaneamente, e apenas fixada com chumbamento mensurado a parte para a terceira (Tabela 7.2 e Tabela 7.3). Desta forma, a análise comparativa de eficiência do sistema com PPR frente ao cobre no quesito de produtividade se fará da mesma forma acrescentando a sub tarefa de regulagem dos pontos e fixação da tubulação na parede e incluirá do mesmo autor a tarefa expressa de forma completa, por entender que existe uma diferença significativa de esforços demandados quando existe a regulagem dos pontos ou a simples fixação da tubulação.

Tabela 7-2 - RUP: Ramais e sub-ramais de AF, AQ e gás embutidos na parede

Obra	Material	Forma	RUP Cum (Hh/m)	RUP Pot (Hh/m)	$\Delta RUP_{Cum - Pot}$		Atividades
					(Hh/m)	%	
SP0101	Cobre	<i>In loco</i>	0,51	0,29	0,22	43,1	Corte + montagem das tubulações + colocação de isolante térmico + chumbamento das tubulações
SP0101	Cobre	<i>kits</i>	0,51	0,31	0,20	39,2	Colocação dos <i>kits</i> + nivelamento dos mesmos + chumbamento dos mesmos
SP0201	Cobre	<i>In loco</i>	0,77	0,63	0,14	18,2	Corte + montagem das tubulações + colocação de isolante térmico + fixação provisória
SP0201	PVC	<i>In loco</i>	0,30	0,18	0,12	40,0	Corte + montagem das tubulações + fixação provisória
SP0201	Cobre/ PVC	<i>kits</i>	0,17	0,11	0,06	35,3	Somente colocação dos <i>kits</i> + fixação provisória
SP0301	Cobre	<i>In loco</i>	0,49	0,41	0,08	16,3	Corte + montagem das tubulações + chumbamento
SP0301	Cobre	<i>In loco</i>	1,80	1,25	0,55	30,6	Abertura de laje + Corte e rasgo de paredes + fixação dos sub-ramais
SP0301	Cobre	<i>kits</i>	0,76	0,37	0,39	51,3	Colocação dos <i>kits</i> + chumbamento

Fonte: Paliari (2008)

Tabela 7-3 - RUP: Chumbamento de tubulações

Obra	Serviços/Tarefas	RUP Cum (Hh/m)	RUP Pot (Hh/m)	$\Delta RUP_{Cum - Pot}$		Atividades
				(Hh/m)	%	
SP0201	Chumbamento de tubulações	0,10	0,07	0,03	30,0	Preparação de argamassa + Chumbamento

Fonte: Adaptado de Paliari (2008)

Na maioria dos casos a PMO do PPR para alvenaria demonstrou-se menos eficiente que a PMO do cobre, exigindo aplicação de esforços em média 5% superior quando considerado as RUPs mínimas e medianas, cumuladas e potencial (Tabela 7.4). Apenas quando analisada as RUPs máximas - cumulativa e potencial - o sistema construtivo com PPR se mostrou mais vantajoso.

Tabela 7-4 RUPcumulativa e RUPpotencial e Δ RUP para Ramais e sub-ramais de AF, AQ pela alvenaria

Pesquisa	Material	Tarefa	Unid.	RUP Cumulada			RUP Potencial			Δ RUP (cumul. - potenc.)		
				Mínima	Mediana	Máxima	Mínima	Mediana	Máxima	Mínima	Mediana	Máxima
PALIARI (2008)	Cobre	Corte + montagem das tubulações + colocação de isolamento térmico +chumbamento das tubulações	Hh/m	0,49	0,51	0,87	0,29	0,41	0,70	0,08	0,17	0,22
	PVC	Corte + montagem das tubulações +chumbamento das tubulações	Hh/m	-	0,40	-	-	0,25	-	-	0,15	-
Este trabalho	PPR	Corte + montagem das tubulações + regulagem dos pontos + fixação da tubulação	Hh/m	0,50	0,59	0,64	0,38	0,45	0,50	0,12	0,14	0,14

Fonte: Autor

Estes resultados vão de encontro com a suposição inicial desta pesquisa, presente na justificativa inicial que, por dispensar a instalação de camada isolante térmica quando aplicado para suprimento de água quente e ainda por possuir um processo mais simples de montagem, por termofusão, permitiria a redução do tempo de execução da tarefa.

7.4 ANÁLISE COMPARATIVA PPR E COBRE – APLICAÇÃO: TETO

Este resultado se inverte totalmente quando analisamos a execução dos ramais e sub-ramais de AQ sob a laje executados com PPR *versus* o executado com cobre disponível em Paliari (2008) (Tabela 7.5).

Tabela 7-5 - RUP: Ramais e sub-ramais de AF, AQ sob a laje

Obra	Material	Forma	RUP Cum (Hh/m)	RUP Pot (Hh/m)	Δ RUP _{Cum - Pot}		Atividades
					(Hh/m)	%	
SP0101	Cobre	<i>In loco</i>	1,10	0,70	0,40	36,4	Corte + montagem das tubulações + colocação de isolante térmico
SP0301	Cobre	<i>In loco</i>	0,43	0,31	0,12	27,9	Corte + montagem das tubulações + colocação de isolante térmico
SP0401	PVC	<i>In loco</i>	0,40	0,22	0,18	45,0	Corte + montagem das tubulações

Fonte: Paliari (2008)

Tabela 7-6 RUPcumulativa e RUPpotencial e Δ RUP para Ramais e sub-ramais de AF, AQ pela laje

Pesquisa	Material	Tarefa	Unid.	RUP Cumulada			RUP Potencial			Δ RUP (cumul. - potenc.)		
				Mínima	Mediana	Máxima	Mínima	Mediana	Máxima	Mínima	Mediana	Máxima
PALIARI (2008)	Cobre	Corte + montagem das tubulações + colocação de isolamento térmico	Hh/m	0,30	0,43	1,10	0,27	0,31	0,70	0,03	0,12	0,40
	PVC	Corte + montagem das tubulações	Hh/m	-	0,40	-	-	0,22	-	-	0,18	-
Este trabalho	PPR	Corte + montagem das tubulações	Hh/m	0,21	0,22	0,29	0,17	0,18	0,24	0,04	0,04	0,05

Fonte: Autor

Confirmando a lógica proposta pela suposição da pesquisa (Tabela 7.6), nesta aplicação de PPR para o teto, os colaboradores que executaram esta tarefa foi em média 50% mais eficiente que os colaboradores que executaram o mesmo serviço para tubulações em cobre.

7.5 ANÁLISE COMPARATIVA PPR E PVC

Resultados semelhantes aconteceram na comparação do PPR com o PVC, neste momento com a finalidade de distribuição de AF. Não que as suspeitas iniciais deste pesquisador fossem no sentido de uma superação da PMO para o PPR frente à PMO para o PVC, entretanto, como os dados coletados permitem tal análise e os dois materiais se prestam a tal utilização, esta comparação torna-se inevitável. Desta forma, analisando as Tabelas 7.4 e 7.6 anteriores, vemos que o método construtivo do PPR tem a sua produtividade em média 65% menos eficiente quando aplicada para alvenarias, e por outro lado apresenta produtividade média 30% superior ao PVC quando aplicada sob a laje.

7.6 ANÁLISE DA PMO DE SPHS COM PRÉ-MONTAGEM DE KITS

Esta pesquisa permitiu que em duas ocasiões fossem coletados dados de PMO da mesma tarefa de execução de tubulação em PPR em alvenaria, realizadas por dois modelos de produção diferentes, uma baseada no sistema de produção tradicional e outra pelo modelo de produção com pré-montagens e módulos.

Estes dados, presentes na Tabela 7.7 a seguir, atingem especial relevância à medida que, foram realizados pelos mesmos colaboradores, no mesmo canteiro de

obras e sob as mesmas condições de entorno, conseqüentemente praticamente todos os fatores de contexto e fatores de conteúdo inerentes ao serviço estudado foram isolados.

Tabela 7-7 RUP cumulativa e RUP potencial e Δ RUP para Ramais e sub-ramais de AF, AQ pela alvenaria

Serviço	Modelo de execução	Sub-tarefas	Unid.	RUP Cumulada			RUP Potencial			Δ RUP (cumul. - potenc.)		
				Mínima	Mediana	Máxima	Mínima	Mediana	Máxima	Mínima	Mediana	Máxima
Ramal e sub-ramal de água fria e água quente pela alvenaria	Tradicional	Corte + montagem das tubulações + regulagem dos pontos + fixação da tubulação	Hh/m	0,50	0,59	0,64	0,38	0,45	0,50	0,12	0,14	0,14
	Pré-montagens e módulos	Fabricação + instalação dos kits	Hh/m	0,41	-	0,55	0,36	-	0,52	0,12	-	0,14

Fonte: Autor

A confrontação destes dados mostrou uma superioridade média de 10% de ganho de eficiência na PMO quando adotado o modelo de produção envolvendo a produção de kits hidráulicos e sua posterior instalação, frente ao modelo tradicional de execução dos SPHS.

Outros ganhos foram percebidos nas obras que adotaram este modelo, os oficiais que se envolveram nas tarefas de produção dos kits não gastaram tempo de deslocamento subindo para os pavimentos tipos das torres, não perderam tempo com a espera pelo transporte vertical, por sua vez contribuíram com a diminuição das filas de espera de utilização destes equipamentos notadas na maioria das obras de múltiplos pavimentos.

Ainda investigando a existência de vantagens competitivas em adotar a pré-produção de kits e mensurá-las, esta pesquisa produziu dados de PMO para a execução de ramais de esgoto e águas pluviais executados por este modelo, apresentados na sequência na Tabela 7.8, que podem ser comparados novamente com a tese de Paliari (2008) para a execução do mesmo serviço pelo método tradicional (Tabela 7.9).

Tabela 7-8 - RUP: Ramais de esgoto e águas pluviais sob a laje

Obra	RUP Cum (Hh/m)	RUP Pot (Hh/m)	$\Delta RUP_{Cum - Pot}$		Atividades
			(Hh/m)	%	
SP0101	0,41	0,36	0,05	12,2	Corte + montagem das tubulações + fixação
SP0201	0,41	0,24	0,17	41,5	Corte + montagem das tubulações
SP0301	0,65	0,4	0,25	38,5	Corte + montagem das tubulações + fixação
SP0401	0,36	0,22	0,14	38,9	Corte + montagem das tubulações + fixação

Fonte: Paliari (2008)

Tabela 7-9 RUPcumulativa e RUPpotencial e ΔRUP para Ramais de esgoto e águas pluviais sob a laje e sob radier

Pesquisa	Modelo de execução	Tarefa	Unid.	RUP Cumulada			RUP Potencial			ΔRUP (cumul. - potenc.)		
				Mínima	Mediana	Máxima	Mínima	Mediana	Máxima	Mínima	Mediana	Máxima
PALIARI (2008)	Tradicional	Corte + montagem das tubulações + fixação	Hh/m	0,36	0,41	0,65	0,22	0,32	0,36	0,05	0,16	0,25
Este trabalho	Tradicional	Corte + montagem das tubulações + fixação	Hh/m	-	0,61	-	-	0,57	-	-	0,04	-
	Pré-montagens e módulos	Fabricação + instalação dos kits - Sob a laje ou radier	Hh/m	0,08	-	0,26	0,07	-	0,24	0,01	-	0,02

Fonte: Autor

Primeiramente cabe analisar os resultados específicos da Obra BR-01 em que novamente a mesma tarefa foi estudada e mensurada com a coleta de dados de PMO pelos dois modelos de produção, tradicional e com pré-montagens e módulos, executadas pelos mesmos colaboradores, e sob as mesmas condições de influência dos fatores de contexto e fatores de conteúdo. Nestas condições, os colaboradores obtiveram uma PMO 135% superior com a mera troca do modelo de produção.

Analisando os dados de forma sistêmica, o ganho médio de produtividade é de quase 200% sobre o sistema de produção convencional, que mede e corta os tubos segmento por segmento e os monta conexão a conexão diretamente no local de aplicação. A RUPcumulativa mínima apresenta um ápice de 3,5 vezes mais produtiva e mesmo no cenário mais crítico o ganho de produtividade não é inferior a 50%.

Apesar da maior facilidade de montagem de tubos no chão para executar o serviço de esgoto e AP sob o radier frente ao mesmo serviço sob a laje, já que aquele dispensa a fixação nos suportes metálicos, pesa sobre esta modalidade a ausência de referências espaciais próximas que estes suportes proporcionam, juntamente com as aberturas de passagem das lajes e alvenarias. Pesa também

contra esta PMO o rigor de locação que deve ser adotado para o posicionamento desta tubulação antes da concretagem do radier e todas as complicações que a má execução desta subtarefa pode acarretar.

Considerando outros fatores de contexto para o entendimento da PMO desta obra BR-02, em que foi mensurada a execução do serviço sob o radier, frente a BR-01, sob a laje, o fato da equipe da segunda obra ser composta por 2 oficiais e a da primeira por um oficial e um ajudante, componente este que influencia diretamente nos índices das RUPs diretas, adotadas pela metodologia da pesquisa, mas não realiza necessariamente as atividades de transformação.

Ainda sobre os fatores de contexto, não resta dúvidas para este pesquisador que, a principal contribuição positiva, que permitiu este expressivo ganho de produtividade, foi o rigor dimensional apresentado pelos outros sistemas já executados com os quais os SPHS se inter-relacionam - estrutura e alvenaria - encontrado nestas duas obras. Esta característica foi proferida pela adoção por parte da construtora de técnicas e processos construtivos racionalizados, e pela adoção de SGQ atuante nos seus canteiros de obras, práticas vão ao encontro dos conceitos de pré-produção e módulos dos kits hidráulicos.

A Tabela 7.10 a seguir correlaciona os principais fatores intervenientes da PMO encontrados nesta pesquisa em todos os cinco canteiros de obras, tanto de forma positiva quanto de forma negativa, e os vincula às principais pesquisas nos quais foram estudados.

Tabela 7-10 – Principais fatores intervenientes da PMO encontrados nesta pesquisa

Principais fatores intervenientes	Citado na literatura - Autor e ano	Interveniência na obra	
		Positiva	Negativa
Política de incentivos financeiros	1. Horner; Talhouni e Thomas (1989) 2. Talhouni (1990) 3. Thomas; Sudhakumar (2013) 4. El-Gohary; Aziz (2014) 5. Andrade; Lordsleem Jr (2016)	FR-02 BR-01 BR-02	FR-01
Mão de obra subcontratada e mão de obra direta	1. Horner; Talhouni e Thomas (1989) 2. Thomas; Sudhakumar (2013) 3. Jarkas; Bitar (2012) 4. Andrade; Lordsleem Jr (2016)	FR-02 BR-01 BR-02	FR-01
Encarregados não realizando tarefas de oficiais	1. Thomas; Horman (2006) 2. Alinaitwe; Mwakali; Hansson (2007) 3. El-Gohary; Aziz (2014)	FR-01 FR-02 BR-01 BR-02	RP-01
Competência dos gestores/supervisores	1. Makulsawatudom; Emsley; Sinthawanarong (2004) 2. Abdul Kadir et al. (2005) 3. Thomas; Horman (2006) 4. Alinaitwe; Mwakali; Hansson (2007) 5. Durdyev; Mbachu (2011) 6. Thomas; Sudhakumar (2013) 7. Jarkas; Bitar (2012) 8. El-Gohary; Aziz (2014) 9. Andrade; Lordsleem Jr (2016)	RP-01 FR-02 BR-01 BR-02	FR-01
Construtibilidade	1. Horner; Talhouni e Thomas (1989) 2. Alinaitwe; Mwakali; Hansson (2007) 3. Durdyev; Mbachu (2011) 4. El-Gohary; Aziz (2014)	BR-01 BR-02	
Gestão da produção por pré-montagens e módulos	1. Han; Thomas (2002) 2. Rodrigues; Tirintan; Picchi (2005) 3. Martins; Hernandez; Amorim (2003) 4. Thomas; Horman (2006) 5. El-Gohary; Aziz (2014)	RP-01 FR-02 BR-01 BR-02	
Layout do canteiro e fluxo de materiais e colaboradores	1. Horner; Talhouni e Thomas (1989) 2. Makulsawatudom; Emsley; Sinthawanarong (2004) 3. Thomas; Sudhakumar (2013) 4. El-Gohary; Aziz (2014)	FR-01	FR-02 BR-01 BR-02
Ferramentas e equipamentos adequados	1. Zakeri et al. (1996) 2. Kaming et al. (1997) 3. Makulsawatudom; Emsley; Sinthawanarong (2004) 4. Alinaitwe; Mwakali; Hansson (2007)	RP-01 FR-02 BR-01 BR-02	FR-01

Fonte: Autor

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste capítulo final são apresentadas as considerações finais sobre o trabalho apresentado, suas conclusões e sugestões para trabalhos futuros.

Esta pesquisa teve como objetivo principal avaliar a PMO aplicada na execução de SPHS com a utilização de kits pré-fabricados ou utilizando materiais e técnicas ainda pouco difundidas, mas que estão ganhando espaço no subsetor de edificações. Acredita-se que praticamente todos os objetivos propostos inicialmente nesta pesquisa foram cumpridos, na medida em que se obtiveram os resultados de PMO aplicados na execução de SPHS utilizando o PPR, dentro de uma metodologia considerada referencial no cenário nacional e conceituada internacionalmente.

Em que pese a base de dados desta pesquisa não ser muito extensa, foi realizada uma investigação sob rígidos conceitos e critérios sobre as possibilidades de ganho de PMO quando estes esforços envolvem o modelo de produção de pré-montagem em quatro obras distintas. Os resultados desta investigação geraram dados quantitativo e qualitativos que permitiram avaliação deste modelo utilizando o PPR e o PVC. Os objetivos só não foram totalmente cumpridos devido à ausência da coleta de dados da PMO para execução dos SPHS envolvendo o PEX. Em que pese não foram poupados esforços para o cumprimento desta tarefa, a raridade em que este material se encontra nos canteiros de obras circunscritos na abrangência desta pesquisa, retrata a sua perda de importância como alternativa viável dentro do cenário atual do subsetor de edificações da construção civil.

A vista disto, e ainda sob a cautela da pequena amostragem coletada, este trabalho gerou dados de produtividade inéditos em território nacional e lançou luz comprobatória sobre as questões práticas de gestão que envolve a combinação de pré-produção e posterior aplicação de componentes na construção civil.

8.1 CONCLUSÕES

O modelo de gestão da produção através de pré-montagens e módulos através da pré-produção de kits e sua posterior instalação comprovou-se viável e superior em praticamente todos os casos analisados nesta pesquisa.

Os resultados apontam que a adoção deste modelo de produção deve ser mais explorada, difundida e utilizada pelos gestores de obras em outros sistemas da construção civil. Apesar de o método estar ganhando terreno em outros serviços, como os relacionados às esquadrias, por exemplo, muitos subsistemas das obras de edificações no contexto nacional carecem de muitas tarefas e subtarefas para sua conclusão, envolvendo diversas equipes, com diversos oficiais de qualificações diferentes e essencialmente com a demanda de muitos homens-hora dentro do canteiro de obras e mais exacerbadamente no local de aplicação.

Pôde-se observar nos casos estudados que as vantagens da utilização de pré-produção e módulos são crescentes à mesma medida que outras ferramentas de gestão e controle da produção racionalizadas são adotadas concomitantemente. Um dos maiores entraves para a maior disseminação da pré-produção no subsetor de edificações da construção civil é a variabilidade dentro das obras. Esta questão nos remete aos questionamentos das técnicas construtivas tradicionais e as alternativas para aumentar a construtibilidade das nossas obras.

No tocante a execução de AF e AQ com o PPR, assim como em outros materiais aplicados para execução de SPHS disponível na literatura, o principal fator de conteúdo que altera a sua PMO é a quantidade de conexões por metro linear de tubulação. Quanto maior é esta relação, maiores são os esforços demandados para a conclusão da tarefa, ou seja, inferior será a PMO. Invertendo esta mesma lógica, quanto menor for a quantidade de desvios de trajetória da tubulação melhor será a sua PMO.

Comparativamente, a PMO do colaborador que executou nos canteiros pesquisados a tubulação para AQ na alvenaria com PPR foi um pouco inferior que a PMO do colaborador que executou a mesma tarefa com o cobre, em contrapartida esta relação se inverte e demonstra grande superioridade quando aplicado sob a

laje. Os números apresentados poderão formar a base de conhecimento para previsão de consumo de MO, formação de equipe, planejamento de duração das tarefas, além de formação de preços para orçamentos da construção civil.

Com relação ao PVC os ganhos de produtividade na laje são pequenos frente a perda quando aplicado na alvenaria. A adoção deste material para aplicação pouco exigida como o fornecimento e distribuição de AF se justifica nos canteiros de obras pela redução da variabilidade da produção, visto que a equipe que realiza todas as tarefas relacionadas à AQ já realiza às de AF concomitantemente no mesmo local de aplicação, juntamente com o ganho de padrão e qualidade proporcionado pelo material tecnologicamente mais moderno. Entretanto, ressalta-se que esta superioridade, apesar de ser uma máxima em canteiros de obras ainda não foi devidamente mensurada.

De um modo sistêmico, esta pesquisa veio a corroborar com alguns princípios de gestão da mão de obra, dentre eles destacam-se: Política de incentivos financeiros; Política de metas estabelecida com conhecimento da PMO; Encarregados não devem realizar trabalhos de oficiais; Supervisão adequada para evitar retrabalho; Medir desempenho das equipes; Pré-montagens e módulos é uma forma eficaz de reduzir a quantidade de MO aplicada.

8.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- Investigar as vantagens de aplicação do modelo de pré-produção e módulos de kits na execução de outros subsistemas da edificação.
- Analisar o consumo e a perda de materiais em SPHS com a produção de kits.
- Estudar a qualidade técnica das instalações prediais de AF e AQ executadas com PPR.

REFERÊNCIAS

ABDUL KADIR, M. R.; LEE, W. P.; JAAFAR, M. S.; SAPUAN, S. M.; ALI, A. A. A. Factors Affecting Construction Labour Productivity For Malaysian Residential Projects. *Journal of Structural Survey*, Vol. 23 (1), pp.42-54. 2005.

ALINAITWE, H. M. W.; MWAKALI, J. A.; HANSSON, B.; Factors Affecting the Productivity of Building Craftsmen – Studies of Uganda. *Journal of Civil Engineering and Management*, Vol. 13 (3), pp.169-176. 2007.

ABNT ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15813-1: Sistemas de tubulações plásticas para instalações prediais de água quente e fria Parte 1: Tubos de polipropileno copolímero random (PP-R) tipo 3 - Requisitos. Rio de Janeiro, 2010.

_____. NBR 15813-2: Sistemas de tubulações plásticas para instalações prediais de água quente e fria Parte 2: Conexões de polipropileno copolímero random (PP-R) tipo 3 - Requisitos. Rio de Janeiro, 2010.

_____. NBR 15813-3: Sistemas de tubulações plásticas para instalações prediais de água quente e fria Parte 3: Tubos e conexões de polipropileno copolímero random (PP-R) tipo 3 - Montagem, instalação, armazenamento e manuseio. Rio de Janeiro, 2010.

_____. NBR 15939-1: Sistemas de tubulações plásticas para instalações prediais de água quente e fria — Polietileno reticulado (PE-X) Parte 1: Requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2011.

_____. NBR 15939-2: Sistemas de tubulações plásticas para instalações prediais de água quente e fria — Polietileno reticulado (PE-X) Parte 2: Procedimentos para projeto. Rio de Janeiro, 2011.

_____. NBR 15939-3: Sistemas de tubulações plásticas para instalações prediais de água quente e fria — Polietileno reticulado (PE-X) Parte 3: Procedimentos para instalação. Rio de Janeiro, 2011.

AMANCO. Manual técnico linha amanco PEX. 2015. p.28 Disponível em: <<http://amanco.com.br/downloads#catalogo-de-produtos> > Acessado em: agosto de 2016

AMANCO. Manual técnico linha amanco PPR. 2010. p.82 Disponível em: <<http://amanco.com.br/downloads#catalogo-de-produtos>> Acessado em: agosto de 2016

AMORIM, S. V.. Instalações prediais hidráulico-sanitárias: desempenho e normalização. 1989. p.167 Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil e Urbana) – Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo. São Carlos, 1989.

ANDRADE, F. K. G; LORDSLEEM JR., A. C. Produtividade na execução de revestimentos cerâmicos de empresas subempreiteiras. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. Anais... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

AQUASYSTEM. Termofusão manual técnico 6ª edição. 2009. p.101 Disponível em: <<http://www.tecnofluidos.com.br/images/Catalogo-Acquasystem.pdf>> Acessado em: agosto de 2016

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. p. 385 Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

ARAÚJO, L. O. C. Método para a proposição de diretrizes para melhoria da produtividade da mão de obra na produção de armaduras. 2005. p. 503. Tese

(Doutorado em Engenharia) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

ARAÚJO, L. O. C.; SOUZA, U. E. L. Fatores que influenciam a produtividade da alvenaria: detecção e quantificação. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 8., 2000, Salvador. Anais... Salvador: ANTAC, 2000. p. 477 – 484.

ARO, C.R. A modernização tecnológica: seu patamar nos sistemas prediais hidráulicos e sanitários. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil. Setor de Construção Civil) Universidade Federal de São Carlos – UFSCar. São Carlos - SP, 2004.

ARO, C.R.; AMORIM, S.V. As inovações tecnológicas no processo de produção dos sistemas prediais hidráulicos e sanitários. I Conferência latino-americana de construção sustentável x encontro nacional de tecnologia do ambiente construído. São Paulo, julho, 2004.

ASTRA. Manual técnico astraPEX sistemas hidráulicos. 2014. p.24 Disponível em: <<http://www.astra-sa.com.br/arquivos/pdf/manual-tecnico-astrapex.pdf>> Acessado em agosto de 2016.

BONI, A. C. Interfaces físicas entre os sistemas prediais hidráulicos e sanitários, estruturais e vedações. Dissertação de Mestrado – Curso de Pós-Graduação em Construção Civil. Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, 2010.

CARRARO, F. ; SOUZA, U. E. L. Monitoramento da produtividade de mão de obra na execução da alvenaria: uma caminho para otimização do uso dos recursos. In: Congresso Latino-Americano, 1998, São Paulo. Anais. 1998.

CARRARO, F. Produtividade da mão de obra no serviço de alvenaria. São Paulo, 1998. 226p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. 1998.

DURDYEV, S.; MBACHU, J. On-site labour productivity of New Zealand construction industry: Key constraints and improvement measures. *Australasian Journal of Construction Economics and Building*, Vol. 11, (3), pp.18-33. 2011.

ENSHASSI, A.; MOHAMED, S.; ABU MUSTAFA, Z.; MAYER, P. E. Factors Affecting Labour Productivity in Building Projects in the Gaza Strip. *Journal of Civil Engineering and Management*, Vol. 13, (4), pp. 245-254. 2007.

EL-GOHARY, K.M; AZIZ, R. F. Factors Influencing Construction Labor Productivity in Egypt. *Journal of Management in Engineering*, v. 30, n. 1, p. 1-9, 2014.

GONÇALVES, O. M. Qualidade na implantação de sistemas prediais. VII Simpósio Nacional de Sistemas Prediais, VII. São Paulo, Escola Politécnica da USP, Anais... 11p São Paulo 1994

GONÇALVES, O. M. Sistemas prediais: avanços conceituais e tecnológicos. *Téchne*, Ed. Pini, n12, p.30-34. Set./Out., 1994.

GONÇALVES, O. M. Execução e manutenção de sistemas hidráulicos prediais. p.191 (organização PRADO, R. T. A) São Paulo: Ed. Pini. 2000.

HAN, S. Y.; THOMAS, H. R. Quantification of labor inefficiency. Proc., 10th Triennial Symp. of Int. Council on Innovation in Building Construction, Cincinnati, Ohio. 2002

HORNER, R., M., W.; TALHOUNI, B., T.; THOMAS, H., R. "Preliminary Results of Major Labour Productivity Monitoring Programme" in Proceedings of the 3rd Yugoslavian Symposium on Construction Management, Cavtat, pp.18-28 1989.

ILHA, M. S. O. A investigação patológica na melhoria dos sistemas prediais hidráulico-sanitários. *Hydro*, Aranda, São Paulo, a. 30, n. 30. 2009.

ISO INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 6241: Performance standards in buildings: principles for their preparation and factors to be considered. London, UK, 1984.

JARKAS, A. M; BITAR, C. G. Factors Affecting Construction Labor Productivity in Kuwait. *Journal of construction engineering and management*, v. 138, n. 7, 2012.

KAMING, P. F.; ZAKERI, M.; OLOMOLAIYE, P. O.; HOLT, G. D.; HARRIS, F. C. Factors Influencing Craftsmen's Productivity in Indonesia. *International Journal of Project Management*, Vol. 15 (1), February, pp.21-30. 1997

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. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

LIM, E., C.; ALUM, J. Construction Productivity: Issues Encountered by Contractors in Singapore. *International Journal of Project Management*, Vol. 13 (1), pp.51-58. 1995.

LIU, M.; BALLARD, G.; IBBS, W. Work flow variation and labor productivity: case study. *Journal of Management in Engineering*, Vol. 27(4), pp.236-242. 2011.

MAEDA, F. M. Produtividade da mão de obra no serviço de revestimento interno de paredes e tetos com argamassa e gesso. São Paulo, 2002. 177p. Dissertação (Mestrado) Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 2002.

MAEDA, F.M., SOUZA, E.L. Produtividade da Mão de Obra e Materiais na Execução de Revestimento em Pasta de Gesso Aplicado sobre Paredes Internas de Edificações, Salvador, Bahia, São Paulo, 2000, v1 p611-618 In: ENTAC, 8, Salvador, 2000, Artigo Técnico.

MAKULSAWATUDOM, A.; EMSLEY, M.;SINTHAWANARONG, K. Critical Factors Influencing Construction Productivity in Thailand. The Journal of King Mongkut's University of Technology, North Bangkok, Vol. 14 (3), pp. 1-6. 2004.

MATOS, A. O. Planejamento operacional para execução dos sistemas prediais hidráulicos, sanitários e de gás combustível. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal de São Carlos, São Carlos/SP, 2011.

MARTINS, M. S; HERNADES, A. T.; AMORIM, S. V. Ferramentas para melhoria do processo de execução dos sistemas hidráulicos prediais. In: III SIBRAGEC – Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção, 16-19 set. 2003, São Carlos. Anais, sn.

McKINSEY GLOBAL INSTITUTE. Reinventing construction: A route to higher productivity, Houston, McKinsey Institute, EUA, 2017. (Relatório)

McTAGUE, B.; JERGEAS, G. Productivity improvements on Alberta major construction projects, construction productivity improvement report/project evaluation tool, Alberta Economic Development, Alberta, Canada. 2002.

PALIARI, J.C. Método para prognóstico da produtividade da mão de obra e consumo unitário de materiais: sistemas prediais hidráulicos. 2008. 558p. Tese (Doutorado em Engenharia) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

REVISTA EQUIPE DE OBRA, ed. Pini edição 60 Junho/2013 – Tubulação PEX: Conheça os principais componentes de instalações hidráulicas com tubulação flexível de polietileno reticulado. Disponível em < <http://equipedebra.pini.com.br/construcao-reforma/60/tubulacao-pex-conheca-os-principais-componentes-de-instalacoes-hidraulicas-289938-1.aspx> > Acessado em agosto de 2016.

REVISTA EQUIPE DE OBRA, ed. Pini edição 96 Junho/2016 – Materiais - Tubos e conexões para água quente: Instalações prediais exigem tubos e conexões capazes de trabalhar sob altas temperaturas. Conheça os principais materiais utilizados

nesse subsistema. Disponível em < <http://equipedeobra.pini.com.br/construcao-reforma/96/melhores-praticas-tubos-de-ppr-371413-1.aspx> > Acessado em agosto de 2016.

REVISTA EQUIPE DE OBRA, ed. Pini edição 96 Junho/2016 – Melhores práticas - Soldagem por termofusão exige cuidados para garantir o desempenho das instalações hidráulicas de água quente. Disponível em < <http://equipedeobra.pini.com.br/construcao-reforma/96/artigo371208-2.aspx> > Acessado em agosto de 2016.

REVISTA TÉCNICA, ed. Pini edição 180 Dezembro/2011 – Projeto – Tubulação racionalizada. Disponível em <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/180/artigo285921-2.aspx>> Acessado em junho de 2017.

RODRIGUES, R. V.; TIRINTAN, M. R. A.; PICCHI, F. A. Utilização do mapeamento do fluxo de valor para avaliação da produção de lajes pré-fabricadas – estudo de caso: obra Jardim das Torres – São Carlos/SP. IV SIBRAGEC – Simpósio brasileiro de gestão e economia da construção. I ELAGEC Encontro latino-americano de gestão e economia da construção. Porto Alegre. 2005

SINDUSCON-SP. Custo unitário básico da construção civil. Série histórica. Disponível em < <http://www.sindusconsp.com.br/cub/>> Acessado em maio de 2016.

SOUZA, U. E. L. Como Aumentar a Eficiência da Mão de obra: Manual de gestão da produtividade na construção civil. São Paulo : Editora Pini, 2006.

SOUZA, U. E. L. Como medir a produtividade da mão de obra na construção civil. (em CD-ROM). In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 8., Salvador/BA, 2000. Anais. Salvador, UFBA, 2000

SOUZA, U. E. L. Método para a previsão da produtividade da mão de obra e do consumo unitário de materiais para os serviços de fôrmas, armação, concretagem, alvenaria, revestimentos com argamassa, contrapiso, revestimentos com gesso e

revestimentos cerâmicos. 2001. 357p. Tese (Livre Docência) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

SOUZA, U. E. L.; AGOPYAN, V. Estudo da produtividade da mão de obra no serviço de fôrmas para estruturas de concreto armado. 1996 BT/PCC/165 EPUSP. São Paulo, 1996.

SOUZA, U.E.L.; THOMAS, H.R. (1996) The use of conversion factors for the analysis of concrete formwork labor productivity. Managing the construction Project and managing risk CIB W-65 The organization and management of construction: Shaping theory and practice 8th International Symposium, E. & F.N. Spon, London, pp.14-26.

TALHOUNI, B. T. K. Measurement and analysis of construction labour productivity. 1990. Tese (Pós-doutorado), University of Dundee, Reino Unido 1990.

THOMAS, H. R.; HORMAN, M. J. Fundamental Principles of Workforce Management. Journal of Construction Engineering and Management, Vol. 132, N. 1, p.97-104, 2006

THOMAS, H. R.; HORNER, R. M. W.; ZAVRŠKI, I.; SOUZA, U.E.L. Principles of construction labor productivity measurement and processing. Pennsylvania State University, EUA 1998.

THOMAS, H.R.; YAKOUMIS, I. Factor model of construction productivity. Journal of Construction Engineering and Management, ASCE, v.113, n.4, p623-39, 1987.

YATES, J.; GUHATHAKURTA, S. International labour productivity. J. Cost Eng., 35(1), 15–25. 1993

YIN, W; CHAN, A.P.C. Critical Review of Labor Productivity Research in Construction Journals. Journal of Management in Engineering, v.30, - 214-225, 2014

ZAKERI, M.; OLOMOLAIYE, P. O.; HOLT, G. D.; HARRIS, F. C. A Survey of Constraints on Iranian Construction Operatives' Productivity. *Journal of Construction Management and Economics*, Vol. 14 (5), pp.417-426. 1996