



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ESTRUTURAL E CONSTRUÇÃO
CIVIL
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

FELIPE MARTINS CAVALCANTE

APLICAÇÃO DE INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS E DE NOVOS SISTEMAS
CONSTRUTIVOS NAS INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS E SANITÁRIAS: UM
GANHO NA PRODUTIVIDADE

FORTALEZA

2019

FELIPE MARTINS CAVALCANTE

APLICAÇÃO DE INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS E DE NOVOS SISTEMAS
CONSTRUTIVOS NAS INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS E SANITÁRIAS: UM
GANHO NA PRODUTIVIDADE

Monografia apresentada ao curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do grau de Engenheiro Civil.

Orientador: Prof. Me. José Ademar Gondim Vasconcelos.

FORTALEZA

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

C364a Cavalcante, Felipe Martins.

Aplicação de inovações tecnológicas e de novos sistemas construtivos nas instalações hidráulicas e sanitárias : um ganho na produtividade / Felipe Martins Cavalcante. – 2019.
83 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Curso de Engenharia Civil, Fortaleza, 2019.

Orientação: Prof. Me. José Ademar Gondim Vasconcelos.

1. Inovação Tecnológica. 2. Instalações Hidrossanitárias. 3. Produtividade. 4. Linha Amanco Flextemp. 5. Instalações de Água Quente. I. Título.

CDD 620

FELIPE MARTINS CAVALCANTE

APLICAÇÃO DE INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS E DE NOVOS SISTEMAS
CONSTRUTIVOS NAS INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS E SANITÁRIAS: UM
GANHO NA PRODUTIVIDADE

Monografia apresentada ao curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do grau de Engenheiro Civil.

Aprovada em: 05 / 12 / 2019.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Me. José Ademar Gondim Vasconcelos (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof^a. Dr^a. Marisete de Aquino Dantas
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Engenheiro Civil Eduardo Raphael Santos Palheta

A Deus, a minha família e amigos
Por me apoiarem, dando força e me incentivando durante toda a
minha jornada.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus pelas oportunidades que tive e que me trouxeram até aqui.

A minha família, em especial aos meus pais, Fernanda e Ricardo por todo o apoio prestado a mim. Aos primos, primas, tios, tias, avôs, avós e amigos pelo incentivo e por sempre acreditarem em mim.

Aos meus amigos de faculdade Alyson Brayner, Bianca Vieira, Bruno Cabral, Ingrid Araújo, Maria Thereza Leite e Othon Neri que me apoiaram e me acompanharam durante a jornada da graduação.

Ao professor Alexandre Araújo Bertini que me auxiliou até certo momento na realização deste trabalho e a todos os professores que dedicaram a construir a nossa vida profissional. Agradeço em especial ao orientador deste trabalho professor Ademar Gondim pela ajuda prestada na realização desta pesquisa.

E a todos que de alguma forma ou em certas ocasiões contribuíram e também são responsáveis por este momento.

RESUMO

A aplicação de inovações tecnológicas e de novos sistemas construtivos vem ganhando maior relevância nos últimos anos como solução para a redução de custos e aumento de produtividade da mão de obra. Em relação às instalações hidráulicas e sanitárias, a evolução dos materiais e métodos de execução é significativa, com diversas tecnologias presentes e acessíveis no mercado. O trabalho realiza uma análise da aplicação de uma inovação tecnológica no sistema de instalações hidráulicas, verificando a influência de sua adoção no ganho de produtividade e redução de custos e comparando-o a técnicas de execução tradicionais ainda utilizadas na indústria da construção civil no subsetor de edificações residenciais. Preliminarmente, fez-se necessário um levantamento de inovações, no ramo das instalações hidrossanitárias, disponíveis no mercado, procurando-se dados de aplicação da inovação selecionada (Linha Amanco Flextemp) em estudo no presente trabalho para, em seguida, determinar os parâmetros a serem analisados com posterior análise do custo-benefício da referida aplicação da inovação. O comparativo entre o Flextemp e outros sistemas hidráulicos de água quente evidencia a economia que é gerada com a aplicação dessa tecnologia. Em relação ao PEX, também considerada uma inovação no ramo das instalações, a tecnologia em estudo trás como característica um sistema de montagem ágil, característica que confere maior produtividade, e com isso economia com os custos de mão de obra. Em relação ao sistema em cobre, que caracteriza o sistema tradicional de execução, a quantidade de homens-hora demandada para a execução do serviço com o sistema inovador é muito abaixo do demandado pela forma tradicional, provando assim a importância da aplicação de inovações no sistema de instalações hidráulicas e sanitárias da indústria da construção civil.

Palavras-chave: Inovação Tecnológica. Instalações Hidrossanitárias. Produtividade. Linha Amanco Flextemp. Instalações de Água Quente.

ABSTRACT

The application of technological innovations and new building systems has gained more relevance in recent years as a solution to reduce costs and increase labor productivity. Regarding plumbing and sanitation, the evolution of materials and methods of execution is significant, with several technologies present and accessible in the market. This paper analyzes the application of a technological innovation in the hydraulic installation system, verifying the influence of its adoption on productivity gain and cost reduction and comparing it to traditional execution techniques still used in the construction industry in the subsystem. residential buildings. Preliminarily, it was necessary to survey innovations in the field of water sanitation facilities available in the market, seeking data on the application of the selected innovation (Amanco Flextemp Line) under study in the present work to then determine the parameters to be analyzed with subsequent cost-benefit analysis of the said application of innovation. The comparison between Flextemp and other hot water hydraulic systems shows the savings that are generated by applying this technology. Regarding PEX, also considered an innovation in the installation industry, the technology under study has as its characteristic an agile assembly system, a feature that gives higher productivity, and thus saves on labor costs. Regarding the copper system, which characterizes the traditional execution system, the amount of man-hours required to perform the service with the innovative system is much lower than the traditional form, thus proving the importance of applying innovations in the system. plumbing and sanitary installations of the construction industry.

Keywords: Technological Innovation. Hydrosanitary installations. Productivity. Amanco Flextemp Line. Hot Water Facilities.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Execução de instalações no sistema construtivo tradicional	19
Figura 2 – Interferência entre instalações hidráulicas e alvenaria em um sistema construtivo tradicional	19
Figura 3 – Interferência entre instalações hidráulicas e estrutura em um sistema construtivo tradicional	20
Figura 4 – Interferência entre instalações hidráulicas, alvenaria e acabamento em um sistema construtivo tradicional	21
Figura 5 – Evolução do déficit habitacional (em milhões de unidades)	22
Figura 6 – Blocos especiais com passagem para tubulações	27
Figura 7 – Produtividade da mão de obra	28
Figura 8 – Diferentes abrangências quanto à mão-de-obra contemplada	30
Figura 9 – Classificação dos fatores influenciadores da produtividade	33
Figura 10 – Aquecimento de tubulações	40
Figura 11 – Instalação do PEX	42
Figura 12 – Kit para chuveiro em PPR	45
Figura 13 – Shaft visitável elimina a interferência entre instalações hidrossanitárias e a alvenaria, estrutura ou revestimento, proporcionando também uma fácil manutenção	47
Figura 14 – Instalação de esgoto e água aparente	48
Figura 15 – Carenagem	48
Figura 16 – Kits hidráulicos montados em central e entregues prontos no canteiro de obra	49
Figura 17 – Detalhe dos banheiros prontos	50
Figura 18 – Válvula de admissão de ar	51
Figura 19 – Engate rápido tipo Push fit	52

Figura 20 – Tubos Flextemp	53
Figura 21 – Norma técnica Inglesa e Russa atendida	54
Figura 22 – Flexibilidade dos tubos	55
Figura 23 – Conexões linha flextemp	56
Figura 24 – Chave de desmontagem	56
Figura 25 – Delineamento da pesquisa	58
Figura 26 – Hipótese principal da pesquisa	60
Quadro 1 – Níveis e objetivos da inovação	36
Quadro 2 – Linha do tempo do uso de matérias nas instalações hidrossanitárias	38
Quadro 3 – Tempo de montagem	57
Quadro 4 – Tipos de material empregado em obras analisadas	64
Quadro 5 – Composição analítica de serviço	67

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Exemplo de cálculo das RUP's: execução de prumadas de cobre	31
Tabela 2 – Planilha orçamentária linha Flextemp	62
Tabela 3 – Planilha orçamentária material PEX	63
Tabela 4 – Valores de produtividade pelo método analítico	65
Tabela 5 – Valores de produtividade pelo TCPO (2003)	66
Tabela 6 – Valores do serviço de encanador e de auxiliar de encanador	68
Tabela 7 – Cálculo do custo de execução do serviço	71
Tabela 8 – Custo material e mão de obra (PEX x Flextemp)	71
Tabela 9 – Cálculo da mão de obra de acordo com a produtividade pelo depoimento de funcionários	72
Tabela 10 – Economia	72
Tabela 11 – Comparativo custo unitário de materiais	73
Tabela 12 – Quantidade de serviço	73
Tabela 13 – Método analítico de prognóstico da quantidade de homens-hora demandados	74
Tabela 14 – Prognóstico aplicando TCPO (2003) para cálculo da quantidade de homens-hora demandados	74

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	Problemática	12
1.2	Justificativa	14
1.3	Objetivos	14
<i>1.3.1</i>	<i>Objetivo geral</i>	15
<i>1.3.2</i>	<i>Objetivos específicos</i>	15
1.4	Estrutura do trabalho	15
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
2.1	Sistema construtivo tradicional	17
2.2	A industrialização da construção civil e o ganho na produtividade	21
<i>2.2.1</i>	<i>A industrialização da construção civil</i>	22
<i>2.2.2</i>	<i>Definição de produtividade e sua importância</i>	27
<i>2.2.2.1</i>	<i>Índice de produtividade (RUP)</i>	28
<i>2.2.2.2</i>	<i>Índice de produtividade (TCPO – 2003)</i>	31
<i>2.2.2.3</i>	<i>Modelo de fatores</i>	32
<i>2.2.3</i>	<i>A nova forma de lucratividade</i>	33
2.3	Inovações tecnológicas e novos sistemas construtivos	34
<i>2.3.1</i>	<i>A inserção das inovações e suas definições</i>	35
<i>2.3.2</i>	<i>As inovações nos sistemas prediais</i>	37
<i>2.3.3</i>	<i>As inovações no produto dos sistemas prediais</i>	40
<i>2.3.3.1</i>	<i>Material PEX</i>	41
<i>2.3.3.2</i>	<i>Material CPVC</i>	43
<i>2.3.3.3</i>	<i>Material PPR</i>	44
<i>2.3.4</i>	<i>As inovações no processo construtivo dos sistemas prediais</i>	46
<i>2.3.4.1</i>	<i>Shafts</i>	46
<i>2.3.4.2</i>	<i>Instalações sobre bancada aparente e carenagens</i>	47
<i>2.3.4.3</i>	<i>Kits para instalações</i>	49
<i>2.3.4.4</i>	<i>Pré-fabricação de componentes</i>	49
<i>2.3.4.5</i>	<i>Válvula de admissão de ar</i>	50
<i>2.3.4.6</i>	<i>Linha Flextemp</i>	51
3	METODOLOGIA	58

3.1	Referencial teórico e levantamento	58
3.2	Considerações metodológicas	59
3.3	Dados comparativos trabalhados	61
3.3.1	<i>Dados comparativos sistema tradicional</i>	64
3.4	Parâmetros analisados	66
3.4.1	<i>Parâmetro Flextemp x PEX</i>	66
3.4.2	<i>Parâmetro Flextemp x cobre</i>	68
4	ANÁLISE DOS RESULTADOS	70
4.1	Linha Flextemp x PEX	70
4.2	Linha Flextemp x cobre	73
5	CONCLUSÕES	75
	REFERÊNCIAS	77
	APÊNDICE A – CÁLCULO DO VALOR GERAL DO CUSTO DE MÃO DE OBRA PARA O SISTEMA PEX (COMPOSIÇÃO SINAPI – CAIXA ECONOMICA FEDERAL)	81

1 INTRODUÇÃO

O estudo, a gestão e o tratamento objetivo sobre o uso de materiais e da mão de obra é extremamente necessária em qualquer indústria. Na construção civil o recurso da mão de obra, juntamente com os materiais, tem bastante importância devido ao grande volume utilizado em comparação a outros segmentos da indústria.

O conhecimento sobre o material utilizado e a produtividade no serviço de execução na construção civil é uma ferramenta para ajudar os gestores na tomada de decisão, por fornecer dados que possibilitam a previsão de custos, da escolha da tecnologia ou técnica dos serviços, do tempo de duração, do tamanho das equipes necessárias para a execução de determinadas atividades dentre outros subsídios que auxiliam no controle de produção.

Com o aumento da competitividade a diminuição dos custos se torna essencial para a conquista e manutenção de uma empresa no mercado da construção. A introdução de inovações tecnológicas, seja inovação no processo ou inovação no produto, nos meios de produção, especificamente no subsetor de edificações, apresenta-se como uma solução eficaz na redução dos custos de produção e de mão de obra, como também no incremento de qualidade exigido pelas novas especificações de desempenho das edificações (MOURA, 2015).

1.1 Problemática

Com o passar dos anos tem-se observado, no setor da construção civil, uma crescente preocupação com a produtividade das diversas atividades executadas no setor. Segundo Araújo (2001) a eficiência dos processos produtivos tem se tornado um objetivo a ser alcançado pelas empresas construtoras com o propósito de garantir sua lucratividade e assegurar sua permanência no mercado. A determinação da eficiência da transformação dos recursos físicos em obra e a detecção da influência de fatores que se relacionam com a perda dessa eficiência são instrumentos usados para buscar uma melhoria do processo de produção nas obras.

A gestão dos recursos para se obter um bom nível de produtividade é bastante desafiante no ramo da construção civil devido a grande quantidade de incógnitas, recursos, ferramentas, trabalhadores e outras condições; necessitando, dessa forma, uma avaliação mais cuidadosa no caso da construção civil (MARTINS, 2013).

De acordo com Paliari (2008) a questão da produtividade no Brasil esta defasada em relação a outros países.

Embora se reconheçam as vantagens da melhoria da produtividade no uso dos recursos físicos e, conseqüentemente, dos recursos financeiros, a produtividade de alguns segmentos da cadeia produtiva do Brasil está aquém do nível que pode alcançar quando comparada com a produtividade dos mesmos segmentos da cadeia produtiva de países desenvolvidos (PALIARI, 2008, p.2).

Além disto, Paliari (2008) afirma que embora se perceba avanços em pesquisas nacionais relacionadas à produtividade da mão de obra e do uso de materiais, essas são focadas em serviços de execução da estrutura, revestimento interno e vedação, tendo-se poucos trabalhos e, desta maneira, uma carência de informações nos serviços de sistemas prediais que permita a realização de um planejamento e programação destes serviços de forma mais eficiente e que se possa dimensionar as equipes de trabalho e definir suas tarefas com maior precisão.

Em relação à produtividade na execução dos sistemas prediais Matos e Paliari (2010) sugere que pesquisas relacionadas aos sistemas prediais hidráulicos e sanitários sejam realizadas, pois esses serviços são pouco explorados em pesquisas, principalmente devido à quantidade de componentes que estão envolvidos na execução desses sistemas, dos diversos tipos de materiais empregados e devido sua execução ser fragmentada em vários pavimentos ao mesmo tempo no caso desses sistemas em edificações.

A escassez de estudos sobre produtividade propicia a falta de informações, de indicadores de produtividade e dos benefícios gerados com a adoção de inovações tecnológicas na construção civil, não proporcionando a difusão e adoção destas inovações entre as construtoras (CONSTRUÇÃO E MERCADO, 2014).

Segundo Coelho (2003) o desenvolvimento da Indústria da Construção Civil não pode ser atingido sem o estudo sobre a execução das tarefas visando produtividade da mão de obra, pois esta é elemento essencial para a construção das edificações.

No Brasil, algumas empresas realizam registros da produtividade de suas equipes de trabalho em cada uma de suas obras, usando esses valores de registros para estimar o tempo de execução dos serviços e o tempo de duração de obras futuras.

Atualmente, a instalação dos sistemas prediais ainda ocorre principalmente por meio do embutimento na alvenaria, esse tipo de encaminhamento das tubulações gera a necessidade de “rasgar” a alvenaria, gerando grande quantidade de entulho e causando conseqüentemente a queda na produtividade devido a essa interferência de subsistemas (ARO; AMORIM, 2004).

Alguns pesquisadores já investigaram como a adoção de inovações tecnológicas na construção civil impactam a execução das diversas atividades. Moura (2015) concluiu em uma de suas pesquisas que o emprego de inovações apresenta como uma de suas vantagens a possibilidade de redução do tempo e qualidade de execução.

1.2 Justificativa

Apesar da importância mostrada, a adoção de novas tecnologias na construção civil ainda não estão difundidas entre as empresas. Segundo Coelho (2003), algumas empresas sentem dificuldade em implantar novas tecnologias em seus canteiros de obra, pois a racionalização (otimização da utilização de mão de obra e de materiais) advinda com essa implantação exige dos empreendedores conhecimento dos processos produtivos.

Para se alcançar um nível de produtividade satisfatório deve-se superar a falta de padronização que se verifica na construção civil, pois Falcão (2014, *apud* LOTURCO, 2014) afirma que a produtividade está diretamente relacionada a soluções que se baseiam em repetição, confirmando ainda que quanto mais repetitivo mais assertivo é o processo produtivo. Íria Doniak (2018) comenta ainda que a industrialização da construção civil em sua essência significa transformar os canteiros de obra em uma central de montagem, trazendo mais produtividade como benefício, aliando qualidade e tecnologia.

Este trabalho visa contribuir com conhecimentos sobre a aplicação de inovações tecnológicas e novos sistemas construtivos na execução de sistemas prediais hidráulicos e sanitários, constatando os benefícios gerados em relação ao ganho na produtividade, na qualidade e no custo de execução e manutenção das instalações. Com um comparativo entre a implantação de uma inovação e outros sistemas de instalações hidráulicas mais tradicionais, deseja-se entender melhor sobre como uma tecnologia beneficia o modo de execução, a produtividade e a redução de custos de forma direta, seja pelo material ou pela mão de obra, observando, para isto, os caracteres e fatores que influenciam e interferem na boa produção com a utilização da tecnologia inovadora.

1.3 Objetivos

São apresentados a seguir os objetivos, tanto a temática geral do presente trabalho como as específicas do universo do tema.

1.3.1 Objetivo geral

O objetivo geral deste estudo é avaliar como a adoção de técnicas avançadas de execução de instalações hidráulicas e sanitárias, com a aplicação de inovações tecnológicas, influencia na produtividade de execução desses sistemas comparado a técnicas de execução tradicionais utilizadas em larga escala na construção civil em empresas de grande porte no subsetor de edificações na cidade de Fortaleza-CE.

1.3.2 Objetivos específicos

- a) Mostrar os processos construtivos e as técnicas tradicionais de execução dos sistemas prediais hidráulicos e sanitários.
- b) Verificar os problemas decorrentes do processo construtivo tradicional e mostrar que estes são bastante dispendiosos.
- c) Identificar as inovações tecnológicas, os novos sistemas construtivos, os novos materiais e suas aplicações nas instalações hidráulicas e sanitárias.
- d) Analisar a influência da aplicação de novas técnicas de execução de sistemas hidráulicos e sanitários no ganho da produtividade de execução.
- e) Comparar os custos de material e mão de obra obtida com a utilização de técnicas avançadas com os custos desses mesmos insumos obtidos com a utilização das técnicas tradicionais de execução dos sistemas hidráulicos e sanitários.
- f) Evidenciar a importância do ganho de produtividade na indústria da construção civil.

1.4 Estrutura do trabalho

A estrutura deste trabalho está dividida em cinco capítulos, que abrangem os elementos essenciais para o entendimento do assunto tratado, apresentados a seguir de acordo com o roteiro abaixo especificado.

O primeiro capítulo tem-se a introdução, em que se apresenta a problemática a ser abordada nesse estudo, a justificativa da escolha do tema exposto e a caracterização dos objetivos deste estudo em objetivos gerais e específicos.

O segundo capítulo apresenta a revisão bibliográfica do tema em estudo. Neste capítulo, primeiramente, se contextualiza e mostra o que vem a ser um sistema tradicional de execução de instalações hidrossanitárias, os problemas provenientes deste e os prejuízos causados por esse modo de execução.

Em seguida, a ideia do modo de construção industrializado com suas características e vantagens, bem como conceitos e definições de Produtividade, Índices de produtividade e Razão Unitária de Produção (RUP) são apresentadas. A importância destes para a evolução da construção civil também é evidenciada.

Por fim, são mostradas as inovações tecnológicas incorporadas pela construção civil com o objetivo de oferecer maior produtividade de execução, como também os novos sistemas construtivos empregados nas instalações prediais de água e esgoto de modo a garantir uma maior qualidade a estas instalações.

O terceiro capítulo do trabalho apresenta a metodologia seguida para a realização do estudo, onde são explicitados os passos adotados para se alcançar os objetivos pretendidos, definindo as considerações metodológicas e os parâmetros que serão analisados para comparação entre os diferentes tipos de sistemas hidráulicos, definindo, com isso, a forma do tratamento dos dados.

O quarto capítulo apresenta a análise dos resultados. Nesta seção são mostrados todos os resultados obtidos pelos cálculos realizados a partir dos dados adquiridos de custo de material empregado. Um comparativo de custos de material e de mão de obra, bem como, o tempo necessário para a execução do sistema com cada tipo de material é evidenciado. Ao final é mostrada a economia obtida na aplicação do material em estudo e o ganho da produtividade gerado na sua aplicação.

No quinto capítulo apresenta-se a conclusão do estudo, expondo o que se extraiu dos resultados obtidos no trabalho como também do que se pode extrair do processo de execução deste.

Por fim, o apêndice mostra a planilha gerada para o cálculo do custo de mão de obra da execução do serviço de instalação através do Caderno Técnico de Composição para Instalações Hidráulicas em PEX (tubos e conexões).

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nesta revisão bibliográfica serão apresentadas as considerações, as definições e os aspectos sobre o que vem a ser um sistema construtivo tradicional, como também o que se define por industrialização da construção civil e a racionalização do processo construtivo obtido por meio desta. Outros destaques como a produtividade e sua importância para o setor construtivo, além da nova forma de obtenção da lucratividade das empresas também serão abordados.

Por fim, serão apresentadas as inovações tecnológicas e os novos sistemas construtivos, que vem, aos poucos, sendo utilizado nas instalações hidráulicas e sanitárias das edificações, desenvolvendo, desta forma, o tema de acordo com que a análise do trabalho propõe.

Para este trabalho iremos considerar os sistemas prediais hidráulicos e sanitários como: os sistemas de água fria, de água quente e de esgoto sanitário. No entanto, sabemos que esses sistemas englobam também sistemas de água pluvial, segurança contra incêndio, instalação de gás, sistema de tratamento de esgoto, drenagem e sistema de aproveitamento de águas pluviais.

2.1 Sistema construtivo tradicional

A indústria da construção se firmou no Brasil na segunda metade do século 20 como uma indústria manufatureira com algumas particularidades e com o emprego intensivo de mão de obra (FABRICIO, 2013). Segundo o autor, apesar dos esforços para racionalizar e industrializar as obras, grande parte da construção de edifícios permaneceu sendo executada com baixa produtividade e com elevado desperdício de materiais.

A preocupação única e exclusiva em conseguir cumprir os prazos estipulados, sem haver preocupação com aspectos que diferenciam e acrescenta valor as construções ainda persistem na concepção de alguns envolvidos na indústria da construção civil (MARTINS, 2013).

Entrando em vigor em 2013 a Norma de Desempenho – NBR 15.575 (ABNT, 2013) publicada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) instituiu nas edificações habitacionais um nível de desempenho mínimo que os elementos destas devem atender ao longo de sua vida útil (MOURA, 2015). Este documento, juntamente com outros como o Código de Defesa do Consumidor (CDC), que possibilitou o consumidor ter

conhecimento sobre seus direitos e com isso ser mais exigente em relação ao produto e serviços que recebe, instituiu que as edificações tenham um padrão mínimo exigido de qualidade e conforto aos usuários.

Somando-se a isto, tem-se as certificações de qualidade, com uma imensa variedade e valorização no atual mercado das edificações em geral, estas vem acrescentando valor de veda as edificações residenciais, devido serem sinônimos de qualidade, economia, conforto, eficiência, sustentabilidade, dentre outros benefícios aos usuários e a sociedade.

Para garantir a qualidade dos sistemas prediais hidráulicos e sanitários especificamente, existe no Brasil, respectivamente, as normas NBR 5626 (ABNT 1998) e a NBR 8160 (ABNT 1999). Estas normas possuem como objetivo estabelecer as exigências relativas ao projeto, execução, uso, operação e manutenção dos sistemas prediais mencionados.

Segundo Borsato e Back (2015) o sistema tradicional de execução das instalações hidráulico e sanitário vai de encontro com as exigências citadas nas normas mencionadas acima. O mesmo afirma que além de não garantir a qualidade do sistema, o modo de execução tradicional das instalações acarreta alguns problemas, tais como:

- Desperdício de materiais de instalações.
- Falta de padronização dos serviços.
- Improvisações de soluções.
- Probabilidade de grande número de erros de execução, como troca de diâmetros, etc.

O encaminhamento das tubulações dos sistemas prediais hidráulicos e sanitários é concebida, a priori, por meio de seu embutimento na alvenaria, causando, esta ação, diversos transtornos durante a execução, necessitando “rasgar” a alvenaria como mostra a Figura 1 (ARO; AMORIM, 2004). A conseqüente geração de entulho e a queda na produtividade devido à interferência com outros subsistemas, além da não acessibilidade às tubulações e a necessidade de quebrar o fechamento para realização das atividades de reparo durante a manutenção são os transtornos mencionados pelos autores.

Figura 1 - Execução de instalações no sistema construtivo tradicional



Fonte: Borsato e Back (2015)

As Figuras 2 e 3 mostram as interferências geradas entre as instalações no processo construtivo tradicional e outras partes da construção.

Figura 2 - Interferência entre instalações hidráulicas e alvenaria em um sistema construtivo tradicional



Fonte: Moreira (2010)

Figura 3 - Interferência entre instalações hidráulicas e estrutura em um sistema construtivo tradicional



Fonte: Creta projetos (2019)

Moreira (2010) comenta que no processo construtivo do sistema tradicional a produção das instalações possui, em grande parte dos casos, toda a manipulação de seus componentes ocorrendo na frente de outros serviços como mostra a Figura 4, provocando varias distorções em relação ao que se espera em termos de custo e desempenho destas instalações. O mesmo autor cita que tais distorções ocasionam prejuízos que não são calculados, como:

- Compra de material de última hora com preço elevado.
- Dificuldade de controle de estoque e compra.
- Dificuldade de apropriação de custos.
- Envolvimento de engenheiros e técnicos desviados de outras atividades.
- Aumento do tempo e do custo total da obra.

Figura 4 - Interferência entre instalações hidráulicas, alvenaria e acabamento em um sistema construtivo tradicional



Fonte: Moreira (2010)

São muitas as vantagens do sistema construtivo industrializado se comparado ao sistema construtivo tradicional mostrado, muito embora, como afirma Ferreira (2014) os investimentos tecnológicos para que o setor avance quanta a essa industrialização ainda são poucos.

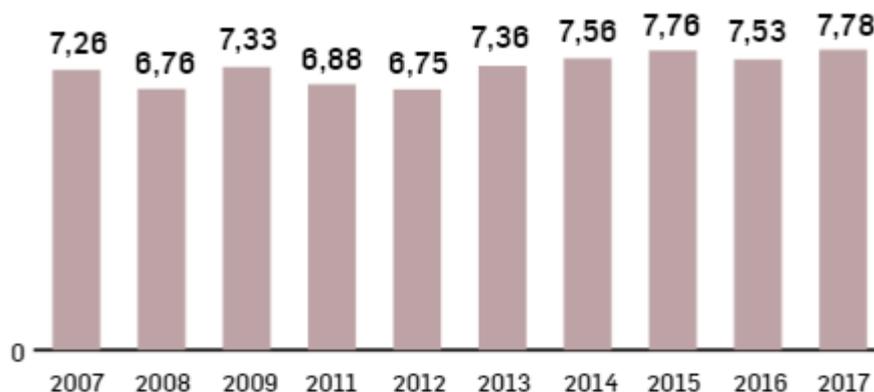
Além disso, uma padronização de serviços que visam diminuir custos e tempo nas obras vêm de encontro, segundo Borsato e Back (2015), com a cultura regional que solicita alterações durante a execução da obra.

2.2 A industrialização da construção civil e o ganho na produtividade

Segundo a Associação Brasileira de Incorporadores Imobiliários (Abrainc) em um levantamento feito em parceria com a Fundação Getulio Vargas (FGV) o déficit de moradias

creceu 7% em dez anos (Figura 5), de 2007 a 2017, atingindo a marca de 7,78 milhões de unidades habitacionais em 2017 (GAVRAS, 2019).

Figura 5 - Evolução do déficit habitacional (em milhões de unidades)



Fonte: Abrainc e FGV (2019)

Uma maior industrialização da construção civil traria benefícios sociais com a redução no tempo para atingir as metas no setor de habitação e econômicas, visto que a industrialização de qualquer setor implica em maior rentabilidade e produtividade (FERREIRA, 2014).

Nas últimas décadas destaca-se na indústria da construção civil uma evolução do cenário empírico-artesanal de antigamente para uma realidade atual científico-industrial em desenvolvimento (PULZATTO, 2005).

2.2.1 A industrialização da construção civil

Segundo Bruna (1976) a industrialização da construção é o emprego de forma racional e mecanizada de materiais, meios de transporte e técnicas construtivas com o objetivo de conseguir uma maior produtividade, estando esta associada aos conceitos de organização e produção em série.

São várias as vantagens da industrialização do setor da construção civil, como: maior rapidez na conclusão da obra, eliminação de custos indiretos de difícil contabilização, maior qualidade de material, substituição de mão de obra manual por mecanizada, rastreabilidade de processos, canteiro de obra mais limpo e organizado (FERREIRA, 2014).

Segundo Ferreira (2014), mesmo com as inúmeras vantagens dos sistemas industrializados, o sistema construtivo convencional ainda é usado em maior escala no Brasil. O mesmo autor afirma ainda que, diferentemente da maioria dos outros setores, a construção civil não se industrializou de forma notável, citando como empecilhos deste fato a falta de mão de obra qualificada e até mesmo o preconceito do consumidor final, tendo-se, dessa forma, uma considerável variabilidade tecnológica em um cenário onde coexistem processos construtivos dos mais tradicionais aos mais modernos.

Embora seja considerado um setor atrasado nos meios industriais, a construção civil brasileira, de acordo com Melhado (2001), tem apresentado, nos últimos anos, mudanças contínuas e progressivas em direção a um patamar mais alto de evolução como indústria, realizando grande esforço de padronização de seus procedimentos de execução e controle, objetivando o aumento da eficiência produtiva.

Para Faria (2008) essa elevação surge com a expansão dos empreendimentos voltados ao segmento econômico, onde a margem de lucro sobre cada unidade é pequena, tornando um negócio viável economicamente somente com a produção de unidades habitacionais em grandes volumes e em larga escala, implicando, com isso, na industrialização do setor, desde os macrossistemas construtivos de estrutura e vedação até os elementos construtivos menores como as instalações elétricas, hidráulicas, dentre outras.

Como destaca Melhado (2001) as margens de lucro reduzidas obriga os agentes construtores a se organizarem, buscando soluções técnicas que contribuam para o aumento da eficiência.

Segundo Ferreira (2014) o avanço gradual da industrialização da construção civil vem ocorrendo tornando o consumidor mais habituado com o tipo de edificação resultado do uso dos sistemas industrializados e fazendo com que o operário do setor adquira conhecimento e experiência para a execução de obras nestes sistemas. Este acrescenta ainda que os canteiros de obra vêm se transformando em locais de montagem de sistemas, trazendo ao canteiro de obras uma maior organização e uma redução de desperdício de material, reduzindo as despesas e o impacto ao meio ambiente.

Com as mudanças que vem ocorrendo no setor de edificações, as empresas construtoras estão em processo de reorganização, reformulando a concepção do produto apartamento, e, para se adequar a essas novas condições, muitas delas têm se empenhado em produzir unidades com auto grau de padronização, com níveis maiores de produtividade e menores de desperdícios (PULZATTO, 2005).

Nesse processo de industrialização, houve um incremento na mecanização e com isto um acréscimo nos custos com equipamentos, necessitando, para rebater esse aumento de custos uma produção de séries maiores de elementos com os mesmos equipamentos, para que este acréscimo fosse mais dividido e de forma mais uniforme (BRUNA, 1976).

Segundo Bakens (2008, *apud* FARIA, 2008) o governo da Holanda, duas décadas depois da Segunda Guerra Mundial, estimulou a industrialização do setor da construção do segmento residencial, garantindo novas obras as construtoras que passassem a utilizar sistemas industrializados. Isto, segundo o autor, garantiria as construtoras, nos anos seguintes, obras suficientes para viabilizar o uso das novas tecnologias. Nesse mesmo período, o autor ainda menciona que os governos investiram em pesquisa e desenvolvimento, mas que cabe ao segmento da construção civil fazer sua parte, forçando a criação de regulamentações e reivindicando subsídios.

No Brasil como destaca Pulzatto (2005) a insegurança do cenário econômico e até mesmo político, juntamente com a carga tributária elevada, a falta de condições de financiamento e outros fatores castigam as empresas brasileiras e desestimulam a evolução do setor construtivo. Para o mesmo autor é mais factível para as empresas que possuem uma estrutura técnica maior e recursos financeiros disponíveis a adoção de sistemas com um grau maior de industrialização, mas para as empresas com menores recursos, a implantação de medidas que não demandem grandes investimentos, que proporcionam um maior nível de controle de execução e cuja adoção pela mão de obra seja simples parece ser a saída.

Embora o investimento por parte dos governos tenha sido bem sucedida em alguns países europeus, Ferreira (2014) conclui em seu trabalho que para o governo brasileiro não seria vantajoso um investimento em larga escala nos sistemas industrializados, pois os sistemas construtivos industrializados necessitam de um número menor de trabalhadores, e como o setor da construção civil é um dos setores que mais emprega atualmente, uma mudança rápida entre os sistemas convencionais para os industrializados poderia gerar um grande número de desemprego.

Fabricio (2013) menciona que em vez de defender uma transformação radical da base técnica e do emprego intensivo de máquinas, busca-se uma industrialização de caráter mais processual e baseada na incorporação de métodos e inovações tecnológicas incrementais no processo de produção de edifícios, sendo mais factível de ser implementada.

Na busca por uma melhor adaptação às mudanças que ocorrem nos segmentos de mercado, Melhado (2001) afirma que o setor da construção civil vive a busca da eficiência produtiva e da qualidade de seus produtos. Paralelamente a isto, o mesmo autor menciona que

a racionalização e a valorização do trabalho ganharam importância, em resposta aos custos crescentes da mão de obra e do aumento da exigência dos consumidores, que como nos outros setores da economia, chegou também aos clientes do setor da construção. Segundo Ferreira (2014) o fator ambiental possui cada vez mais peso para a sociedade e com os sistemas construtivos industrializados podemos reduzir intensivamente o desperdício de materiais em comparação aos métodos construtivos tradicionais.

Para Fabricio (2013) tanto a industrialização como a sustentabilidade buscam otimizar o uso de recursos e nesse contexto de grande relevância das questões relacionadas à sustentabilidade das obras e dos edifícios a indústria precisa se adaptar as novas demandas de desempenho ecológico para o ambiente construído.

Com o esgotamento do modelo taylorista-fordista de produção industrial, e com as dificuldades de se implantar uma industrialização de massa na construção de edifícios, é necessário repensar os conceitos e pressupostos para a industrialização das construções, mais alinhados aos novos paradigmas industriais e as características da indústria da construção do século 21 (FABRICIO, 2013).

Moreira (2010) menciona que o antigo paradigma de produção em massa (taylorista-fordista) é substituído por novas premissas de práticas industriais que propõe uma produção mais enxuta e novos métodos de gestão da produção, mais adaptáveis as novas escalas de produção e as mudanças de mercado.

Portanto, trata-se não mais de uma industrialização pesado de acordo com Fabricio (2013), que se baseava na estandardização do ambiente construído e na produção em série por máquinas, mas sim em uma industrialização que se baseia em materiais e componentes de construção com tecnologia agregada, como forma de aumentar a produtividade e melhorar a qualidade (enquanto requisito de atendimento aos usuários) do edifício.

Continuando Fabricio (2013) menciona que dentre as abordagens para o processo de produção industrial contemporâneo é possível identificar uma baseada em métodos e técnicas de novas formas de racionalização, baseadas na produção enxuta.

A possibilidade de racionalização (otimização da utilização de mão de obra e de materiais) não pode ser negligenciada pelas empresas do futuro segundo Azuma *et al.* (2007). O mesmo afirma que juntamente com a racionalização, as possibilidades de estudos alternativos de construção, de arranjos espaciais e seleção de materiais adequados, de melhorias nas instalações e da facilidade de manutenção e operação, são fatores que afetam a qualidade da construção e que impacta na satisfação final do cliente.

Para Pulzatto (2005) a construção civil como indústria apresenta muitos pontos onde ainda precisa evoluir e racionalizar-se.

Mas segundo Borsato e Back (2015) tem sido desenvolvido métodos construtivos, materiais e equipamentos ao longo do tempo visando alcançar maior racionalidade no processo construtivo para atender a necessidade de maior economia de insumos, redução de mão de obra e melhoria na relação entre insumos consumidos e benefícios alcançados.

Para Aro e Amorim (2004) essa racionalização pode proporcionar a empresa uma maior lucratividade e uma significativa melhoria da qualidade do produto acabado, com produtos de qualidade superior a um custo final inferior. A adoção de uma medida que vise à racionalização deve ser abordada de forma sistêmica e não isolada, pois na análise de cada serviço pode parecer que os benefícios são pequenos, sendo que é nas interfaces entre os diferentes sistemas que ocorrem os maiores problemas e também os entraves na produtividade, menciona Pulzatto (2005). Como este autor destaca em suas conclusões, quando o foco passa ser na interação entre os sistemas da obra os benefícios proporcionados são melhor percebidos.

Continuando Aro e Amorim (2004) comentam que a racionalização é também a otimização de uso dos recursos naturais, atendendo a preocupação cada vez mais acentuada da sociedade frente ao risco de escassez desses recursos.

Em relação aos sistemas prediais hidráulicos e sanitários a racionalização, de acordo com Alexandre Sobreira, apresenta diversas vantagens (informação verbal)¹:

- Não interferência entre sub-sistemas.
- Execução e maior trabalhabilidade.
- Menor interferência de processo.
- Alta produtividade.
- Baixo estoque.
- Certeza de custo.
- Postergação dos desembolsos.
- Industrialização.
- Terminabilidade.

¹ informação fornecida por Alexandre Sobreira, na VI Semana de Engenharia Civil da Universidade Federal do Ceará (SEC UFC), em Fortaleza, em outubro de 2016.

A busca por maior qualidade construtiva, introduzindo uma maior racionalização ao processo construtivo, evita grandes cortes e quebras demasiadas em diversos locais. A utilização de blocos especiais, que permitam a passagem das tubulações, por meio de furações e recortes previamente moldados nos blocos (Figura 6), realizado ainda em fábrica, evita como menciona Borsato e Back (2015) o processo de quebra de paredes. Essa característica é fundamental no caso de alvenarias estruturais, com as paredes possuindo função estrutural e com os cortes representando uma possível perda de resistência.

Concluindo, os maiores benefícios em instalações hidráulicas com relação à racionalização se observa pela diminuição nas interferências com os demais subsistemas (PULZATTO, 2005).

Figura 6 - Blocos especiais com passagem para tubulações



Fonte: <http://www.tijolosecologicostrindade.com.br> (2019)

2.2.2 Definição de produtividade e sua importância

Souza (2006) diz que a produtividade está associada, do ponto de vista básico, à comparação entre o resultado obtido e o esforço realizado para se chegar ao resultado pretendido. O autor ainda afirma que, na construção civil, em relação à produtividade da mão

de obra, a mesma linha de raciocínio é seguida do ponto de vista físico, em que a produtividade é definida como a eficiência na transformação de esforços de trabalho em produtos de construção como mostra a Figura 7. Esse mesmo autor informa que a produtividade pode ser vista globalmente para a obra de um edifício como um todo ou em relação aos serviços que a compõe como o de execução dos sistemas prediais hidráulicos e sanitários.

Figura 7 - Produtividade da mão de obra



Fonte: Souza (2006).

Paliari (2008) afirma que produtividade consiste na relação entre as entradas de um processo (materiais, mão de obra etc.) e as saídas do mesmo (m^2 de alvenaria, metros de tubulações, etc.).

Na construção civil esse processo de produtividade envolve a transformação de entradas em saídas, com a produtividade sendo a razão entre as entradas e saídas do processo analisado e, dessa forma, representando a eficiência dessas transformações (SOUZA, 2006). Segundo o mesmo autor, a definição sobre como medir a produtividade pode haver variações quanto ao que se mede como entradas e saídas e, dessa forma, a constituição da razão entre estas.

2.2.2.1 Índice de produtividade (RUP)

O índice mais utilizado que mede a produtividade na construção civil possui como dados de entrada e saída os dados de homem-hora por metro quadrado ($H-h/m^2$) ou homem-hora por metro cúbico ($H-h/m^3$), resultantes da divisão da mão de obra utilizada na construção de um edifício pela área ou pelo volume da etapa do serviço executado sendo medido (COELHO, 2003).

Souza (2006) utilizou em seus trabalhos um indicador de produtividade denominado razão unitária de produção (RUP). Nesse indicador a mensuração da produtividade é feita relacionando-se o esforço humano, avaliado em homens-hora trabalhados na execução de um determinado serviço com a quantidade de serviço realizado conforme é mostrado na equação 1 abaixo.

$$RUP = \frac{H \times h}{Qs} \quad (1)$$

Onde:

H – quantidade de homens (unidade);

h – quantidade de horas trabalhadas (hora);

Qs – quantidade de serviço executado no período (unidade, m, m², m³).

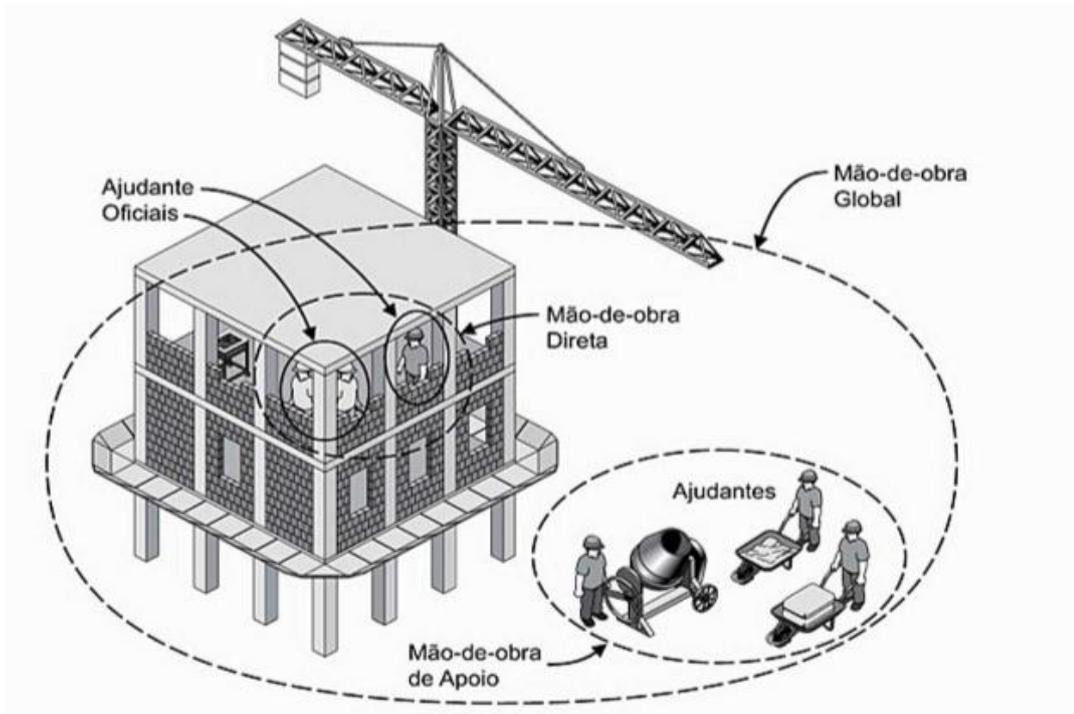
Na RUP as entradas são definidas como homens-hora, sendo o produto da quantidade de homens pela quantidade de horas trabalhadas na execução de um determinado serviço. A saída é definida como a quantidade de serviço realizado pelos operários envolvidos na execução no determinado período de tempo. As unidades de quantificação das saídas resultantes dos serviços realizados podem variar de serviço para serviço, de acordo com a medida comumente utilizada, como por exemplo, o serviço de concretagem que é mensurada em volume, o serviço de pintura que é mensurado em área e o serviço de instalações prediais que é mensurado em metros, com algumas peças mensuradas em unidades.

Souza (2006) destaca que no período de horas trabalhadas são consideradas as horas disponíveis para o trabalho, apropriando-se do tempo total que o operário esta presente no canteiro de obra pronto para trabalhar. Para os dados de saída, representado pela quantidade de serviços executados, Paliari (2008) alerta que se deve considerar a quantidade de serviço “líquido” executado. Para o estudo dos SPHS (Sistema Predial Hidráulico e Sanitário) essa quantidade de serviço é medida em metros de tubulação efetivamente instalados na edificação, em que não se considera qualquer percentual de perdas que estejam embutidas nos orçamentos.

É importante a definição de quais homens estão inseridos na avaliação para a padronização dos aspectos da RUP, realizando a definição da mão de obra contemplada pelo serviço em oficiais (oficiais diretamente envolvidos), mão de obra direta (acrescentam os ajudantes diretos ao grupo dos oficiais) e mão de obra global (esforço de apoio acrescido ao da mão de obra direta) (SOUZA, 2006). Dessa forma, para o estudo da produtividade da mão

de obra de produção deve-se obrigatoriamente detectar quem estará alocado ao serviço de execução (Figura 8), ou seja, os oficiais diretamente envolvidos na produção final do serviço, os ajudantes que os auxiliam diretamente e os operários que dão apoio à distância com relação ao grupo direto.

Figura 8 - Diferentes abrangências quanto à mão-de-obra contemplada



Fonte: Souza (2006).

Devido esta mensuração abranger diferentes composições de operários na produção, o indicador RUP pode existir em diferentes tipos (SOUZA, 2006):

- **RUP oficial**, que avalia a produtividade dos oficiais;
- **RUP direta**, que se associa à produtividade da mão-de-obra direta;
- **RUP global**, que avalia a produtividade da mão-de-obra global.

Ainda segundo o autor, além da composição de operários envolvidos na execução, outro fator associado à quantificação da produtividade é o período de tempo de execução relacionado às entradas (H e h) e saídas (Q_s). Devido ao fator intervalo de tempo a RUP pode ser classificado como:

- **RUP diário**: representa a produtividade da mão de obra a cada dia útil de execução de serviço;

- **RUP cumulativo:** representa a produtividade da mão de obra em um período acumulado de dias úteis de execução de serviços;
- **RUP cíclico:** adotado quando o serviço possui ciclos bem definidos, ou seja, quando o ciclo representa o período de tempo envolvido na produção.
- **RUP periódico:** representa a produtividade da mão de obra em um período determinado em relação ao qual se deseja saber o valor da RUP. Como exemplo, tem-se o valor da RUP mensurada a cada semana.

Além das RUP's mencionadas, definiu-se também a RUP potencial que é o valor da mediana das RUP's diárias inferiores ao valor da RUP cumulativa ao final do período de estudo (PALIARI, 2008). Esses valores de RUP diária inferiores ao da cumulativa sugerem dias de boa produtividade, dessa forma, Souza (2006) define a RUP potencial como um valor de RUP diária associada à sensação de bom desempenho e que se mostra factível em função dos valores de RUP diários detectados. Ainda segundo este mesmo autor, a RUP potencial é um valor a ser buscado de produtividade ao se executar um serviço, podendo servir de referência de produtividade teoricamente alcançável.

Na Tabela 1 apresenta-se um cálculo dos vários tipos de RUP, dado como exemplo em Paliari (2008), para o caso da execução das prumadas de cobre.

Tabela 1 - Exemplo de cálculo das RUP's: execução de prumadas de cobre

Dia	Diário		Cumulativo		Produtividade (Hh/m)			
	Hh	QS	Hh	QS	RUP Diária	RUP Cum	RUP Diária \leq RUP Cum	RUP Pot
1	9,00	41,98	9,00	41,98	0,21	0,21	0,21	0,20
2	8,00	41,98	17,00	83,96	0,19	0,20	0,19	
3	9,00	41,98	26,00	125,94	0,21	0,21	0,21	
4	3,60	27,64	29,60	153,58	0,13	0,19	0,13	
5	9,00	14,34	38,60	167,92	0,63	0,23		

Fonte: Paliari (2008)

2.2.2.2 Índice de produtividade (TCPO - 2003)

O TCPO (Tabela de Composição de Preço para Orçamento) é um manual de orçamentação com mais de 8500 composições de serviço e de preços utilizados na construção civil. Sua base de dados é calculada, mantida e atualizada pela área de engenharia de custos

da Editora Pini, alimentando diversas ferramentas disponibilizadas pela editora para o mercado de construção civil brasileira.

De acordo com esse manual segundo Paliari (2008) existe variação dos valores de produtividade de mão de obra em função do diâmetro e do tipo de material da conexão ou tubulação, causando, segundo o mesmo autor, uma incoerência, pois na visão deste, os valores de produtividade deviriam ser associados às partes da execução dos sistemas, tais como prumadas, ramais e sub-ramais, onde cada um destes possui suas especificações de execução.

Os valores de produtividade do TCPO – 2003 dizem respeito à equipe direta, dessa forma, são referentes aos oficiais e ajudantes na relação de 1 : 1.

2.2.2.3 Modelo de fatores

A gestão dos recursos para se obter um bom nível de produtividade é bastante desafiante no ramo da construção civil devido a grande quantidade de incógnitas, recursos, ferramentas, trabalhadores e outras condições; necessitando, dessa forma, de uma avaliação mais cuidadosa no caso da construção civil (MARTINS, 2013).

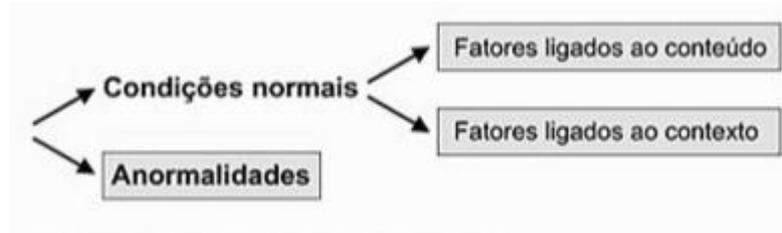
Souza (2006) acrescenta que “se todas as características relativas ao serviço sendo executado se manifestassem uniformes, não existiria razão para a variação da produtividade”, mas que na construção civil a estabilidade é bem menor que na indústria seriada.

Em seus estudos de produtividade de mão de obra na construção civil, Thomas e Yiakoumis (1987) propuseram uma estrutura de mensuração da eficiência da mão de obra chamada de “Modelo dos Fatores” (MATOS, 2011).

Paliari (2008) comenta que a produtividade da mão de obra é avaliada neste modelo no âmbito da equipe de trabalho e que este modelo leva em consideração o efeito da curva de aprendizagem das atividades que são repetitivas, assim como de outros fatores que interferem no valor dessa produtividade. Thomas e Smith (1990) dividem esses fatores em duas categorias: fatores referentes ao conteúdo do trabalho e ao contexto em que o trabalho se realiza (Figura 9). Para estes autores o primeiro fator abrange as características físicas do trabalho, relacionadas às especificações dos materiais e a detalhes de projeto, já o segundo fator abrange o ambiente de trabalho, aspectos organizacionais, disponibilidade de materiais e equipamentos, condições atmosféricas dentre outros aspectos.

Souza (2006) comenta ainda que a produtividade pode ser afetada quando anormalidades ocorrem. Segundo o autor as anormalidades seriam distanciamientos acentuados em relação às características normais de conteúdo e contexto citadas.

Figura 9 - Classificação dos fatores influenciadores da produtividade



Fonte: Souza (2006).

O aumento da produtividade é fundamental e de extrema importância no contexto atual do setor construtivo, Segundo Souza (2006) a construção civil vem sendo considerada uma indústria que é caracterizada pela baixa produtividade no uso da mão de obra. Esse fato, de acordo com o autor, se torna cada vez mais preocupante devido o crescimento da competição no mercado, dentro de um panorama atual que se busca exatamente minimizar o desperdício do trabalho humano.

Uma maior produtividade significa um melhor aproveitamento dos recursos na produção de bens e serviços necessários à sociedade (MOREIRA, 1994).

Essa produtividade esta diretamente relacionada ao lucro das empresas que com melhores índices de produtividade terão menores custos de produção, permitindo que estas possam vir a oferecer produtos a preços mais competitivos.

Dessa forma, envolver-se com o estudo da produtividade é necessário. Embora os estudos demandem esforços não desprezíveis, os benefícios podem ser bastante compensadores em decorrência da variação dos desempenhos existentes no mercado (SOUZA, 2006).

2.2.3 A nova forma de lucratividade

Como resultado da nova economia competitiva, hoje, como afirma Moreira (2010), existe uma nova disposição da formulação do preço em que os altos custos não são mais repassados aos clientes. De acordo com essa nova formulação segundo o mesmo autor, não é possível a previsão dos lucros, passando este a ser o resultado da diferença entre o preço do mercado e o custo da produção do produto.

As empresas obtêm seus lucros promovidos pela economia que é gerada pela racionalização de processos, não sendo mais constituídos pelo custo de produção e pela margem de lucro, menciona Aro e Amorim (2004).

Antes: $\text{PREÇO} = \text{CUSTO} + \text{LUCRO}$

Atualmente: $\text{LUCRO} = \text{PREÇO} - \text{CUSTO}$

Essa pressão para a redução dos custos segundo Moreira (2010) é o principal fator de mercado responsável pelas mudanças no setor da construção civil. Continuando, o mesmo autor ainda acrescenta que com essas transformações de mercado as empresas se veem obrigadas, além de reduzir os custos de produção, a buscar qualidade em seus processos, de forma a viabilizar seus empreendimentos.

2.3 Inovações tecnológicas e novos sistemas construtivos

Neste tópico será discutida a incorporação de inovações tecnológicas pela indústria da construção civil, visando às novas perspectivas de mercado com o objetivo de oferecer maior produtividade, flexibilidade e qualidade nas edificações.

Pulzatto (2005) se questiona em seu trabalho de como é possível produzir produtos de altíssimo valor, muito complexos, destinados a ter uma longa vida útil, utilizando uma mão de obra de baixa qualificação em um ambiente caótico e sujeito a intempéries, chegando-se a um produto final com qualidade. Mais adiante o mesmo autor responde a essa pergunta afirmando que a solução é a quebra de paradigmas já em desenvolvimento na construção civil, com a introdução de sistemas produtivos mais evoluídos tecnologicamente.

Para Moura (2015), dentre os conceitos adotados em seu trabalho, a inovação tecnológica significa o processo que compreende desde a concepção de uma ideia técnica, até o uso de um novo produto ou processo, comumente associado à utilização de novos produtos, componentes, sistemas, procedimentos e equipamentos.

Neste trabalho, o termo inovação tecnológica pode referenciar-se tanto a uma inovação no processo como a uma inovação no produto. As inovações tecnológicas referentes a essas duas formas, seja no produto ou no processo construtivo, serão mostradas em tópicos específicos mais adiante neste trabalho.

2.3.1 A inserção das inovações e suas definições

Com a mudança sócio-econômica, instalada no Brasil no final da década de 80, os construtores foram forçados a repensar sobre sua forma de produção, se adequando ao mercado cada vez mais reduzido, com um número cada vez maior de empresas concorrentes e com os consumidores cada vez mais exigentes em relação à qualidade e preço (ARO; AMORIM, 2004).

Segundo Pulzatto (2005) algumas empresas ainda estão com seu processo de requalificação em andamento para atender as novas imposições mercadológicas, mas outra parcela do mercado não vem acompanhando esse desenvolvimento, uma vez que as providências nesse sentido demandam investimentos. O mesmo autor comenta que o êxito na busca pelo melhor desempenho na produção de edifícios depende da implementação de novos métodos construtivos, introduzindo novas tecnologias e racionalizando procedimentos para se obter, com isso, melhores índices de produtividade.

A utilização de inovações se destaca como um importante meio para que as construtoras obtenham um diferencial frente a outras empresas concorrentes e vantagens competitivas sobre as mesmas, agregando, com isto, uma maior eficiência em suas atividades de produção (FRANCKLIN JUNIOR; AMARAL, 2008).

A introdução e difusão de inovações tecnológicas na indústria da construção civil, segundo Aro e Amorim (2004), são semelhantes a qualquer outro setor da indústria. Porém, o mesmo autor afirma que o setor da construção tem a peculiaridade da resistência dos profissionais envolvidos em assumir os riscos da incerteza da mudança do seu *status quo*.

Somando-se a essa resistência, como afirma Francklin Junior e Amaral (2008), tem-se a dependência do setor quanto a pesquisas de novos equipamentos e materiais, fazendo com que a construção civil não se modernize no ritmo de outros setores produtivos. Azuma *et al.* (2007) comenta que inovar na indústria da construção civil é fruto da imposição de outros setores industriais.

Pulzatto (2005) acrescenta ainda que esses novos métodos construtivos e inovações não tem poder de penetração na grande parcela do mercado da construção civil que é formada por pequenas e médias empresas, possuindo, essas, pouca disponibilidade de recursos para investir em equipamentos, produtos, tecnologias ou qualquer tipo de modernização.

Se opondo as dificuldades enfrentadas, a adoção de inovações tecnológicas segundo Aro e Amorim (2004) representam grande valia para a racionalização da construção,

podendo proporcionar as empresas que as adotem uma maior lucratividade, com uma melhoria na qualidade do produto final e tudo isto a um custo inferior de produção.

Segundo Amorim (1996) pode-se distinguir três tipos de inovações na construção: as que ocorrem no nível dos produtos acabados da construção, as que ocorrem nos produtos fornecidos para a construção pela introdução de novos equipamentos ou insumos e as que ocorrem na organização da estrutura de produção das empresas do setor. Cada um desses níveis de inovação correspondem a objetivos específicos como mostra a Quadro 1.

Quadro 1 - Níveis e objetivos da inovação

Nível de inovação:	Objetivos associados principais:
<p>Produto: (Um novo tipo de imóvel como prédios inteligentes)</p>	<p>Competitividade: prazos e variedade de produtos</p>
<p>Processo: (Insumos e equipamentos como novo tipo de revestimento ou novo equipamento de transporte)</p>	<p>Produtividade: controle e intensificação do trabalho</p>
<p>Organizacionais: (Novo modelo de gerência do trabalho e do projeto)</p>	<p>Flexibilidade: capacidade de adaptação a um mercado "mutante"</p>

Fonte: Amorim (1996)

Nesse trabalho o foco será sobre as inovações no processo de produção.

A introdução de novos produtos na forma de insumos e novos equipamentos para a construção de edifícios não altera o produto final de forma evidente para o usuário, embora o mesmo possa repercutir em características benéficas, tais como a maior facilidade de manutenção e durabilidade do produto final da construção (AMORIM, 1996). O mesmo autor cometa ainda que um bom exemplo dessa introdução de novos insumos é a utilização de materiais com um custo unitário maior, mas que proporciona melhor desempenho, e também que por estes serem mais caros, tendem a ter um controle de desperdício mais estrito, obrigando a adoção de procedimentos novos.

Dessa forma, como destaca Melhado (2001) as empresas vem buscando aumentar seu domínio técnico e a previsibilidade sobre os insumos utilizados e processos de trabalho, objetivando um maior controle sobre a qualidade final dos produtos e serviços pela introdução de novas técnicas e tecnologias de produção.

2.3.2 As inovações nos sistemas prediais

O grande avanço nos sistemas prediais hidráulicos e sanitários ao longo do tempo foi à substituição dos antigos tubos de ferro pelos atuais conhecidos tubos de plástico PVC (cloreto de polivinila), atendendo, além dos requisitos de desempenho do material anterior, a requisitos de durabilidade e necessidade de manutenção. Surgindo, como consequência dessa mudança, uma série de peças e acessórios que facilitam o projeto e sua execução (ARO; AMORIM, 2004).

Segundo Creder (2006), o uso do plástico como condutor de fluidos está generalizado mundialmente devido às inúmeras vantagens oferecida por esse material.

Creder (2006, apud A Chemical Engineering Report, 1959) apresenta como vantagens do uso do plástico:

- ✓ Baixo peso;
- ✓ Baixo custo relativo;
- ✓ Boa resistência química;
- ✓ Baixo coeficiente de atrito (pequenas perdas de carga);
- ✓ Baixa tendência ao entupimento;
- ✓ Baixa condutividade elétrica;
- ✓ Baixa condutividade térmica;
- ✓ Baixo custo de fretes;
- ✓ Facilidade para instalação e manutenção;
- ✓ Segurança, quando protegido externamente.

A referida publicação citada pelo mesmo autor apontava como desvantagens do material:

- ✓ Baixa resistência à temperatura;
- ✓ Baixa resistência à pressão;
- ✓ Baixa resistência mecânica;
- ✓ Baixa estabilidade dimensional;
- ✓ Alto coeficiente de dilatação;
- ✓ Baixa resistência física aos choques e ao fogo.

Algumas das novas tecnologias, que serão citadas ao longo deste trabalho, vêm solucionando as desvantagens das tubulações plásticas citadas acima.

As tubulações plásticas estão divididas em dois tipos: os tubos flexíveis e os tubos rígidos. Assim como Moreira (2010) comenta, os tubos flexíveis são fabricados a base de polietileno (PEX), já os tubos rígidos são fabricados no Brasil a partir do polipropileno (PPR) ou do policloreto de vinila clorado (CPVC).

Macintyre (1996) destaca que:

A tecnologia das instalações, denominadas genericamente de “Hidráulicas” evoluiu consideravelmente nos últimos anos. Para muito contribuiu a conscientização, no meio profissional, da necessidade de especificações cada vez mais precisas e rigorosas, visando eficiência, durabilidade e custo reduzido das instalações, exigência de projetos objetivos e de alto índice técnico de execução, com perfeição cada vez maior, dos serviços e obras. A improvisação cedeu lugar ao projeto de engenharia, integrando o de instalações aos de arquitetura e de estrutura.

Loturco (2008) menciona que no geral as leis de mercado determinam os caminhos da evolução tecnológica, mas que, no caso das instalações hidráulicas, as demandas por desempenho têm papel fundamental nessa evolução.

O Quadro 2 abaixo mostra a evolução na linha do tempo do uso de materiais nas instalações hidráulicas e sanitárias no mundo.

Quadro 2 - Linha do tempo do uso de matérias nas instalações hidrossanitárias

LINHA DO TEMPO	ESGOTO	ÁGUA
Antes dos anos 1970	chumbo, ferro galvanizado, caixas sifonadas em cobre ou latão, conexões em chumbo derretido e, posteriormente, juntas de borracha	ferro galvanizado
Anos 1970 e 1980	surgimento do PVC (policloreto de vinila), com menor custo, mais leveza e conexões facilitadas	surgimento do PVC marrom para água fria e do cobre para água quente
Anos 1990	surgimento do PPR (polipropileno copolímero random) com juntas por termofusão	chegada do PPR e do PEX (polietileno reticulado) para água quente
Atualmente	ferro fundido revestido com epóxi	surgimento do PEX multicamada, revestido com alumínio

Fonte: Revista Técnica, Edição 134, pg.62

Aro e Amorim (2004) afirmam que com relação ao nível tecnológico as instalações hidráulicas e sanitárias apresentam um desenvolvimento relativamente avançado em seus componentes em relação aos outros processos construtivos. Os mesmos autores comentam que as pesquisas voltadas a essas instalações buscam sistemas mais flexíveis e confiáveis, tentando minimizar ao máximo a interferência com outros sub-sistemas, a grande quantidade de entulho gerado, a segmentação ao longo da obra e os problemas de manutenção e reparo após a entrega da obra.

Moreira (2010) acrescenta que para as instalações hidráulicas e sanitárias crescem as exigências quanto a:

- Projetos integrados
- Racionalização da mão de obra
- Projetos voltados para produção
- Redução da quantidade de entulho
- Otimização de custos
- Lucratividade condicionada pela redução de custos
- Qualidade em todas as fases da obra
- Industrialização

Embora se perceba uma atual evolução nos métodos de trabalho voltados para a produção com qualidade, Borsato e Back (2015) afirmam que a área de instalações hidrossanitárias e sua execução não são muito enfatizadas pelas construtoras e que é nesses sistemas que podemos observar que as construtoras enfrentam problemas básicos de produtividade e custo.

A falta de qualificação da mão de obra ou até mesmo a negligência de funcionários, que muitas vezes fazem improvisações por conta própria no momento da montagem (aquecimento da tubulação, mudanças de traçado e utilização de peças inadequadas) como mostra a Figura 10, faz com que se atribua a esta mão de obra a responsável pela baixa produtividade e qualidade dos sistemas hidrossanitários. Mesmo sabendo-se, através de pesquisas, que esta mão de obra não é a única responsável pela má qualidade dos sistemas, essas improvisações podem vir a transformar algumas instalações em futuras manifestações patológicas (BORSATO; BACK, 2015).

Figura 10 - Aquecimento de tubulações



Fonte: Borsato e Back (2015)

Borsato e Back (2015) ainda afirmam em seus estudos que vêm se aprimorando novos materiais e métodos de execução com o objetivo de garantir uma melhor qualidade nas instalações hidráulicas e sanitárias, prevenindo futuras patologias e retrabalhos. Os mesmos citam como exemplo os forros falsos, os shafts e os blocos hidráulicos.

No âmbito profissional, Azuma *et al.* (2007) menciona que para se adaptarem ao contexto tecnológico e mudanças, com a entrada de inovações, os profissionais precisam de formação para desenvolver novas habilidades, conhecimentos e comportamentos tanto para o exercício das atividades quanto para as novas técnicas e equipamentos utilizados.

Dessa forma, a tecnologia permite diversos ganhos tanto no período da construção como na vida útil da edificação, tais como: ganhos na redução de entulho em obra, eliminação de interferências com outras fases da obra, padronização do sistema, facilidade de execução, aumento da produtividade, facilidade de manutenção, satisfação do cliente, dentre outros benefícios (MOREIRA, 2010).

2.3.3 As inovações no produto dos sistemas prediais

Se a atividade final de construção ou produção de edifícios não se industrializou ao longo da segunda metade do século 20 e início do século 21, os fabricantes de vários materiais de construção tiveram um intenso processo de industrialização, modernização e inovação (FABRICIO, 2013).

Aro e Amorim (2004) concluem em sua pesquisa que os fornecedores dos sistemas prediais hidrossanitários disponibilizam ao mercado insumos com grau de desenvolvimento relativamente avançados e que estes produtos conseguem responder as necessidades de concepção, execução, uso e manutenção das edificações.

Loturco (2008) acrescenta que embora as normas para instalações hidráulicas não tenham sofrido grandes alterações, cada vez mais os novos produtos buscam oferecer garantias quanto à estanqueidade nas juntas obtida com pouco treinamento aos operários.

Nesse tópico do trabalho serão transcritos dados extraídos do catálogo da Amanco como também de autores que são referenciados nos textos.

2.3.3.1 Material PEX

Originalmente concebido para ser utilizado no aquecimento de ambientes das edificações localizadas em países de clima frio e temperado sob a forma de aquecimento através de piso radiante, o material PEX passou a ser utilizado também nos sistemas prediais de água fria e água quente nas edificações (PALIARI, 2008).

Chegando ao mercado no Brasil com maior força a partir do final dos anos 1990 o PEX (polietileno reticulado), juntamente com o PPR, tornaram-se alternativas aos materiais tradicionais (PVC e cobre), configurando-se, assim, como uma inovação tecnológica aplicada à indústria da construção civil. Ambas as tecnologias contam com melhores conexões e mais seguras contra vazamentos.

O sistema PEX é composto por tubulações flexíveis, dispensando, com isso, algumas conexões e podendo ser utilizado para instalações hidráulicas de água fria e água quente, além de outros sistemas como de aquecimento solar, ar condicionado, sistema de refrigeração, dentre outros. Devido a essa característica de ser maleável, permitindo que sejam feitos curvas, esse produto diminui a quantidade de conexões no caso de instalações de ponta a ponta, apresentando, dessa forma, um excelente desempenho hidráulico.

Os tubos e conexões de PEX como menciona Moreira (2010) foram projetados para serem instalados em diversos trechos de tubulações em:

1. Instalações de água fria

- Barriletes;
- Colunas de distribuição de água fria;
- Ramais de água fria.

2. Instalações de água quente

- Colunas de distribuição de água quente;
- Ramais de água quente;
- Sub-ramais de água quente;
- Canalizações de retorno de água quente;
- Pisos radiantes.

A grande vantagem do PEX é a garantia de acessibilidade das instalações para que ocorram eventuais manutenções, com troca dos condutores de fluidos sem a necessidade de quebrar as paredes. Borsato e Back (2015) acrescenta outra importante propriedade construtiva do PEX que é ser compatível com o sistema de paredes divisórias em painéis de gesso acartonado, em crescente crescimento no mundo.

Em relação à mão de obra necessária na execução da instalação, esta possui uma aplicação mais reduzida, devido à rapidez e a facilidade de execução das conexões (Figura 11), processo mecânico com utilização de ferramentas simples, eliminando a necessidade de equipamentos de solda, de maçarico a gás, de juntas roscadas, etc.

Figura 11 - Instalação do PEX



Fonte: Revista Técnica – edição 192 / Moreira (2010)

Além das vantagens já citadas, o sistema apresenta diversas outras vantagens: resistência ao impacto, flexíveis e leves, facilitando o transporte, a estocagem e a instalação do material, resistência a altas temperaturas e ao congelamento, resistência a fissuras por fadiga, higiênico, não tóxico, livre de crescimento de micro-organismos, utiliza menor

numero de conexões e emendas e diâmetros menores se comparado a sistemas convencionais de instalações hidráulicas.

2.3.3.2 *Material CPVC*

O CPVC possui como matéria prima de sua fabricação o Policloreto de Vinila Clorado, sendo um material com todas as propriedades inerentes ao PVC, acrescentando-se a resistência à condução de líquidos sob pressão e a altas temperaturas (MOREIRA, 2010).

O conjunto de conexões Amanco CPVC é composto por peças especialmente projetadas para atender às diversas situações de montagem normalmente encontradas nas instalações prediais de água quente e água fria. Essa linha de produtos foi desenvolvida para atender as normas brasileiras NBR 15884 - Sistemas de tubulações plásticas para instalações prediais de água quente e fria em policloreto de vinila clorado (CPVC) e a NBR 7198 - Projeto e execução de instalações prediais de água quente.

Os tubos e conexões de CPVC como menciona Moreira (2010) foram projetados para serem instalados em diversos trechos de tubulações em:

1. Instalações de água fria

- Alimentador predial;
- Barriletes;
- Colunas de distribuição de água fria;
- Ramais de água fria;
- Tubulações de sucção e recalque;
- Tubulação de estação redutora de pressão e de limpeza.

2. Instalações de água quente

- Canalizações de alimentação de reservatório de água quente;
- Canalizações de coluna de distribuição de água quente;
- Ramais de água quente;
- Sub-ramais de água quente;
- Canalizações de retorno de água quente.

A aplicação dos tubos e conexões em CPVC resulta em benefícios para as instalações prediais, principalmente se considerarmos as seguintes vantagens:

- I. Livre de toxidade e corrosão: Produzido em material plástico totalmente atóxico, apresenta boa resistência e durabilidade para conduzir água, evitando corrosões;
- II. Sem incrustações: o CPVC tem superfícies internas extremamente lisas, em que o atrito entre o fluido e o tubo é baixo, minimizando a perda de carga e também evitando possíveis incrustações. Essa característica garante a instalação sem redução do diâmetro ao longo do tempo;
- III. Junta simples: A união de tubos e conexões por junta soldável a frio é de execução prática e simples, e dispensa o uso de equipamentos específicos e de mão de obra especializada;
- IV. Resistência ao impacto: Devido a sua ductibilidade, o CPVC reduz a ocorrência de trincas, proporcionando mais segurança para a instalação;
- V. Bom isolamento térmico: Os tubos e conexões CPVC possuem baixa condutividade térmica e, na maioria dos casos, não há necessidade de utilizar outro produto para fazer o isolamento térmico, seja em instalações embutidas ou aparentes.

2.3.3.3 Material PPR

Os tubos e conexões PPR são utilizados para condução tanto de água fria como de água quente em instalações hidráulicas. São fabricados com uma resina, material inovador e de última geração, chamado de polipropileno copolímero random tipo 3, como menciona o catálogo da Amanco.

Dentre as vantagens encontradas no referido catálogo temos:

- Suporta maiores temperaturas: resiste a picos de temperatura.
- Material atóxico: proporciona maior segurança aos usuários.
- Livre de corrosão: tem alta resistência a agentes químicos, proporciona maior durabilidade e uma instalação livre de corrosão.
- Sem incrustações: por ter paredes internas extremamente lisas proporciona uma instalação sem incrustações e sem redução de diâmetro da tubulação ao longo do tempo.

- Maior isolamento acústico: reduz o problema de ruídos nas instalações hidráulicas.

Em relação ao custo benefício do material podemos destacar:

- Maior produtividade: pela rapidez e simplicidade na instalação.
- Garantia total das juntas: não há união entre os tubos e conexões, mas termofusão. Isso significa que ambos os materiais se fundem molecularmente a 260 °C, passando a formar uma tubulação contínua para total estanqueidade e segurança do sistema.
- Limpeza da instalação: a tecnologia de termofusão dispensa o uso de adesivo plástico e lixa, deixando o ambiente da obra mais limpo.

Dentre as características mencionadas acima, a junção dos tubos que ocorre, não por união, mas por termofusão diminui substancialmente o risco de vazamento e a necessidade de intensa manutenção e reparo na tubulação. Além disso, os tubos e conexões Amanco PPR (Figura 12), de acordo com o fabricante, foram desenvolvidos de acordo com a norma NBR 15813:2010 – Sistemas de tubulações plásticas para instalações prediais de água quente e fria – Polipropileno copolímero Random (PPR), atendendo também às especificações exigidas pela NBR 7198 – Projeto e execução de instalações prediais de água quente.

Figura 12 - Kit para chuveiro em PPR.



Fonte: <https://www.leroymerlin.com.br> (2019)

2.3.4 As inovações no processo construtivo dos sistemas prediais

A escolha do método construtivo de execução de uma instalação tem influencia em diversos fatores, dentre eles tem-se o custo, a rentabilidade, os prazos, dentre outros (BORSATO; BACK, 2015).

Dentre as inovações ocorridas no processo construtivos, temos as instalações visitáveis, suprimindo a determinação de itens da NBR 5626 (ABNT, 1998) que tratam da manutenção dos espaços para tubulações, devendo estes, de acordo com a norma, serem mantidos acessíveis, limpos de materiais estranhos e livre de insetos e animais. Algumas dessas instalações visitáveis estão exemplificadas abaixo.

Alguns países da América do Norte, Europa e Ásia no pós Segunda Guerra Mundial de acordo com Faria (2008) passaram a adotar com maior intensidade sistemas construtivos prontos e pré-fabricados que proporcionassem maior produtividade e economia de mão de obra.

2.3.4.1 Shafts

Shaft é o nome usado que define “coluna visitável”, sendo um espaço pré-determinado que possibilita a passagem sem interrupções das tubulações verticais e horizontais das instalações hidráulicas e sanitárias, reduzindo a necessidade de desvios ou de interferências em outros sistemas pertencentes a edificação. Esse espaço possui como finalidade proporcionar um fácil acesso para a inspeção e/ou manutenção das colunas de esgoto, água fria, água quente, água pluvial, dentre outras tubulações.

Aro e Amorim (2004) acrescentam ainda que o uso do shaft além de evitar os transtornos durante a execução, como a geração de entulho e a queda da produtividade devido as interferências com outros subsistemas, e na manutenção, como a necessidade de quebra do fechamento para a realização das atividades de reparo, este se for feito com elementos leves e removíveis, possibilita a postergação das atividades de execução e facilita ainda mais a manutenção.

O uso da coluna visitável (Figura 13), no caso de manutenções das instalações, torna a execução da manutenção mais rápida e limpa por não interferir no revestimento ou alvenaria. Como exemplo, tem-se a janela plástica utilizada nas instalações que é parafusada na parede, sendo removível facilmente para uma inspeção.

Figura 13 - Shaft visitável elimina a interferência entre instalações hidrossanitárias e a alvenaria, estrutura ou revestimento, proporcionando também uma fácil manutenção



Fonte: Pulzatto (2005)

2.3.4.2 Instalações sobre bancada aparente e carenagens

O processo de instalações aparentes elimina todos os problemas construtivos proporcionados pelo embutimento da mesma na alvenaria, tornando o processo construtivo mais limpo, enxuto e sustentável, além de prevenir outras diversas patologias futuras (Figura 14).

Figura 14 - Instalação de esgoto e água aparente



Fonte: Moreira (2010)

As carenagens são projetadas para dar acabamento às instalações hidráulicas e sanitárias aparentes, permitindo um recobrimento das instalações de forma instantânea (Figura 15), sem furar ou interferir no revestimento de paredes.

Figura 15 - Carenagem



Fonte: Astra (2017)

Estas soluções, além de proporcionar a não interferência entre as instalações e a alvenaria, permite um acesso facial as mesma para posteriores manutenções.

2.3.4.3 Kits para instalações

A utilização de Kits é um processo que busca características industriais na etapa de montagem dos sistemas prediais hidráulicos e sanitários, sendo uma técnica construtiva que visa à redução de tempo de instalação, além da redução de custos de material e mão de obra. Loturco (2008) comenta que a utilização dos kits consomem 15% da mão de obra em comparação ao sistema convencional, eliminando também o desperdício de material.

Com essa industrialização segundo Moreira (2010) pode-se reverter à situação dos distúrbios causados pelo sistema construtivo tradicional, garantindo a qualidade necessária nas instalações. O mesmo autor ainda acrescenta que a adoção desses kits hidráulicos promove uma maior homogeneização da produção, como também um aumento na produtividade.

Borsato e Back (2015) afirmam que a montagem dos kits industrializados pode ser feito tanto no canteiro de obras, quanto em centrais de produção, através de um núcleo de pré-montagem de componentes como mostra a Figura 16 abaixo.

Figura 16 - Kits hidráulicos montados em central e entregues prontos no canteiro de obra



Fonte: Faria (2008)

2.3.4.4 Pré-fabricação de componentes

A pré-fabricação de banheiros ou como são mais conhecidos, os “banheiros prontos” (Figura 17), vem ganhando cada vez mais importância junto à construção industrializada. Esses banheiros são constituídos basicamente de um único compartimento,

produzido integralmente na indústria e dotados de todos os equipamentos, necessitando apenas conecta-lo aos sistemas de água, esgoto, energia e exaustão.

Os produtores destes compartimentos prontos disponibilizam no mercado modelos pré-concebidos como também flexibiliza seu sistema, possibilitando que o projetista conceba modelos e disposições que atendam suas necessidades específicas.

Atualmente, de acordo com Ferreira (2014), o que impulsiona a industrialização da construção civil no Brasil é a participação no mercado de empreendedores já habituados e que utilizam pré-fabricados para a realização de obras mais rápidas.

Figura 17 - Detalhe dos banheiros prontos



Fonte: <http://www.makebim.com> (2019)

2.3.4.5 Válvula de admissão de ar

Graças à pesquisa de novos sistemas e dispositivos, os sistemas prediais de esgotos sanitários tem apresentado grande desenvolvimento, podendo-se destacar dentre os dispositivos a Válvula de Admissão de Ar (VAA).

As VAA's, como mostra a Figura 18, são dispositivos instalados nos sistemas prediais de esgotos sanitários cuja função é permitir a introdução de ar no sistema, de modo a reduzir as variações de pressão pneumáticas atuantes no interior do tubo de queda, oriundas do escoamento gerado pelo acionamento de aparelhos nele instalados, mantendo a magnitude de tais depressões em valores admissíveis que garantam a integridade dos fechos hídricos,

impedindo que o ar interior alcance o meio ambiente. Esses dispositivos se abrem, na presença de pressões negativas, permitindo o ingresso de ar no sistema.

Figura 18 - Válvula de admissão de ar.



Fonte: Masini (1999)

A adoção desses dispositivos de admissão de ar, pode vir a substituir, em determinadas condições, como menciona Masini (1999) o subsistema de ventilação do sistema predial de esgoto sanitário que é constituído por um conjunto de tubulações destinada a garantir a integridade dos fechos hídricos e a impedir o retorno de gases aos ambientes internos. O mesmo autor acrescenta que esse dispositivo pode proporcionar redução e simplificação dos custos de construção e citando Graça (1985) afirma que pode haver possibilidade de redução de custos da ordem de 30% a 40% através da eliminação das tubulações do subsistema de ventilação.

2.3.4.6 Linha Flextemp

Segundo Aro e Amorim (2004) o problema do trabalho total despendido na execução dos sistemas prediais hidrossanitários está na complexidade em montar as rígidas

instalações. Os mesmos autores afirmam em 2004 que pesquisas avançam para disponibilizar tubulações mais flexíveis com conexões mais rápidas e economicamente viáveis.

Dessa forma, a linha Flextemp da Amanco vem ao mercado inovando e promovendo um sistema de montagem mais ágil, que minimiza o tempo de execução da montagem das instalações, com tubos flexíveis e conexões de engate rápidas na velocidade de um clique (Figura 19), dispensando o uso de grandes ferramentas e garantindo a produtividade nas instalações.

Figura 19 - Engate rápido tipo Push fit



Fonte: Amanco (2015)

Os tubos e conexões da linha Amanco Flextemp são produzidos em Polibutileno (PB), um material extremamente resistente e leve, propriedades que facilitam a instalação das redes de água quente e fria. O PB é avaliado por sua alta estabilidade dimensional e elevada resistência química.

Os tubos Flextemp são fornecidos em bobinas, que, por serem fabricados em PB, possuem baixo efeito memória, o que facilita seu manuseio, sobretudo após sua retirada da bobina (Figura 20).

Figura 20 - Tubos Flextemp



Fonte: Amanco (2015)

Em relação ao campo de aplicação da linha, esta é adequada para a maioria das aplicações residenciais e comerciais de água quente e fria. Uma abrangente linha de conexões atende as necessidades das redes de água e proporcionam instalações seguras e operações confiáveis, com reduzido tempo de instalação e melhor desempenho operacional.

Os tubos e conexões Flextemp foram projetados para serem instalados em diversos trechos de tubulações nas instalações prediais tais como:

1. Instalações prediais de água quente
 - Tubulações de alimentação de reservatórios de água quente
 - Tubulações de distribuição de água quente
 - Ramais de água quente
 - Sub-ramais de água quente
 - Tubulações de retorno de água quente

2. Instalações prediais de água fria
 - Alimentador predial
 - Barriletes
 - Tubulações de distribuição de água fria

- Ramais de água fria
- Sub-ramais de água fria
- Tubulações de sucção e recalque

A linha Amanco Flextemp possui vantagens e características exclusivas e inovadoras que o diferencia dos demais materiais para instalações prediais de água quente e fria. Essas vantagens e características são especificadas nos parágrafos subsequentes.

I- Qualidade: os produtos da linha possuem qualidade comprovada por meio de certificação internacional (Figura 21), sendo produzido de acordo com a norma BS 7291, e de acordo com os requisitos da norma europeia EN 15876. Seus benefícios trazem melhorias significativas de desempenho, com instalações mais fáceis e rápidas sem qualquer comprometimento de qualidade ou integridade das juntas.

Figura 21 - Norma técnica Inglesa e Russa atendida



Fonte: Amanco (2015)

II- Flexibilidade dos tubos: a flexibilidade dos tubos é um dos principais benefícios, que permite traçados diferenciados e pode ser instalado facilmente ao redor de obstruções, adequando-se o projeto durante a instalação. Essa característica dos tubos significa a necessidade de utilizar menos conexões como mostra a Figura 22.

Figura 22 - Flexibilidade dos tubos



Fonte: Amanco (2015)

III- Economia: com o uso de menor quantidade de conexões, utilizando menos juntas, o que reduz os custos de material, além de baixo índice de manutenção e de rapidez na instalação, esta traz economia para a execução da obra.

IV- Durabilidade: o desempenho de longo prazo quando comparados aos sistemas tradicionais é elevado, pois os tubos plásticos evitam acúmulo de resíduos, não sofrem corrosão e tem reduzido o risco de ruptura.

V- Segurança nas juntas: o inovador sistemas de juntas tipo push-fit, facilita a instalação, com o mínimo de força para fazer a união das juntas. Além disso, as conexões (Figura 23) permitem um giro de 360° dos tubos após serem instalados, minimizando o movimento de expansão desses tubos devido a aumentos de temperatura ou o movimento natural das tubulações. Acrescentando-se a isto, todos os anéis de vedação contidas nas conexões são pré-lubrificadas na fabricação, o que facilita o encaixe e a montagem das redes de água.

Figura 23 - Conexões linha flextemp



Fonte: Amanco (2015)

VI- Novo sistema de desmontagem: o novo sistema permite a desmontagem em caso de manutenção ou mudança de traçado da rede de água com a nova e inteligente chave de desmontagem, utilizada para separar tubos e conexões, tornando a desmontagem rápida, fácil e à prova de violação. O uso da Chave de Desmontagem é a única maneira que permite a desmontagem da junta, garantindo a total integridade do sistema e o eventual reaproveitamento da conexão. A função da chave de desmontagem é abraçar a conexão e reter o anel de pressão em sua posição de liberação como mostra a Figura 24 a seguir.

Figura 24 - Chave de desmontagem



Fonte: Amanco (2015)

As conexões Amanco Flextemp são oferecidas nos diâmetros 15, 22 e 28 mm e em uma abrangente variedade de tipos para atender a todas as instalações hidráulicas de água quente e fria. A linha está disponível em bobinas de 50 e 100 metros, com especificação que garante suporte de pressão de serviço de 80 m.c.a (metros de coluna d'água) à temperatura de 70 graus Celsius.

Em vídeo publicitário divulgado pela Amanco, empresários do setor da construção de edifícios mencionam que ao utilizar o produto em uma de suas obras especificamente, composta por duas torres totalizando 192 unidades, com 6 unidades habitacionais por andar, tendo-se, dessa maneira, 12 banheiros e 6 cozinhas por pavimento, o mesmo promoveu como resultado um ganho de 50% na produtividade com uma redução de mão de obra. O mesmo anúncio mostra que no caso da obra específica divulgada, onde se aplicou a linha Flextemp da Amanco, o tempo de montagem das instalações foi reduzido (Quadro 3), considerando-se o mesmo número de funcionários empregados para a execução da tarefa em um pavimento.

Quadro 3 - Tempo de montagem

	Flextemp	Outros sistemas flexíveis
Tempo de montagem (por pavimento com 2 operários)	1,5 dias	5 dias

Fonte: Amanco (2015)

Em relação ao tempo de conclusão da mesma obra específica anunciada no vídeo publicitário, os mesmos mencionam que com a utilização da linha Flextemp foram necessários 25 dias e meio para a conclusão da parte hidráulica da obra, o que com a utilização de outros sistemas flexíveis levaria 85 dias.

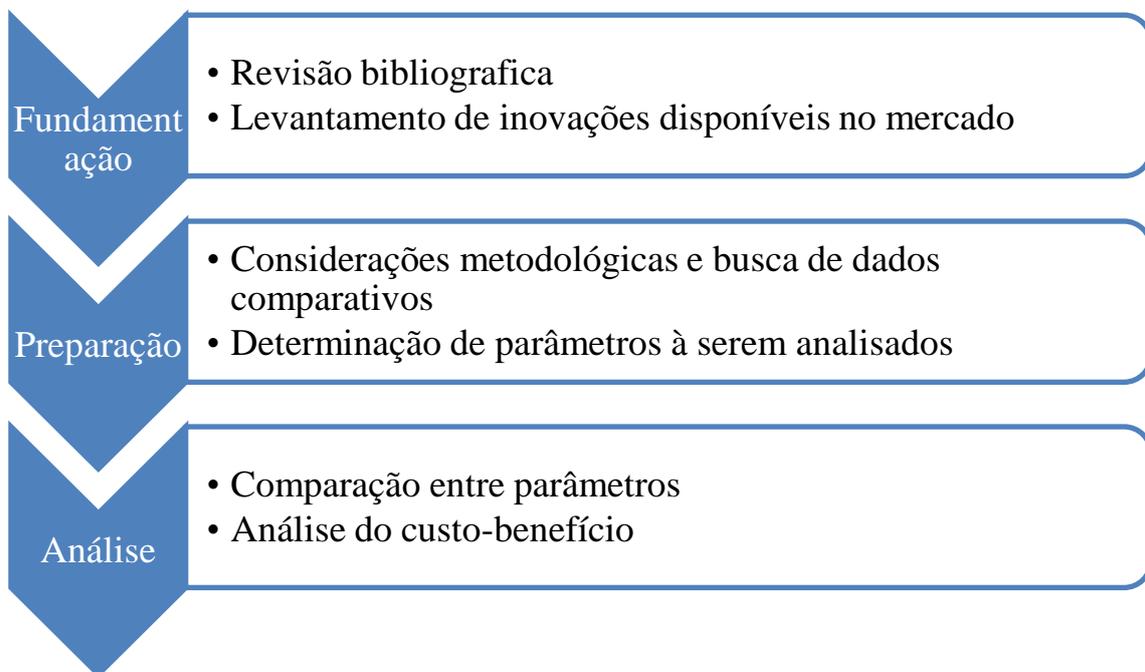
Dessa forma, a linha Flextemp da Amanco possui como propósito trazer ao mercado de sistemas hidráulicos a flexibilidade juntamente com a inovação para promover uma instalação mais rápida.

3 METODOLOGIA

Com a definição dos objetivos do trabalho foi estabelecida uma metodologia de pesquisa a fim de alcançar-se o objetivo pretendido. A seguir serão apresentadas as etapas metodológicas que abalizou a execução do trabalho com o propósito de atingir os objetivos específicos da pesquisa.

Para que a pesquisa atinja seu objetivo é necessário traçar os passos que organizam os procedimentos a serem seguidos. A Figura 25 a seguir ilustra esses passos que compõem o delineamento da pesquisa.

Figura 25 - Delineamento da pesquisa



Fonte: Elaborado pelo autor.

3.1 Referencial teórico e levantamento

Primeiramente com a realização da revisão bibliográfica, buscou-se identificar:

- As características do subsetor de edificações que se utilizam do sistema construtivo tradicional;
- O desenvolvimento e os principais benefícios relacionados à industrialização da construção civil;

- As inovações tecnológicas relacionadas ao produto ou ao processo de construção de edifícios em relação aos sistemas prediais hidráulicos e sanitários.

Da análise desses estudos, a pesquisa parte da identificação de algumas inovações, pela adoção de produtos tecnológicos fornecidos ao mercado pelos fornecedores de materiais de construção e pela adoção de técnicas inseridas pelos empreendedores do subsetor de edificações.

O levantamento dessas inovações delimitadas ao sistema de instalações hidráulicas e sanitárias ocorreu pela busca através de publicações em artigos, periódicos, catálogos e teses importantes da área de instalações. Procurou-se extrair da bibliografia todos os trabalhos relacionados ao tema no âmbito acadêmico, já no âmbito prático, foi feita uma pesquisa do que se utilizava de inovação em relação a sistemas prediais nas obras do subsetor de edificações na cidade de Fortaleza.

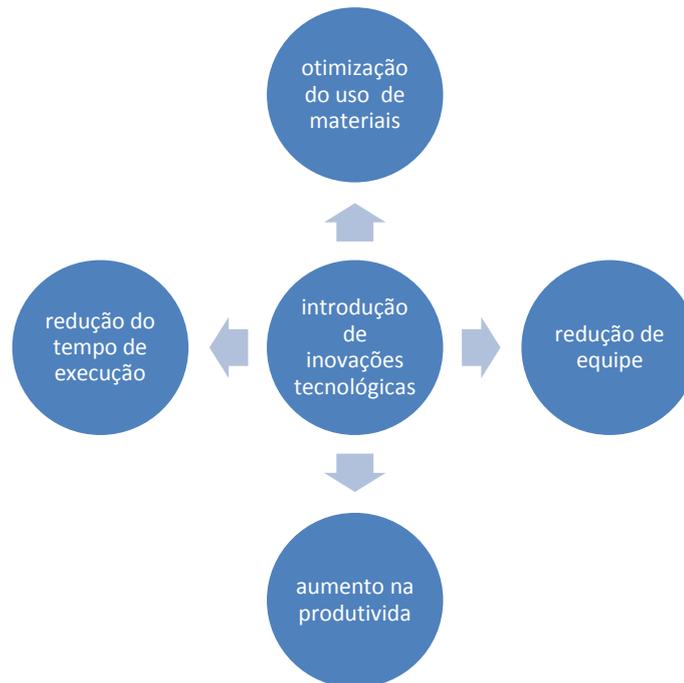
Com isso, iniciou-se a procura por dados de aplicação sobre tais inovações encontradas (explicitadas em tópicos mais adiante), com o objetivo de verificar a influência da aplicação de novas técnicas e materiais na execução de sistemas hidráulicos e sanitários para o ganho na produtividade e redução de custos, evidenciando a importância desse ganho na indústria da construção civil.

3.2 Considerações metodológicas

Para o estudo da aplicação de umas dessas determinadas inovações (linha Amanco Flextemp), foi utilizado como base de dados um levantamento que faz uso de dois diferentes materiais (Flextemp x PEX). Nessa abordagem foram consideradas as características de cada tipo de material, como também características qualitativas e quantitativas para cada sistema utilizado. Ao final foi feito um comparativo entre o uso dos materiais e os benefícios diretos promovidos pela sua utilização na redução do tempo de execução e do emprego de mão de obra.

Para orientar este trabalho, foi formulada a hipótese principal, conforme ilustra a Figura 26, de que o processo de introdução de inovações tecnológicas no setor de edificações da construção civil possui como resultado o aumento da produtividade juntamente com a redução da equipe envolvida no processo de montagem das instalações hidrossanitárias.

Figura 26 - Hipótese principal da pesquisa



Fonte: Elaborado pelo autor.

Dado o caráter exploratório do trabalho, foi considerada a ideia de que a adoção de inovações tecnológicas e de novos sistemas construtivos são mais eficientes como ponto de partida na verificação dos dados utilizados, para, com isso, ter-se informações objetivas e concisas sobre os benefícios gerados, como também na geração de conhecimento, melhorando a qualidade e o processo construtivo no sistema de instalações hidráulicas.

Quando se trata de inovações tecnológicas, verificam-se diversos temas que podem ser abordados, como o estudo de todas as inovações tecnológicas existentes, ou ainda, as diferentes técnicas para os variados processos construtivos existentes, dentre outros. Também é importante salientar que ocorreram inovações em outros materiais e técnicas construtivas, como a tipologia dos pisos, o sistema de vedação ou as instalações elétricas, bem como inovações gerenciais de obra, porém essas inovações não fazem parte do tema em estudo, que está direcionado ao estudo das inovações tecnológicas nos sistemas hidrossanitários especificamente.

O foco dessa pesquisa está na aplicação da linha Flextemp da Amanco, que traz uma inovação tecnológica no processo de montagem de tubulações hidráulicas, no subsetor de edificações residenciais na cidade de Fortaleza-CE. Portanto, uma limitação importante refere-se à tipologia do empreendimento considerado, pois, todo o estudo está direcionado a

habitação residencial vertical, excluindo as habitações horizontais e os edifícios comerciais, que tratam de critérios de produção e desempenho diferenciados.

3.3 Dados comparativos trabalhados

O empreendimento de onde provem os dados da aplicação da inovação, representada neste estudo pela linha Flextemp, é uma construção de caráter residencial de alto padrão, localizado em uma área valorizada na cidade de Fortaleza-CE. O edifício é composto por uma torre única com 23 pavimentos tipo. São 69 unidades habitacionais dividida em três apartamentos por andar, com cada um destes possuindo 130 metros quadrados de área privativa e sendo composto por 3 suítes, lavabo, dependência completa, possuindo ao todo, dessa forma, seis áreas molháveis.

As planilhas orçamentárias, juntamente com outras informações expostas no presente tópico, foram fornecidas por técnicos da empresa Amanco. Essas planilhas disponibilizadas representam o orçamento de materiais de instalação hidráulica para água quente por apartamento tipo em dois casos: utilizando a linha Flextemp e o material PEX. Estas são compostas, como mostra a Tabela 2 e 3, pela descrição do material, a quantidade utilizada, o custo unitário e pelo custo total do referido material, tendo se ao final o custo total da instalação por apartamento tipo. Destaca-se que nas referidas planilhas descritas e mostradas logo abaixo, encontra-se a lista de insumos utilizados na execução de ramais e sub-ramais do apartamento tipo, com isto foi considerado os materiais utilizados a partir do registro de gaveta até os pontos de consumo.

Tabela 2 - Planilha orçamentária linha Flextemp

QUANTITATIVO DE MATERIAIS POR APARTAMENTO TIPO				
ITEM	DESCRIÇÃO	QUANT	CUST UNIT	TOTAL ITEM
1	SOQUETE SMART FLEXTEMP DN15	35,00	R\$ 0,19	R\$ 6,65
2	SOQUETE SMART FLEXTEMP DN22	90,00	R\$ 0,32	R\$ 28,80
3	SOQUETE SMART FLEXTEMP DN28	12,00	R\$ 0,56	R\$ 6,72
4	ADAPTADOR TORN C/ MET DN15x1/2 FLEXTEMP	15,00	R\$ 6,38	R\$ 95,70
5	ADAPTADOR TORN C/ MET DN28x1 FLEXTEMP	3,00	R\$ 8,70	R\$ 26,10
6	TUBO FLEXTEMP BOBINA DN 15X100M	30,00	R\$ 2,39	R\$ 71,76
7	TUBO FLEXTEMP BOBINA DN 22X50M	118,00	R\$ 4,11	R\$ 485,22
8	TUBO FLEXTEMP BOBINA DN 28X50M	17,00	R\$ 6,66	R\$ 113,20
9	UNIAO RED SOQUETE FLEXTEMP DN 22X15	7,00	R\$ 2,50	R\$ 17,50
10	JOELHO 90 FLEXTEMP DN 22	17,00	R\$ 3,45	R\$ 58,65
11	TE FLEXTEMP DN 22	7,00	R\$ 5,87	R\$ 41,09
12	TE RED FLEXTEMP DN 22X22X15	2,00	R\$ 7,17	R\$ 14,34
13	TE RED FLEXTEMP DN28X28X22	2,00	R\$ 12,02	R\$ 24,04
14	TE RED FLEXTEMP DN15X22X15	10,00	R\$ 8,56	R\$ 85,60
15	TE RED FLEXTEMP DN22X28X22	2,00	R\$ 13,64	R\$ 27,28
16	TE RED FLEXTEMP DN28X22X28	4,00	R\$ 13,18	R\$ 52,72
17	ADAPTADOR FEMEA DN15x1/2 FLEXTEMP	2,00	R\$ 6,48	R\$ 12,96
18	ADAPTADOR FEMEA DN22x3/4 FLEXTEMP	2,00	R\$ 10,57	R\$ 21,14
19	ADAPTADOR MACHO DN15x1/2 FLEXTEMP	2,00	R\$ 7,03	R\$ 14,06
20	ADAPTADOR MACHO DN28x1 FLEXTEMP	2,00	R\$ 24,17	R\$ 48,34
21	JOELHO F TERMINAL MET FLEXTEMP DN15X1/2	2,00	R\$ 10,58	R\$ 21,16
22	JOELHO F TERMINAL MET FLEXTEMP DN22X1/2	4,00	R\$ 23,04	R\$ 92,16
23	MODULO DIST FECHADO FLEXTEMP DN22X15 3S	2,00	R\$ 11,21	R\$ 22,42
24	ADAPTADOR METALICO F DN15x1/2 FLEXTEMP	7,00	R\$ 6,73	R\$ 47,11
25	ADAPTADOR METALICO M DN15x1/2 FLEXTEMP	7,00	R\$ 5,27	R\$ 36,89
26	TESOURA P/TUBOS STAND FLEXTEMP 15 A 28MM	1,00	R\$ 47,44	R\$ 47,44
			TOTAL	R\$ 1.519,04

Fonte: Amanco (2019)

Tabela 3 - Planilha orçamentária material PEX

QUANTITATIVO DE MATERIAIS POR APARTAMENTO TIPO				
ITEM	DESCRIÇÃO	QUANT	CUST UNIT	TOTAL ITEM
1	TE MET PEX DN16	2	R\$ 6,48	R\$ 12,96
2	TE MET PEX DN20	6	R\$ 10,34	R\$ 62,04
3	TE RED MET PEX DN16X20X16	6	R\$ 9,25	R\$ 55,50
4	TE RED MET PEX DN20X16X20	3	R\$ 9,58	R\$ 28,74
5	JOELHO MET PEX DN20	36	R\$ 5,92	R\$ 213,12
6	JOELHO M TERMINAL MET PEX DN20X1/2	4	R\$ 6,22	R\$ 24,88
7	JOELHO F BASE FIXA LGO MET PEX DN20X1/2	4	R\$ 9,49	R\$ 37,96
8	CONECTOR MACHO MET DN16x1/2 PEX	2	R\$ 3,35	R\$ 6,70
9	CONECTOR MACHO MET DN20x1/2 PEX	14	R\$ 4,27	R\$ 59,78
10	CONECTOR FIXO F MET DN20X3/4 PEX	2	R\$ 6,92	R\$ 13,84
11	CONECTOR FIXO F MET DN25X3/4 PEX	2	R\$ 6,68	R\$ 13,36
12	TE M TERMINAL MET PEX DN20X1/2	2	R\$ 9,42	R\$ 18,84
13	TUBO PEX S4 CLASSE2 DN16X1,8X100M	30	R\$ 1,97	R\$ 59,09
14	TUBO PEX S5 CLASSE2 DN20X1,9X100M	118	R\$ 2,49	R\$ 293,74
15	TUBO PEX S5 CLASSE2 DN25X2,3X50M	17	R\$ 3,78	R\$ 64,31
16	KIT FERRAMENTAS MONTAGEM PEX DN16-25	1	R\$ 230,23	R\$ 230,23
17	CONEXAO F MOVEL MET PEX C/ ANEL DN16X1/2	17	R\$ 6,76	R\$ 114,89
18	CONEXAO F MOVEL MET PEX C/ ANEL DN20X1/2	14	R\$ 7,58	R\$ 106,11
			TOTAL	R\$ 1.416,09

Fonte: Amanco (2019)

A metodologia adotada nesta pesquisa consiste na comparação do conjunto de planilhas exposta acima no presente tópico que contem os custos de materiais empregados no apartamento do pavimento tipo. O trabalho analisa e compara não só os custos diretos dos materiais empregados, mas também os custos com a mão de obra envolvida na realização das instalações, como também analisa o tempo empregado pela mão de obra na execução da tarefa em cada um dos sistemas empregados, para entender, desta maneira, os benefícios reais gerados pela introdução de uma inovação tecnológica no sistema hidráulico de uma edificação residencial.

3.3.1 Dados comparativos sistema tradicional

Em relação aos dados adquiridos da literatura que caracterizam o sistema tradicional de execução, composto principalmente por material cobre no caso de sistemas prediais de água quente (Quadro 4), estes foram retirados da tese apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo pelo autor José Carlos Paliari em 2008 com o título Método para prognóstico da produtividade da mão de obra e consumo unitário de materiais: sistemas prediais hidráulicos. Neste trabalho o mesmo autor apresenta estudos de caso em que mostra várias obras residenciais de alto padrão com porte e características que se assemelham a obra que se utiliza do sistema Flextemp e de onde se obteve as planilhas orçamentárias expostas acima.

Quadro 4 - Tipos de material empregado em obras analisadas

Obras	Sistemas prediais					
	Água Fria	Água Quente	Águas Pluviais	Esgoto	Gás	Incêndio
SP0101	Cobre	Cobre	PVC	PVC	Cobre	Cobre
SP0201	PVC	Cobre	PVC	PVC	Cobre	Cobre
SP0301	Cobre	Cobre	PVC	PVC	Cobre	Cobre
SP0401	PVC	-	PVC	PVC	Cobre	Cobre
SP0501	PVC	Cobre	PVC	PVC	Cobre	Cobre
SP0601	PVC	Cobre	PVC	PVC	Cobre	Cobre
SP0701	PVC	Cobre	PVC	PVC	Cobre	Cobre
SP0702	PVC	Cobre	PVC	PVC	Cobre	Cobre
SP0801	PVC	Cobre	PVC	PVC	Cobre	Cobre
SP0901a	PVC	Cobre	PVC	PVC	Cobre	Cobre
SP0901b	PVC	Cobre	PVC	PVC	Cobre	Cobre
SP1001	PPR	PPR	PVC	PVC	Cobre	Cobre
SP1002	PPR	PPR	PVC	PVC	Cobre	Cobre

Fonte: Paliari (2008)

Os dados da produtividade da mão de obra na execução do sistema predial hidráulico em estudo é relativo a 4 obras em que a referida tese mencionada aborda e especifica a questão da produtividade. Tais obras eram localizadas no Estado de São Paulo e nelas foram realizadas visitas em dias úteis de trabalho para as medições e posterior cálculo da produtividade. Os dados provenientes do estudo dizem respeito à equipe direta de oficiais e ajudantes envolvidos na execução dos sistemas prediais de água quente das obras contempladas pela mencionada pesquisa com relação de 1:1.

Ainda em relação aos dados da produtividade, estes são apresentados em valores de RUP Cumulativo, RUP Potencial e Δ RUP da equipe direta de trabalho para as tarefas e subtarefas conforme o detalhamento e a subdivisão dos serviços necessários à execução do sistema observado, e em estudo neste presente trabalho, nas obras analisadas por Paliari (2008) em sua tese.

O prognóstico da quantidade de mão de obra (homens-hora) demandada para o serviço de instalação foi calculado através de dois métodos que, com suas diferenças, possuem valores que variam em relação à produtividade, sendo estes o Método analítico, método proposto por Paliari (2008) com valores expostos na Tabela 4, e o TCPO (2003), cujos valores são mostrados na Tabela 5.

Tabela 4 - Valores de produtividade pelo método analítico

TAREFAS	SUBTAREFAS	Hh/m		
		RUP Pot.	Δ RUP	RUP Cum.
Ramais e sub-ramais paredes in loco	Montagem e chumbamento	0,35	0,15	0,50
Ramais e sub-ramais teto	Montagem da tubulação	0,51	0,26	0,77
-	Média:	0,43	0,21	0,64

Fonte: Paliari (2008)

Tabela 5 - Valores de produtividade pelo TCPO (2003)

TAREFAS	DIÂMETRO (mm)	RUP Cum. (Hh/m)	Soma RUP por DN
Ramais e sub-ramais paredes (Montagem)	15	0,66	0,91
Ramais e sub-ramais paredes (Chumbamento)	15	0,25	
Ramais e sub-ramais paredes (Montagem)	22	0,72	0,97
Ramais e sub-ramais paredes (Chumbamento)	22	0,25	
Ramais e sub-ramais teto	–	0,66	0,66
–	Média RUP Cum.:		0,85

Fonte: Paliari (2008)

Como não se tem nos dados adquiridos da aplicação do material inovador as tarefas e subtarefas, como também seus quantitativos, bem definidos na realização da execução do mesmo, foi feito uma média dos valores de RUP no método analítico, como também um agrupamento dos RUP's das tarefas por diâmetro com posterior média no caso do método TCPO para que fosse possível um único cálculo de homens-hora demandado para a atividade e, com isto, um posterior comparativo com a inovação.

3.4 Parâmetros analisados

3.4.1 Parâmetros *Flextemp x PEX*

Os custos diretos com matérias são evidentes nas Tabelas 2 e 3 destacadas no tópico anterior, muito embora, a comparação direta entre o custo de elementos específicos também foi analisada.

Em relação ao custo de mão de obra para a execução do serviço de instalação, este foi analisado e calculado através do Caderno Técnico de Composição para Instalações Hidráulicas em PEX (tubos e conexões) do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI). O referido caderno trás consigo um grupo de 88 composições de instalações hidráulicas em PEX divididas de acordo com o local de aplicação do material e variando pelo tipo e diâmetro.

O custo da mão de obra foi calculado para cada serviço representado pelos itens presentes na Tabela 3 deste trabalho que contem o quantitativo de material por apartamento tipo para o material PEX. De acordo com o item foi extraído do caderno de composições os coeficientes referentes ao encanador e ao auxiliar de encanador da referida composição que cada item representa. Como exemplo a Quadro 5 a seguir mostra a descrição da composição de custo, com suas unidades e coeficientes, proveniente do caderno técnico para o cálculo do custo de execução da mão de obra no serviço do item 14 da Tabela 3 exposta neste trabalho.

Quadro 5 - Composição analítica de serviço

Código / Seq.	Descrição da Composição	Unidade
02.INHI.APEX.010/01	TUBO, PEX, MONOCAMADA, DN 20, INSTALADO EM RAMAL OU SUB-RAMAL DE ÁGUA – FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_06/2015	M
Código SIPCI		
96795		
Vigência: 06/2015		Última atualização: 08/2017

COMPOSIÇÃO				
Item	Código	Descrição	Unidade	Coeficiente
C	88267	ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,1040
C	88248	AUXILIAR DE ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,0350
I	38825	TUBO MONOCAMADA PEX, DN 20 MM	M	1,0500

Fonte: SINAPI (2017)

Com os coeficientes da mão de obra (encanador e auxiliar de encanador) para o serviço de cada item da Tabela 3, o custo desta foi calculado, pela multiplicação entre os respectivos coeficientes e os valores do serviço do encanador e de seu auxiliar, com a posterior multiplicação do somatório desses valores pela quantidade de material de cada item, tendo-se, com isto, o custo desta mão de obra para cada item da referida tabela e ao final o custo total da execução. Os valores do serviço de encanador e de auxiliar de encanador, expostos na Tabela 6 a seguir, foram retirados da tabela de preço de insumo 026.1 da Secretaria da Infraestrutura do Estado do Ceará (SEINFRA), pelo fato de esta ser uma fonte

de referência de preço de insumos local, garantindo uma maior veracidade aos valores encontrados.

Tabela 6 - Valores do serviço de encanador e de auxiliar de encanador

Mão de obra	Preço (Homem/hora)
Encanador	R\$ 17,83
Auxiliar de encanador	R\$ 14,52

Fonte: SEINFRA (2019)

Diante do custo com a mão de obra para o material PEX a mesma proporcionalidade percentual entre custo de material e mão de obra foi aplicada para a linha Flextemp, tendo-se com isto o custo da execução do serviço com esta linha. Neste cálculo do custo do serviço de instalação do sistema para a inovação estudada, ainda foi levado em consideração o depoimento dos executores sobre a produtividade na montagem das tubulações. Ao final foi analisado o custo total (material e mão de obra) de cada linha (Flextemp x PEX) para os 69 apartamentos da obra de onde provem os dados e, com isto, verificar a economia total para o empreendimento em estudo.

3.4.2 Parâmetros Flextemp x cobre

O comparativo entre a inovação tecnológica, representada neste estudo pela linha Flextemp, e o método tradicional de execução, representado pela utilização do material cobre, foi analisado através da quantidade de homens-hora demandado na execução da instalação com a utilização dos dois diferentes materiais.

O cálculo da quantidade de homens-hora para o sistema tradicional foi feito pelo método analítico e pelo TCPO (2003), através da quantidade de serviço (Qs) retirado da Tabela 2, representada pelos metros de tubulação utilizados para a execução do mesmo serviço de instalação do sistema predial de água quente feito com a inovação em estudo, e com os dados de produtividade expostos nas tabelas 4 e 5.

Para a produtividade e quantidade de homens-hora demandada na execução do sistema predial com a inovação foi considerado o depoimento dos executores do serviço que realizaram em obra a utilização da linha Flextemp. Esta quantidade de homens-hora refere-se aos funcionários responsáveis como: a quantidade de funcionários oficiais especializados e ajudantes envolvidos na execução do sistema hidráulico, sendo computado nesta contagem tanto a quantidade de horas trabalhadas como também o tempo que os operários estão disponíveis para a execução da atividade.

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Após a identificação e estudo dos três diferentes materiais e métodos escolhidos e possíveis de serem empregados nas instalações hidráulicas, começou-se o trabalho com os dados encontrados que representam a aplicação dos devidos materiais e métodos.

Desta forma, neste capítulo serão apresentadas comparações entre três diferentes materiais e métodos, expondo não só os custos diretos dos materiais empregados, mas também os custos com a mão de obra envolvida na realização das instalações, como também à análise do tempo empregado pela mão de obra na execução das tarefas em cada um dos sistemas empregados, para entender, desta maneira, os benefícios reais gerados pela introdução de uma inovação tecnológica no sistema hidráulico de uma edificação residencial.

Como foi descrito na metodologia, alguns parâmetros em específico foram analisados entre os diferentes materiais e métodos e que serão mostrados no decorrer do desenvolvimento deste tópico. Por fim, tal análise foi feita entre a linha Flextemp e o sistema PEX e também entre a linha Flextemp e o sistema tradicional em cobre.

4.1 Linha Flextemp x PEX

Nesse comparativo entre a linha Amanco Flextemp, inovação que trás como característica um sistema de montagem mais ágil, e o sistema PEX, também considerado um material inovador que trouxe a flexibilidade para as instalações, será mostrado a economia gerada na utilização do Flextemp em relação ao PEX, além das considerações feitas em relação ao custo de mão de obra e de tempo de execução para se chegar a tais resultados que tem como influencia as características apresentadas por estas matérias.

Primeiramente, os custos diretos com matérias são evidentes nas Tabelas 2 e 3 destacadas em tópico anterior. Em relação ao custo de mão de obra, os valores do serviço de encanador e de auxiliar de encanador foram retirados da tabela de preço de insumo 026.1 da SEINFRA. Estes valores compõem o cálculo do custo de mão de obra feito através do Caderno Técnico de Composição para Instalações Hidráulicas em PEX (tubos e conexões) do SINAPI. O custo da mão de obra para a execução de cada serviço representado pelos itens presentes na Tabela 3 foram calculados conforme mostra a Tabela 7 a seguir, em que é mostrado o cálculo do custo de execução do serviço do item 14 da referida tabela. O cálculo de todos os itens com o valor geral do custo de mão de obra para o sistema PEX encontra-se exposto no Apêndice A.

Tabela 7 - Cálculo do custo de execução do serviço

Item 14 - TUBO PEX S5 CLASSE2 DN20X1,9X100M						
Mão de obra	Unidade	Coef.-SINAPI	Preço	Total	Quant. Item	Total Item
Encanador	H	0,1040	R\$ 17,83	1,8543	-	-
Auxiliar de encanador	H	0,0350	R\$ 14,52	0,5082	-	-
Soma:				2,3625	118	R\$ 278,78

Fonte: Elaborado pelo autor.

Diante do custo total com a mão de obra de execução para o material PEX no valor de 1036,07 reais, a mesma proporcionalidade percentual entre custo de material e mão de obra foi aplicada para a linha Flextemp, já que não se possui composições de custo para essa linha. Diante disto, a Tabela 8 abaixo mostra o custo com material e o custo com mão de obra para os dois materiais e a referida proporção desses custos no custo total.

Tabela 8 - Custo material e mão de obra (PEX x Flextemp)

	PEX	Flextemp	Percentual(%)
Material	R\$ 1.416,09	R\$ 1.519,04	57,75
Mão de obra	R\$ 1.036,07	R\$ 1.111,40	42,25
Total	R\$ 2.452,16	R\$ 2.630,44	100

Fonte: Elaborado pelo autor.

No cálculo do custo do serviço de instalação do sistema para a inovação estudada (Linha Amanco Flextemp), ainda foi levado em consideração o depoimento dos executores sobre a produtividade na montagem das tubulações, com a aplicação de um percentual sobre o custo de mão de obra da inovação em estudo. A aplicação desse fator sobre o custo de execução do Flextemp leva em consideração o tempo de execução da tubulação em relação ao PEX de acordo com depoimento de funcionários. A Tabela 9 abaixo mostra a aplicação do percentual sobre a mão de obra, de acordo com a produtividade de execução da instalação, e mostra o total dos custos por apartamento.

Tabela 9 - Cálculo da mão de obra de acordo com a produtividade pelo depoimento de funcionários

	Material	Mão de obra	M.O Flextemp (17%)	Serviço por apto
PEX	R\$ 1.416,09	R\$ 1.036,07		R\$ 2.452,16
Flextemp	R\$ 1.519,04	R\$ 1.111,40	R\$ 188,94	R\$ 1.707,98
Considerando o depoimento de funcionários em campo, estes afirmam que utilizam 40 minutos para a montagem da tubulação utilizando a linha Flextemp, os mesmo afirmam que seriam necessários 240 minutos para fazer o mesmo apto utilizando o PEX, ou seja, com a linha Flextemp se utiliza de 17% do tempo necessário para a execução com o PEX				

Fonte: Elaborado pelo autor.

Ao final foi analisado o custo total de cada linha (Flextemp x PEX) aplicada aos 69 apartamentos da obra de onde provem os dados e, com isto, expor a economia total para o empreendimento em estudo com a aplicação da inovação como mostra a Tabela 10 a seguir.

Tabela 10 - Economia

CONCLUSÃO DE CAMPO		
CUSTO INSTALAÇÃO PARA ÁGUA QUENTE	APTO TIPO	69 APTO TIPOS
INSTALAÇÃO EM PEX POR APARTAMENTO	R\$ 2.452,16	R\$ 169.199,10
INSTALAÇÃO EM FLEXTemp POR APARTAMENTO	R\$ 1.707,98	R\$ 117.850,39
	ECONOMIA	R\$ 51.348,71

Fonte: Elaborado pelo autor.

A comparação direta entre o custo unitário de elementos específicos, tubos de diâmetro nominais semelhantes, também foi analisada, sendo notável o maior valor agregado ao material da linha Flextemp em relação ao material PEX como mostra a Tabela 11 logo abaixo. Embora o custo de material seja mais elevado, os benefícios gerados com produtividade de execução e economia são notórios na utilização da inovação.

Tabela 11 - Comparativo custo unitário de materiais

COMPARATIVO DE CUSTO ENTRE ITENS TUBOS PEX x FLEXTEMP		DIFER. %
TUBO PEX S4 CLASSE2 DN16X1,8X100M	R\$ 1,97	
TUBO FLEXTEMP BOBINA DN 15X100M	R\$ 2,39	21,43%
TUBO PEX S5 CLASSE2 DN20X1,9X100M	R\$ 2,49	
TUBO FLEXTEMP BOBINA DN 22X50M	R\$ 4,11	65,19%
TUBO PEX S5 CLASSE2 DN25X2,3X50M	R\$ 3,78	
TUBO FLEXTEMP BOBINA DN 28X50M	R\$ 6,66	76,02%

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.2 Linha Flextemp x cobre

Nesse comparativo entre a linha Amanco Flextemp, inovação que trás como característica um sistema de montagem mais ágil e de tubulação flexível, e o Cobre, considerado um material que caracteriza o sistema tradicional de execução das instalações de água quente, será mostrado a economia gerada na utilização do Flextemp em relação ao cobre pela quantidade de homens-hora (Hh) demandados na execução da instalação com a utilização dos dois diferentes materiais. Tanto o tempo de execução do serviço de instalação como a economia gerada de Hh demandados tem como influencia as diferentes características apresentadas por estes dois matérias.

A quantidade de serviço (Qs) retirado da Tabela 2 e utilizado para se obter a quantidade de Hh, representada pelos metros de tubulação utilizados para a execução do mesmo serviço de instalação do sistema predial de água quente feito com a inovação em estudo, como mostra a Tabela 12 logo abaixo, é o multiplicador da média dos RUP's Cumulativos (produtividade do sistema em cobre).

Tabela 12 - Quantidade de serviço

Qs	Diâmetro da Tubulação
30 m	TUBO FLEXTEMP BOBINA DN 15X100M
118 m	TUBO FLEXTEMP BOBINA DN 22X50M
17 m	TUBO FLEXTEMP BOBINA DN 28X50M

Fonte: Elaborado pelo autor.

O cálculo da quantidade de Hh para o sistema tradicional em cobre feito pelo método analítico e pelo TCPO (2003) é mostrado, respectivamente, nas Tabelas 13 e 14 a seguir.

Tabela 13 - Método analítico de prognóstico da quantidade de homens-hora demandados

TAREFAS	SUBTAREFAS	Hh/m			Qs (m)	Hh
		RUP Pot.	Δ RUP	RUP Cum.		
Ramais e sub-ramais paredes in loco	Montagem e chumbamento	0,35	0,15	0,50	-	-
Ramais e sub-ramais teto	Montagem da tubulação	0,51	0,26	0,77	-	-
-	Média:	0,43	0,21	0,64	165	104,78

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 14 - Prognóstico aplicando TCPO (2003) para cálculo da quantidade de homens-hora demandados

TAREFAS	DIÂMETRO (mm)	RUP Cum. (Hh/m)	Soma RUP por DN	Qs (m)	Hh
Ramais e sub-ramais paredes (Montagem)	15	0,66	0,91	-	-
Ramais e sub-ramais paredes (Chumbamento)	15	0,25		-	-
Ramais e sub-ramais paredes (Montagem)	22	0,72	0,97	-	-
Ramais e sub-ramais paredes (Chumbamento)	22	0,25		-	-
Ramais e sub-ramais teto	-	0,66	0,66	-	-
-	Média RUP Cum.:		0,85	148	125,31

Fonte: Elaborado pelo autor.

A quantidade de serviço diferente nos dois métodos se dá pelo fato do método TCPO (2003) não abranger tubos com diâmetro nominal de 28 milímetros.

Para a quantidade de Hh demandada na execução do sistema predial com a inovação, foi considerado o depoimento dos executores do serviço que realizaram em obra a utilização da linha Flextemp. No depoimento os mesmos afirmam que com a utilização da linha leva-se 40 minutos para realizar a instalação da tubulação de água quente por apartamento. Já no sistema tradicional, levando-se em consideração a relação 1:1, correspondendo ao encanador e seu ajudante, tem-se 52,39 horas demandadas para o Método analítico e 62,66 horas demandadas para método TCPO.

5 CONCLUSÕES

A análise realizada neste trabalho permitiu um conhecimento mais aprofundado sobre a introdução de uma inovação tecnológica na construção civil, em específico na área de instalações hidrossanitárias. Tal análise proporcionou comparações entre os diferentes materiais e métodos selecionados, tendo como resultado os impactos positivos da introdução de uma tecnologia sobre os custos diretos de produção, como de materiais empregados e de mão de obra envolvida na execução das instalações hidráulicas em estudo, e também sobre a produtividade da referida mão de obra na montagem das tubulações.

A influência de uma tecnologia construtiva inovadora sobre os custos de produção direta em uma obra de edifício residencial, contemplando materiais e mão de obra empregada, gera uma economia final expressiva que provem principalmente das características do material ou sistema inovador. No caso da linha em estudo (Linha Amanco Flextemp), esta trás ao sistema de instalações hidráulicas da construção civil uma maior agilidade ao sistema de montagem das tubulações, característica esta que influencia a produtividade da mão de obra e com isto, racionaliza a utilização deste insumo. Embora inicialmente, devido ao maior valor agregado, os custos com materiais e equipamentos sejam mais elevados em relação a outras soluções e até mesmo em relação a um sistema tradicional de execução, a aplicação de uma inovação como no caso da linha Flextemp trás benefícios posteriores. Estes benefícios são notáveis durante a execução com maior produtividade, necessitando, com isso, de menos mão de obra empregada na montagem das tubulações e durante a manutenção, pela durabilidade, facilidade de troca, segurança dentre outras características que conferem a inovação como uma vantagem competitiva.

A produtividade da mão de obra com a utilização da inovação promovida pela Amanco e em estudo neste trabalho é expressiva e muito superior à produtividade utilizando-se o sistema tradicional das instalações em cobre para água quente, que configura um sistema antigo e considerado tradicional com vários problemas que caracterizam sua execução. Esse sistema tradicional é caracterizado pela grande quantidade de homens-hora demandados na execução das instalações, como é demonstrado no tópico anterior pelo cálculo dessa quantidade demandada tanto pelo método analítico como pelo TCPO, ambos resultando em um prognóstico elevado de homens-hora demandados. Já o sistema com a inovação da linha Flextemp necessita de uma quantidade de mão de obra muito abaixo da observada no prognóstico do sistema tradicional, verificando-se, dessa forma, o incremento de

produtividade e de racionalização na indústria da construção civil com a utilização de inovações tecnológicas.

Futuros trabalhos, como um estudo de caso mais detalhado sobre a produtividade nas instalações que se utilizam de novos sistemas, seriam importantes para complementar os conhecimentos sobre os impactos positivos da industrialização da construção com a implementação de inovações tecnológicas. Outros trabalhos com uma coleta de dados em campo utilizando-se do RUP como medida da eficiência da produção, além de uma análise dos fatores influenciadores que conferem a utilização da inovação uma maior produtividade, contestando ainda mais a utilização do sistema arcaico e ineficaz que ainda perdura na indústria da construção, aumentaria o universo do conhecimento sobre a utilização de diversas inovações disponíveis no mercado e estimularia, com isto, sua utilização.

Dessa forma, este trabalho deseja contribuir com o esclarecimento da importância da aplicação de inovações tecnológicas nas instalações hidrossanitárias e sua influência sobre a produtividade da mão de obra, além da racionalização e economia gerada pela sua utilização, destacando o quanto a implantação das novas técnicas construtivas são importantes para a evolução do processo construtivo no Brasil.

REFERÊNCIAS

- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8160: Sistemas Prediais de esgoto sanitário- Projeto e execução.** Rio de Janeiro, 1999.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5626: Instalação Predial de água fria.** Rio de Janeiro, 1998.
- AMORIM, Sérgio Leusin de. **Inovações tecnológicas nas edificações:** papéis diferenciados para construtores e fornecedores. *Gestão & Produção*, Niterói, RJ, v. 3, n. 3, p.262-274, dez. 1996.
- ARAÚJO, Luís Otávio Cocito de. **Produtividade da mão-de-obra na execução de alvenaria:** detecção e quantificação de fatores influenciadores / L.O.C. de Araújo, U.E.L. de Souza. – São Paulo: EPUSP, 2001. 24 p. – (Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil, BT/PCC/269).
- ARO, C.R. ; AMORIM, S.V. **As inovações tecnológicas no processo de produção dos sistemas prediais hidráulicos e sanitários.** Brasil – São Paulo, SP. 2004. I Conferência Latino-Americana de Construção Sustentável, X Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 18-21 de julho.
- AZUMA, Fabíola et al. Inovação tecnológica: técnicas e ferramentas aplicadas ao projeto de edificações. **Revista Produção On Line**, Florianópolis, v. 7, n. 3, p.1-17, nov. 2007.
- BORSATO, Filipe Talamini; BACK, Nestor. **Avaliação dos fatores que influenciam na qualidade de execução dos sistemas hidrossanitários.** 2015. 18 f. Artigo (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Unesc – Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2015.
- BRUNA, P. Arquitetura, industrialização e desenvolvimento. São Paulo: EDUSP/Perspectiva, 1976. Coleção Debates, número 135.
- COELHO, Ronaldo Sérgio de Araújo. **Método para estudo da produtividade da mão-de-obra na execução de alvenaria e seu revestimento em ambientes sanitários.** 2003. 189 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, São Luís, 2003.
- CONSTRUÇÃO E MERCADO: Negócios de Incorporação e Construção Civil, ano. 67, n. 158. São Paulo, PINI: 2014.
- Creder, Hélio 1926-2005. *Instalações Hidráulicas e Sanitárias* / Hélio Creder. 6º edição- Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 2006.
- FABRICIO, Márcio Minto. **Industrialização das construções:** Revisão e atualização de conceitos. 2013. Disponível em:

<https://www.researchgate.net/publication/258232580_Industrializacao_das_construcoes_revisao_e_atualizacao_de_conceitos>. Acesso em: 12 jun. 2019.

FARIA, R. Industrialização econômica. Revista TÉCNE 136 Julho de 2008. Disponível em <<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/136/capa-industrializacao-economica-286523-1.aspx>> Acesso em: 05 de Junho de 2019.

FARIA, R. Padrões de desempenho. Revista TÉCNE 134 Maio de 2008.

FERREIRA, Augusto Sendtko. **Estudo comparativo de sistemas construtivos industrializados: paredes de concreto, steel frame e wood frame**. 2014. 62 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2014.

FRANCKLIN JUNIOR, Ivan; AMARAL, Tatiana Gondim do. **Inovação tecnológica e modernização na indústria da construção civil**. Ciência Et Praxis, Belo Horizonte, v. 1, n. 2, p.11-16, jul. 2008.

GAVRAS, Douglas. **Déficit habitacional é record no País**: Para suprir a demanda por moradia na próxima década, seria necessário construir 1,2 milhão de imóveis por ano, apontalevantamento.2019.Disponívelem:<https://economia.estadao.com.br/noticias/gera_l,deficit-habitacional-e-recorde-no-pais,70002669433 > Acesso em: 06 jun. 2019.

ÍRIA DONIAK (Brasil). Associação Brasileira da Construção Industrializada de Concreto (ABCIC). **A tecnologia na construção civil e seus desdobramentos**. 2018. Disponível em: <<https://blog.belgobekaert.com.br/a-tecnologia-na-construcao-civil-e-seus-desdobramentos/>>. Acesso em: 15 mai. 2019.

LOTURCO, Bruno. **Construção e Mercado**: Negócios de Incorporação e Construção Civil, ano. 67, n. 158. São Paulo, PINI: 2014.

LOTURCO, Bruno. “**Industrialização plástica**”. Revista Técnica. São Paulo: Paulo Kiss, 2008, Maio,16: 80 páginas.

MACINTYRE, Archibald Joseph. **Instalações Hidráulicas Prediais e Industriais**. 3ªedição Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S.A. ,1996.

MARTINS, Pedro Manuel Lourenço. **Avaliação da produtividade na construção no Brasil**: o modelo de estratificação. 2013. 110 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil, Universidade do Porto, Porto (PORTUGAL), 2013.

MASINI, Helcio. Avaliação do uso de válvulas de admissão de ar em substituição ao sistema de ventilação convencional em sistemas prediais de esgotos sanitários / H. Masini, O.M. Gonçalves. São Paulo: EPUSP, 1999. 12 p. -- (Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil, BT/PCC/244).

MATOS, A. O. **Planejamento Operacional Para Execução dos Sistemas Prediais Hidráulicos, Sanitários e de Gás Combustível**. 173 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos – SP, 2011.

MATOS, A.O.; PALIARI, J.C. **Produtividade na execução de sistemas prediais hidráulicos e sanitários utilizando pré-montagem das tubulações**. Brasil – Canela, RS. 2010. XIII ENTAC – Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construtivo, 6-8 de outubro.

MELHADO, Silvio Burrattino. **Gestão, cooperação e integração para um novo modelo voltado à qualidade do processo de projeto na construção de edifícios**. 2001. 254 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

MOREIRA, D. A. **Os benefícios da produtividade industrial**. São Paulo: Pioneira, 1994.

MOREIRA, Gabriela Lúcia Andrade. **Inovação tecnológica e aplicação de novos sistemas construtivos nas instalações hidráulicas e sanitárias**. 2010. 50 f. TCC (Graduação) - Curso de Graduação em Engenharia Civil, Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.

MOURA, Rafael de Sousa Leal Martins. **Catálogo de Inovações Tecnológicas na Construção Civil**. 2015. 214 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2015.

PALIARI, José Carlos. **Método simplificado para prognóstico do consumo unitário de materiais e da produtividade da mão-de-obra: sistemas prediais hidráulicos**. - São Paulo: EPUSP, 2008. 29 p. - (Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil, BT/PCC/502).

PALIARI, J. C. **Método para prognóstico da produtividade da mão-de-obra e consumo unitário de materiais: sistemas prediais hidráulicos**. Volume 1. 2008. 321 f. Tese (Doutorado em Engenharia), Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

PALIARI, J. C. **Método para prognóstico da produtividade da mão-de-obra e consumo unitário de materiais: sistemas prediais hidráulicos**. Volume 2. 2008. 375 f. Tese (Doutorado em Engenharia), Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

PULZATTO, Márcia Padovam. **A adoção de novas tecnologias construtivas na produção de edifícios**. 2005. 189 f. Monografia (Especialização) - Curso de M.b.a, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

SOUZA, U. E. L. de. **Como aumentar a eficiência da mão-de-obra: manual de gestão da produtividade na construção civil**. 3 ed. São Paulo: PINI Ltda., 2006.

TCPO 2003: Tabelas de composições de preço para orçamento. 12 ed. São Paulo. PINI, 2003.

THOMAS, H. R.; YIAKOUMIS, I. **Factor model of construction productivity**.

Journal of Construction Engineering and Management, v.113, n.4, p.623-639,1987.

THOMAS, H.R.; SMITH, G.R. **Loss of construction labor productivity due to inefficiencies and disruptions**: the weight of expert. State College, , Pennsylvania Transportation Institute Report, 1990. 181p.

Catálogos Técnicos

Amanco

Astra

APÊNDICE A – CÁLCULO DO VALOR GERAL DO CUSTO DE MÃO DE OBRA PARA O SISTEMA PEX (COMPOSIÇÃO SINAPI – CAIXA ECONÔMICA FEDERAL).

Valores de custo de mão de obra em reais.

COMPOSIÇÃO SINAPI - CAIXA ECONÔMICA FEDERAL PARA MÃO DE OBRA DO MATERIAL PEX

Item 1 - TE MET PEX DN16						
Mão de obra	Unidade	Coef.-SINAPI	Preço	Total	Quant. Item	Total Item
Encanador	H	0,2990	17,83	5,3312	-	-
Auxiliar de encanador	H	0,1000	14,52	1,4520	-	-
			Soma:	6,7832	2	13,5663
Item 2 - TE MET PEX DN20						
Mão de obra	Unidade	Coef.-SINAPI	Preço	Total	Quant. Item	Total Item
Encanador	H	0,3550	17,83	6,3297	-	-
Auxiliar de encanador	H	0,1180	14,52	1,7134	-	-
			Soma:	8,0430	6	48,2581
Item 3 - TE RED MET PEX DN16X20X16						
Mão de obra	Unidade	Coef.-SINAPI	Preço	Total	Quant. Item	Total Item
Encanador	H	0,6420	17,83	11,4469	-	-
Auxiliar de encanador	H	0,2140	14,52	3,1073	-	-
			Soma:	14,5541	6	87,3248
Item 4 - TE RED MET PEX DN20X16X20						
Mão de obra	Unidade	Coef.-SINAPI	Preço	Total	Quant. Item	Total Item
Encanador	H	0,3550	17,83	6,3297	-	-
Auxiliar de encanador	H	0,1180	14,52	1,7134	-	-
			Soma:	8,0430	3	24,1290
Item 5 - JOELHO MET PEX DN20						
Mão de obra	Unidade	Coef.-SINAPI	Preço	Total	Quant. Item	Total Item
Encanador	H	0,2660	17,83	4,7428	-	-
Auxiliar de encanador	H	0,0890	14,52	1,2923	-	-
			Soma:	6,0351	36	217,2622

Item 6 - JOELHO M TERMINAL MET PEX DN20X1/2						
Mão de obra	Unidade	Coef.-SINAPI	Preço	Total	Quant. Item	Total Item
Encanador	H	0,2660	17,83	4,7428	-	-
Auxiliar de encanador	H	0,0890	14,52	1,2923	-	-
			Soma:	6,0351	4	24,1402
Item 7 - JOELHO F BASE FIXA LGO MET PEX DN20X1/2						
Mão de obra	Unidade	Coef.-SINAPI	Preço	Total	Quant. Item	Total Item
Encanador	H	0,2660	17,83	4,7428	-	-
Auxiliar de encanador	H	0,0890	14,52	1,2923	-	-
			Soma:	6,0351	4	24,1402
Item 8 - CONECTOR MACHO MET DN16x1/2 PEX						
Mão de obra	Unidade	Coef.-SINAPI	Preço	Total	Quant. Item	Total Item
Encanador	H	0,1500	17,83	2,6745	-	-
Auxiliar de encanador	H	0,0500	14,52	0,7260	-	-
			Soma:	3,4005	2	6,8010
Item 9 - CONECTOR MACHO MET DN20x1/2 PEX						
Mão de obra	Unidade	Coef.-SINAPI	Preço	Total	Quant. Item	Total Item
Encanador	H	0,1770	17,83	3,1559	-	-
Auxiliar de encanador	H	0,0590	14,52	0,8567	-	-
			Soma:	4,0126	14	56,1763
Item 10 - CONECTOR FIXO F MET DN20X3/4 PEX						
Mão de obra	Unidade	Coef.-SINAPI	Preço	Total	Quant. Item	Total Item
Encanador	H	0,1770	17,83	3,1559	-	-
Auxiliar de encanador	H	0,0590	14,52	0,8567	-	-
			Soma:	4,0126	2	8,0252
Item 11 - CONECTOR FIXO F MET DN25X3/4 PEX						
Mão de obra	Unidade	Coef.-SINAPI	Preço	Total	Quant. Item	Total Item
Encanador	H	0,2120	17,83	3,7800	-	-
Auxiliar de encanador	H	0,0710	14,52	1,0309	-	-
			Soma:	4,8109	2	9,6218
Item 12 - TE M TERMINAL MET PEX DN20X1/2						
Mão de obra	Unidade	Coef.-SINAPI	Preço	Total	Quant. Item	Total Item
Encanador	H	0,3550	17,83	6,3297	-	-
Auxiliar de	H	0,1118	14,52	1,6233	-	-

encanador						
			Soma:	7,9530	2	15,9060
Item 13 - TUBO PEX S4 CLASSE2 DN16X1,8X100M						
Mão de obra	Unidade	Coef.-SINAPI	Preço	Total	Quant. Item	Total Item
Encanador	H	0,0880	17,83	1,5690	-	-
Auxiliar de encanador	H	0,0290	14,52	0,4211	-	-
			Soma:	1,9901	30	59,7036
Item 14 - TUBO PEX S5 CLASSE2 DN20X1,9X100M						
Mão de obra	Unidade	Coef.-SINAPI	Preço	Total	Quant. Item	Total Item
Encanador	H	0,1040	17,83	1,8543	-	-
Auxiliar de encanador	H	0,0350	14,52	0,5082	-	-
			Soma:	2,3625	118	278,7774
Item 15 - TUBO PEX S5 CLASSE2 DN25X2,3X50M						
Mão de obra	Unidade	Coef.-SINAPI	Preço	Total	Quant. Item	Total Item
Encanador	H	0,1250	17,83	2,2288	-	-
Auxiliar de encanador	H	0,0420	14,52	0,6098	-	-
			Soma:	2,8386	17	48,2560
Item 16 - KIT FERRAMENTAS MONTAGEM PEX DN16-25						
Mão de obra	Unidade	Coef.-SINAPI	Preço	Total	Quant. Item	Total Item
Encanador	H		17,83	0,0000	-	-
Auxiliar de encanador	H		14,52	0,0000	-	-
			Soma:	0,0000		0,0000
Item 17 - CONEXAO F MOVEL MET PEX C/ ANEL DN16X1/2						
Mão de obra	Unidade	Coef.-SINAPI	Preço	Total	Quant. Item	Total Item
Encanador	H	0,1500	17,83	2,6745	-	-
Auxiliar de encanador	H	0,0500	14,52	0,7260	-	-
			Soma:	3,4005	17	57,8085
Item 18 - CONEXAO F MOVEL MET PEX C/ ANEL DN20X1/2						
Mão de obra	Unidade	Coef.-SINAPI	Preço	Total	Quant. Item	Total Item
Encanador	H	0,1770	17,83	3,1559	-	-
Auxiliar de encanador	H	0,0590	14,52	0,8567	-	-
			Soma:	4,0126	14	56,1763
Valor Geral M.O. :						1036,07