

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

**ANÁLISE DA ATIVIDADE E IDENTIFICAÇÃO DE FATORES DE MELHORIA NA
CONSTRUTIBILIDADE E SEGURANÇA OCUPACIONAL EM EDIFICAÇÕES**

LUANA LEAL FERNANDES ARAÚJO

JOÃO PESSOA

2018

LUANA LEAL FERNANDES ARAÚJO

**ANÁLISE DA ATIVIDADE E IDENTIFICAÇÃO DE FATORES DE MELHORIA NA
CONSTRUTIBILIDADE E SEGURANÇA OCUPACIONAL EM EDIFICAÇÕES**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal da Paraíba, como requisito para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia de Produção.

Orientadora: Prof.^a Ds.^a. Maria Christine Werba Saldanha

JOÃO PESSOA

2018

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

A663a Araújo, Luana Leal Fernandes.

ANÁLISE DA ATIVIDADE E IDENTIFICAÇÃO DE FATORES DE
MELHORIA NA CONSTRUTIBILIDADE E SEGURANÇA OCUPACIONAL
EM EDIFICAÇÕES / Luana Leal Fernandes Araújo. - João
Pessoa, 2018.

166 f. : il.

Orientação: Maria Christine Werba Saldanha.
Dissertação (Mestrado) - UFPB/CT.

1. análise da atividade. 2. construtibilidade. 3.
edificações. 4. ergonomia de concepção. 5. gestão de
projeto. 6. segurança ocupacional. I. Saldanha, Maria
Christine Werba. II. Título.

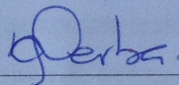
UFPB/BC

ANÁLISE DA ATIVIDADE E IDENTIFICAÇÃO DE FATORES DE MELHORIA NA
CONSTRUTIBILIDADE E SEGURANÇA OCUPACIONAL EM EDIFICAÇÕES

LUANA LEAL FERNANDES ARAÚJO

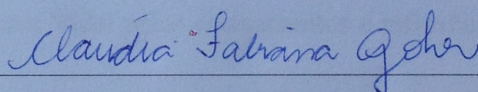
Esta dissertação foi julgada e aprovada em sua forma final para obtenção do grau de mestre
em engenharia de produção pelo programa de pós-graduação em engenharia de produção da
Universidade Federal da Paraíba.

João Pessoa, 29 de agosto de 2018.



Prof.a Dra Maria Christine Werba Saldanha
(orientadora)

Universidade federal da Paraíba



Prof.a. Dra. Cláudia Fabiana Gohr
(Examinadora Interna)

Universidade Federal Da Paraíba

Prof. Dr. Ricardo José Matos de Carvalho
(Examinador Externo)

Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Mario Cesar Rodríguez Vidal
(Examinador Externo)

Universidade Federal do Rio de Janeiro

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus por ser o meu sustento e providência em todos os dias de minha vida. Guiando os meus passos, abrindo portas, estando ao meu lado e me concedendo a graça de novas oportunidades de amadurecimento na fé.

Quero agradecer à minha família pelo apoio incondicional que me deram especialmente aos meus pais Danilo e Luciana por sempre acreditarem em mim e minha irmã Daiana pelo consolo e parceria nas alegrias e dificuldades.

Agradeço a minha orientadora, Prof.a. Dra. Maria Christine Werba Saldanha, por toda a paciência, empenho, dedicação e incentivo com que sempre me orientou neste trabalho e em todos outros que realizamos durante o mestrado. Muito obrigada por me ter corrigido quando necessário, me motivando e mostrando habilidades em mim que nem eu mesma conhecia.

Minha gratidão aos professores que compuseram a banca examinadora desse trabalho que gentilmente contribuíram desde o projeto de defesa com sua melhoria. Professora Cláudia Fabiana Gohr que aceitou compor a banca avaliadora contribuir fortemente para o desenvolvimento do trabalho e também pela troca de experiências ao longo de todo o caminho no PPGEp. Ao professor Ricardo Matos pelas contribuições e momentos compartilhados. Ao professor Mario Cesar Rodríguez Vidal pelos ensinamentos e reflexões acerca da Ergonomia e neste trabalho.

Aos trabalhadores, mestre de obra, engenheiro e projetistas participantes da pesquisa que foram tão solícitos em ceder seu tempo para contribuir com o estudo de caso e essenciais para a realização deste trabalho.

Desejo igualmente agradecer a todos os meus colegas de turma, professores e equipe de funcionários do Mestrado em Engenharia de Produção da UFPB por compartilhar as angústias do dia a dia. Também aos professores e colegas do GREPE-UFRN e da COPPE-UFRJ com os quais tive oportunidade de conviver durante as Jornadas de Ergonomia.

Agradeço a Thomas Cristanis pela paciência, carinho e estímulo para ter forças na reta final deste trabalho. Agradeço a todos meus amigos e amigas pela compreensão nos momentos de ausência, me ajudar a recuperar as forças nos momentos de descanso e por comemorarem comigo cada vitória. Em nome de Janaína Lucia e José Costa agradeço a todos os membros da comunidade Católica Nova Berith por se fazerem presentes em todos e mais um momento importante de minha vida. Por fim, a todos aqueles que contribuíram, direta ou indiretamente, para a realização desta dissertação, o meu sincero agradecimento.

RESUMO

O setor da construção civil destaca-se por sua representatividade na economia e absorção de mão de obra. Entretanto, os indicadores de acidentes do trabalho nesse setor apresentam níveis elevados, tanto no Brasil como em outros países. Observa-se, na literatura científica disponível, que há uma relação entre o nível de construtibilidade existente em uma construção e a qualidade da obra, a produtividade, a eficiência, o desperdício, o orçamento e a segurança ocupacional. Para que melhorias nesses aspectos sejam alcançadas, pesquisas indicam que é necessária a integração entre os diversos profissionais envolvidos nas etapas da execução do projeto. Sob a perspectiva da ergonomia participativa e de concepção, ressalta-se que sua abordagem considera o envolvimento dos diversos integrantes do processo, utilizando a experiência destes profissionais na concepção e incorporando as necessidades da situação de trabalho identificadas através da análise da atividade. Este trabalho tem como objetivo identificar os aspectos projetuais, organizacionais e tecnológicos que influenciam na segurança e construtibilidade na atividade de execução da estrutura de concreto armado de uma edificação de múltiplos pavimentos. A coleta de dados foi realizada através da aplicação de métodos observacionais e de métodos interacionais, como a utilização de ação conversacional, verbalizações e questionário, tendo como sujeitos participantes o mestre de obra, engenheiro de obra, projetista estrutural e arquiteto. Buscou-se com esses métodos identificar a relação entre a construtibilidade e a segurança do trabalho durante a execução da obra, especificamente em 3 situações características: viga para fixação de vidros na fachada, console dos pilares do subsolo, térreo e mezanino e, pilar em L. O tratamento dos dados se deu através de uma matriz de inclusão de comentários, que foram classificados por categorias pertinentes para análise e discussão. A pesquisa permitiu identificar que os aspectos projetuais se referem à colaboração entre projetistas na concepção dos projetos, compatibilização de projetos intercomplementares, busca de simplificação do elemento de projeto e desenvolvimento de soluções. Os aspectos organizacionais que favoreceram as melhorias em construtibilidade e segurança ocupacional acontecem através da manutenção de equipes ao longo dos anos, da colaboração entre os projetistas e executores e da acumulação de conhecimento a partir de outras experiências no processo de projeto e execução. Verificou-se também que a estratégia de manter as equipes de projeto e de execução facilita a comunicação entre os profissionais, otimiza o processo de compatibilização do projeto e auxilia a criação de memória técnica, permitindo antecipar soluções em termos de construtibilidade na fase de projeto. Os aspectos tecnológicos repercutiram em melhorias relativas à segurança ocupacional na aceleração da produção, na diminuição do ciclo de produção, na melhor eficiência do processo construtivo, na eliminação de operações intermediárias e na minimização ou eliminação dos riscos de acidentes existentes antes das medidas de construtibilidade adotadas.

Palavras-chave: análise da atividade; construtibilidade; edificações; ergonomia de concepção; gestão de projeto; segurança ocupacional.

ABSTRACT

The civil construction sector stands out for its representativeness in the economy and absorption of labor. However, this sector presents high levels indicators of occupational accidents, both in Brazil and in other countries. It is observed in the available scientific literature that there is a relation between the level of constructability existing in a construction and the quality of the work, productivity, efficiency, waste, budget, occupational safety. In order to improve these aspects, research indicates that integration among the various professionals involved in the project and execution stages is necessary. From the perspective of participatory and design ergonomics, it is emphasized that its approach considers the involvement of the various members of the process, and using the experience of these professionals in the design and incorporating the needs of the work situation identified through activity analysis. This work aims to identify the design, organizational and technological aspects that influence the safety and constructability in the execution of the reinforced concrete structure of a multi - floor building. Data collection was done through the application of observational methods - with the application of observation scripts - and of interactive methods, such as the application of a questionnaire, a dynamic script of conversational action, with the respondent subjects being the master builder, construction engineer, structural designer and architect. These methods were used to identify the relationship between constructability and work safety during the execution of the work, specifically in 3 characteristic situations: inverted beam, console pillar and L-pillar. The data were processed through a matrix of comments. The comments were classified by relevant categories for analysis and discussion. The research allowed identifying that the design aspects refer to the compatibility of intercomplementary projects, search of simplification of the element of design and development of solutions. The organizational aspects that favored improvements in constructability and occupational safety happen through maintenance of teams over the years, collaboration between designers and executors, accumulation of knowledge from other experiences in the design and execution process. It was also verified that the strategy of maintaining the project and execution team facilitates communication among professionals, optimizes the process of project compatibility and helps to create technical memory, allowing anticipating solutions in terms of constructability in the design phase. Technological aspects have resulted in improvements in occupational safety, in the acceleration of production, in the reduction of the production cycle, in the better efficiency of the construction process, in the elimination of intermediate operations and in the minimization or elimination of the risks of accidents existing before the construction measures adopted.

Key-words: activity analysis; buildings; constructability; ergonomic design; occupational safety; project management.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Composição da cadeia produtiva da construção por participação (%) no PIB no Brasil.....	21
Figura 2- Participação percentual do valor das incorporações, obras e/ou serviços, segundo o setor de atividades- Brasil- 2014-2015.....	23
Figura 3- Acidentes do trabalho na Indústria da Construção Civil no Brasil em 2016.....	27
Figura 4- Processo de projeto x fluxo de informações	29
Figura 5- Atividades na execução de pilares e paredes de concreto	31
Figura 6- Esquema genérico para o desenvolvimento e implantação de iniciativas de ergonomia participativa	34
Figura 7- Articulação entre as abordagens de projeto descendentes e ascendentes	35
Figura 8-Falhas no desenvolvimento de atividades em um modo de gerenciamento de projeto	37
Figura 9- Abordagem de condução de projeto	37
Figura 10- Modelo de construção coletiva e progressiva	38
Figura 11- Matriz de intervenção ergonômica na construção	39
Figura 12- Articulações como condições necessárias e suficientes para o sucesso da ação ergonômica	41
Figura 13- Trabalho prescrito x trabalho real.....	42
Figura 14- Interfaces do processo de desenvolvimento de produto na construção de edifícios	44
Figura 15-Representação orientada a objetos da ontologia da inspeção de construtibilidade..	46
Figura 16- Modelo de causa de acidentes.....	49
Figura 17- Distribuição dos artigos por ano de publicação	55
Figura 18- Doze artigos mais citados nas referências da RSL	56
Figura 19- Frequência de artigos da RSL de acordo com país de publicação.....	57
Figura 20- Palavras-chave mais usadas nos artigos da RSL	57
Figura 21- Autores mais citados nos artigos da RSL	58
Figura 22-Distribuição dos artigos de acordo com o método de pesquisa	59
Figura 23- <i>Framework</i> teórico de fatores de melhoria de construtibilidade e segurança.....	71
Figura 24 - Etapas da pesquisa	75
Figura 25- Etapas da Revisão sistemática da literatura	77
Figura 26 - Bairros de João Pessoa em cada região	81
Figura 27 - Levantamento de obras em execução em João Pessoa	82
Figura 28 - Critérios de seleção para estudos de caso	83
Figura 29 - Esquema de aplicação de instrumentos de coleta de dados e interlocutores	84
Figura 30 - Etapas no desenvolvimento do estudo de caso	86
Figura 31 - Dispositivo de construção social do estudo de caso	88
Figura 32 - Realização da etapa de confrontação dos dados	93
Figura 33 - Planta comercial do pavimento tipo.....	99
Figura 34 - Idade, tempo de experiência e de profissão da equipe de armação	102
Figura 35 - Idade, tempo de experiência e de profissão da equipe de carpintaria.....	103
Figura 36 - Localização das vigas para fixação de vidros na fachada.....	105
Figura 37 - Esquema explicativo da viga para fixação de painéis de vidro da fachada	106
Figura 38 - Projeto estrutural da viga para fixação de vidros na fachada	107
Figura 39 - Detalhe da viga para fixação de vidros na fachada.....	109
Figura 40 - Consoles dos pilares executados no pavimento térreo.....	110
Figura 41 - Projeto estrutural dos consoles dos pilares do subsolo, térreo e mezanino	111

Figura 42 - Esquema explicativo do console dos pilares do subsolo, térreo e mezanino.....	112
Figura 43 - Localização dos pilares em L na planta baixa das formas do pavimento tipo.....	113
Figura 44 - Esquema desenhado pelo arquiteto para explicação do pilar em L	114
Figura 45 - Sequência da atividade de execução de armação e forma de pilares.....	116
Figura 46 - Reforço com cordas utilizado no Pilar em L	117
Figura 47 - Utilização da grua para concretagem de lajes.....	118
Figura 48 - Parte superior do perfil onde é colocado o cabo de aço.....	119
Figura 49 - Dispositivo de travamento do perfil	120
Figura 50 - Trabalhador utilizando cinto preso à linha de vida.....	120
Figura 51 - Rede de proteção com detalhe de fixação na estrutura	121
Figura 52 - Plataforma antes da colocação da armadura do pilar.....	123
Figura 53 - Plataforma depois da colocação da armação e formas	123
Figura 54 - Vista inferior do sistema de fixação da plataforma	124
Figura 55 - <i>Framework</i> adaptado à realidade do estudo de caso.....	135

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Número de estabelecimentos por grupos de atividade econômica da construção civil em 2017	24
Tabela 2- Relação das 10 principais atividades dos homens ocupados.....	25
Tabela 3- Acidentes do trabalho no Brasil e na construção civil – Seção F da CNAE - 2006/2016	26

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Comparativo de indicadores de desempenho econômico da construção civil entre Brasil, EUA e EU	22
Quadro 2- Graus de participação na concepção participativa	33
Quadro 3- Relação dos artigos selecionados a partir da revisão sistemática da literatura	52
Quadro 4- Agrupamento de artigos de acordo com principais tópicos de pesquisa.....	60
Quadro 5- Definições de construtibilidade.....	61
Quadro 6- Fatores e categorias de melhorias na segurança.....	65
Quadro 7- Fatores e categorias de melhorias na construtibilidade.....	69
Quadro 8 - Quantidade de obras em execução da etapa de estrutura por empresa na região leste de João Pessoa-PB.....	83
Quadro 9 - Exemplo de matriz de inclusão de comentários	94

LISTA DE SIGLAS

ABRAMAT- Associação Brasileira da Indústria de Materiais de Construção
AEAT- Anuário estatístico da Previdência Social
AET- Análise Ergonômica do Trabalho
BIM- *Building Information Modeling*
CBIC- Câmara Brasileira da Indústria da Construção
CNAE- Classificação Nacional de Atividades Econômicas
DCWS- *Design for Construction Worker Safety*
DIEESE- Departamento Intersindical de Estatística e Estudos Socioeconômicos
IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
OSHA- *Occupational Safety and Health Administration*
PAIC- Pesquisa Anual da Indústria da Construção
PCMAT- Programa de Condições e Meio Ambiente de Trabalho
PIB – Produto Interno Bruto
PTD- *Prevention Through Design*
RAIS- Relação Anual de Informações Sociais
RSL – Revisão Sistemática da Literatura
WOS – *Web of Science*

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 TEMA E PROBLEMA DE PESQUISA	14
1.2 OBJETIVOS	17
1.2.1 Objetivo Geral	17
1.2.2 Objetivos Específicos	17
1.3 JUSTIFICATIVA.....	18
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	19
2 CONTEXTUALIZAÇÃO: A INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL	21
2.1 APRESENTAÇÃO DO SETOR.....	21
2.2 IMPORTÂNCIA ECONÔMICA.....	23
2.3 ABSORÇÃO DE MÃO DE OBRA	25
2.4 SEGURANÇA DO TRABALHO NA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	25
2.5 CARACTERÍSTICAS DO PROCESSO DE PROJETO E EXECUÇÃO DE EDIFICAÇÕES	28
2.6 SÍNTESE DO CAPÍTULO	31
3 REVISÃO DE LITERATURA	32
3.1 ERGONOMIA.....	32
3.1.1 Ergonomia participativa e ergonomia de concepção.....	33
3.1.2 Construção social em ergonomia	40
3.1.3 Análise da atividade	42
3.2 ASPECTOS DE OTIMIZAÇÃO CONJUNTA DE PROJETO E EXECUÇÃO DE EDIFICAÇÕES	43
3.2.1 Construtibilidade	45
3.2.2 Segurança ocupacional na execução de projetos.....	47
3.3 REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA.....	51
3.3.1 Análise da amostra	51
3.3.2 Identificação dos fatores e categorias de melhoria.....	64
3.3.3 Síntese do levantamento teórico.....	71
3.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO.....	73
4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	75
4.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA	75
4.2 PROCEDIMENTOS DA REVISÃO DA LITERATURA	76
4.2.1 Planejamento da pesquisa e compilação dos dados bibliométricos	78
4.2.2 Filtragem	78
4.2.3 Visualização e síntese dos dados.....	79
4.3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS DO ESTUDO DE CASO	80
4.3.1 Seleção de empresa e obra.....	80
4.3.2 Análise Ergonômica do Trabalho.....	84
4.3.2.1 Construção da demanda	86
4.3.2.2 Construção social	87
4.3.2.3 Análise global do estudo de caso	89
4.3.2.4 Análise da atividade.....	90
4.3.2.4.1 Análise focal	90
4.3.2.4.2 Seleção de situações características	91
4.3.2.4.3 Análise focada.....	91
4.3.2.4.4 Validação e restituição das situações características	92
4.3.2.4.5 Confrontação.....	93
4.3.3 Análise dos resultados	94

4.4 SÍNTESE DO CAPÍTULO	96
5 DESCRIÇÃO DOS RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	97
5.1 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA	97
5.2 CARACTERIZAÇÃO DA OBRA: EDIFICAÇÃO	99
5.2.1 Caracterização da equipe de projeto.....	100
5.2.1.1 Arquiteto	100
5.2.1.2 Projetista estrutural	100
5.2.2 Caracterização da equipe de execução da estrutura de concreto armado.....	100
5.2.2.1 Engenheiro de obra	101
5.2.2.2 Mestre de obra	101
5.2.2.3 Equipe de armadores.....	102
5.2.2.4 Equipe de carpintaria	103
5.2.2.5 Equipe de concretagem.....	103
5.2.3 Situações características envolvendo construtibilidade e segurança na execução da estrutura de concreto armado.....	104
5.2.3.1 Situação Característica 1: Viga para fixação de painéis de vidros na fachada	104
5.2.3.2 Situação Característica 2: console dos pilares do subsolo, térreo e mezanino	109
5.2.3.3 Situação Característica 3: Pilar em L.....	113
5.2.4 Equipamentos e dispositivos utilizados para facilitar a execução e prevenir acidentes/incidentes	117
5.2.4.1 Grua	118
5.2.4.2 Linha de Vida.....	119
5.2.4.3 Rede de proteção periférica	121
5.2.4.4 Plataforma externa	122
5.3 DISCUSSÕES DE CONJUNTO	124
5.3.1 Aspectos projetuais.....	124
5.3.2 Aspectos organizacionais	127
5.3.3 Aspectos tecnológicos	128
5.3.4 Relação do estudo de caso com o <i>framework</i> teórico	130
5.3.4.1 Relação do estudo de caso com o <i>framework</i> teórico: nível de projeto.....	130
5.3.4.2 Relação do estudo de caso com o <i>framework</i> teórico: nível de planejamento	131
5.3.4.3 Relação do estudo de caso com o <i>framework</i> teórico: nível de execução	132
5.3.4.4 Relação do estudo de caso com o <i>framework</i> teórico: nível organizacional	132
5.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO.....	134
6 CONCLUSÃO	136
6.1 ATENDIMENTO AOS OBJETIVOS	136
6.2 CONTRIBUIÇÕES DA PESQUISA	138
6.3 LIMITAÇÕES E OPORTUNIDADES PARA PESQUISAS FUTURAS.....	138
REFERÊNCIAS	140
APÊNDICES	151
APÊNDICE A - Roteiro de análise global da empresa	152
APÊNDICE B - Roteiro de análise global da obra	153
APÊNDICE C - Roteiro de observação para visita no canteiro de obras	154
APÊNDICE D - Roteiro sócio-profissional: engenheiro de obra	155
APÊNDICE E - Roteiro sócio-profissional: mestre e encarregados	156
APÊNDICE F - Roteiro sócio-profissional: operadores	157
APÊNDICE G - Roteiro de ação conversacional engenheiro de obra	158
APÊNDICE H - Roteiro de ação conversacional: mestre de obra	159
APÊNDICE I - Roteiro de observação da atividade da carpintaria.....	160
APÊNDICE J - Roteiro de observação da atividade da armação	161

APÊNDICE K - Roteiro de observação da atividade de concretagem	162
APÊNDICE L - Roteiro sócio-profissional: arquiteto e projetista estrutural	163
APÊNDICE M - Roteiro de ação conversacional: arquiteto	164
APÊNDICE N - Roteiro de ação conversacional: projetista estrutural	165

1 INTRODUÇÃO

1.1 TEMA E PROBLEMA DE PESQUISA

A indústria da construção civil é uma das maiores contribuintes da economia global, assim como incentiva o desenvolvimento de outros setores industriais (ZOU; SUNINDIJO; DAINITY, 2014). No Brasil, a indústria da construção civil é um setor de grande importância para o desenvolvimento econômico e social do país. Em 2016, a atividade que mais contribuiu para a geração de valor foi a construção de edifícios, com 48,5% do total (IBGE, 2016). As obras e/ou serviços da construção executados pelas empresas de construção foi o item da receita mais importante, com 91,4%, totalizando R\$ 292,1 bilhões em 2016, contra 92,9% em 2007. A construção civil no país representa um setor de expressiva absorção de mão de obra. Em 2016, no Brasil, o setor foi responsável pela ocupação de sete milhões e setenta e oito mil homens, o que representa 7,8% da população ocupada (DIEESE, 2017).

Apesar do progresso apresentado ao decorrer dos anos, os acidentes e doenças ocupacionais ocorrem com frequência no setor (GAMBATESE; ALOMARI, 2016; ZHOU; GOH; LI, 2015a; ZOU; SUNINDIJO; DAINITY, 2014). Na indústria da construção, os trabalhadores são expostos a riscos difíceis de quantificar, os quais são causados por características particulares desse ramo de atividade (ROSA; HADDAD; DE CARVALHO, 2015). De acordo com o DIEESE (2017), a construção civil apresentou, em 2015, a terceira maior taxa de mortalidade por acidentes do trabalho/doenças ocupacionais entre todas as atividades econômicas, com um total de 7,1 casos por mil vínculos. Ainda no ano de 2015, a Construção Civil apresentou 30 895 casos de afastamento por acidentes trabalho. O subsetor de construção de edifícios apresentou 3 305 casos de afastamento por doença ocupacional, o que representa 8,4% do total de afastamentos entre as 20 atividades econômicas com maior número de afastamentos por doença profissional/do trabalho Brasil (DIEESE, 2017).

Pesquisas apontam que decisões de projeto afetam diretamente a segurança nas obras (GAMBATESE, 1998; GAMBATESE, 2000; GAMBATESE, BEHM, HINZE, 2005). Os problemas de construtibilidade surgem a partir de projetos que não incorporam a experiência dos processos de construção de forma satisfatória, o que acarreta efeitos negativos, como a dificuldade de execução do projeto e problemas com cronograma, orçamento e qualidade (KUO; WIUM, 2014). A construtibilidade em projetos pode ser levada em consideração nos projetos de diferentes formas, sendo a premissa mais importante a de considerá-la o mais cedo

possível, para influenciar de maneira positiva o custo e qualidade (GAMBATESE; DUNSTON; POCKOCK, 2007). Entre as iniciativas para melhorar essas condições, destacamos estudos que analisam as vantagens em considerar aspectos relacionados à segurança ocupacional e construtibilidade desde as primeiras etapas na concepção de projetos de edificações.

Em relação a sua estrutura organizacional, a indústria da arquitetura, engenharia e construção é composta por um conjunto de especialistas, consultores, empresas de produção e manufatura (KIKOFERIS; XENIDIS, 2017). As deficiências do projeto podem trazer sérias consequências ao processo construtivo, como a incompatibilidade de projetos, redução da eficiência do processo construtivo e retrabalhos (SALDANHA, 1997; OLIVEIRA; MELHADO, 2006).

A integração da segurança à produção através do projeto de situações de trabalho seguras encontra barreiras de implementação devido à necessidade do desenvolvimento de novos métodos que a promovam (FONSECA, 2012). Projetar para a segurança do trabalhador da construção deve ser um elemento de uma abordagem holística, a fim de minimizar o risco e de melhorar a segurança do trabalhador, uma abordagem em equipe na qual aconteça a colaboração entre o projetista, proprietário e construtor (GAMBATESE; BEHM; RAJENDRAN, 2008). Por exemplo, projetistas de edificações podem colaborar para a segurança dos trabalhadores revisando seus projetos e criando documentos que auxiliem a inspeção durante o progresso do trabalho (TOOLE, 2005).

Considerar aspectos de construtibilidade durante o projeto pode melhorar as decisões através de simplificação do projeto, da redução de cargas de trabalho, da diminuição do desperdício e da melhoria da segurança (PULASKI; HORMAN, 2005). Devido a problemas relacionados com a incompatibilidade entre o projeto e execução, o termo “construtibilidade” propõe facilitar as operações e resolver problemas dos canteiros de obras (WONG et al., 2007). Apesar de ser investigada e reconceitualizada ao passar dos anos, a aplicação da construtibilidade é apropriada devido à necessidade de desenvolvimento, à progressiva recessão da economia e à utilização de novas ferramentas de *software* pelos projetistas (KIFOKERIS; XENIDIS, 2017). A implementação da construtibilidade busca melhorar os projetos em diversos aspectos e introduzir uma gestão colaborativa do ciclo de vida de projeto de construção (KIFOKERIS; XENIDIS, 2017).

A integração entre os diversos atores nas diversas fases e etapas do processo produtivo de uma edificação é fator determinante para a melhoria dos processos de produção e a prevenção de acidentes (FONSECA, 2012). Riscos gerados por aspectos mal concebidos de

projeto devem ser comunicados aos projetistas, para prevenir os trabalhadores da construção civil de futuras dificuldades na realização de suas atividades (HECKER; GIBBONS; BARSOTTI, 2001).

No mesmo sentido desses estudos, a abordagem proposta pela ergonomia participativa e ergonomia de concepção (BROBERG; ANDERSEN; SEIM, 2011; HENDRICK, 2008) considera o envolvimento dos membros do processo, incorporando a experiência desses profissionais no projeto de sistemas de trabalho através da análise da atividade. A Análise Ergonômica do Trabalho (AET) é uma abordagem que busca capturar os detalhes do trabalho no seu ambiente, oferecendo oportunidades para melhoria de projetos (JATOBÁ et al., 2016). Dessa forma, assume-se que o princípio de prevenção através do projeto baseia-se no conceito de construtibilidade e processos participativos, considerando a segurança do trabalho desde a etapa de projeto (FONSECA; LIMA; DUARTE, 2014).

Por intermédio da análise da atividade, evidencia-se a natureza dos compromissos que intervêm na elaboração dos modos operativos e identifica-se como esses compromissos podem vir a fracassar, atingindo a segurança dos trabalhadores (GUÉRIN et al., 2001). Possibilita-se, assim, uma contribuição para a convergência entre os critérios de produtividade e de segurança dos trabalhadores, procurando determinar os fatores que contribuem para uma sobrecarga de trabalho e avaliando como os trabalhadores gerenciam essa sobrecarga (GUÉRIN et al., 2001).

Zhou, Goh, Li (2015) identificaram lacunas relativas a pesquisas sobre a gestão da segurança na indústria da construção, por isso existe uma carência de pesquisas realizadas em nível da atividade de construção e inovações tecnológicas na prática da segurança da construção (ZHOU; GOH; LI, 2015). Verificou-se que as áreas indicadas para mais pesquisas sobre a implementação da construtibilidade incluem aspectos de ferramentas e a combinação entre outras teorias e práticas (KIFOKERIS; XENIDIS, 2017). Para atingir melhorias na construtibilidade e segurança, além da integração do conhecimento da execução no processo de tomada de decisões no projeto, a comunicação nesse processo deve auxiliar essa integração incluindo as fontes de conhecimento apropriadas e permitindo o efetivo fluxo de informação entre os profissionais (PIRZADEH; LINGARD, 2017).

Ao analisar a literatura, verificou-se que pesquisas estudaram a relação entre a construtibilidade e segurança em um estudo de caso auxiliado por *Social Network Analysis* (PIRZADEH; LINGARD, 2017), a construtibilidade e produtividade através de observações (JARKAS, 2010b) e melhorias na segurança associada à produtividade simultaneamente (CHOUDHRY, 2015). Não foram encontradas, ao longo da revisão teórica, pesquisas que

abordassem, de forma específica, o princípio da construtibilidade de promover segurança na execução de estruturas em concreto armado a partir de uma abordagem participativa e de análise da atividade proposta pela ergonomia. Dessa forma, o presente trabalho busca o avanço no conhecimento adquirido em pesquisas antecedentes ao identificar fatores que sirvam como subsídio para a retroalimentação de projetos que favoreçam a construtibilidade e promovam situações de trabalho mais seguras.

Procurando cobrir essas lacunas, essa pesquisa propõe, a partir de uma abordagem ergonômica de análise da atividade, responder o seguinte questionamento: quais aspectos projetuais, organizacionais e tecnológicos influenciam a construtibilidade e segurança ocupacional durante o projeto e execução de edificações?

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Analisar a atividade de execução da estrutura de concreto armado em edifício de múltiplos pavimentos e identificar aspectos projetuais, tecnológicos e organizacionais, que influenciam na construtibilidade e segurança ocupacional.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Identificar, com base na literatura, fatores de melhoria da construtibilidade e segurança;
- Analisar, de forma situada, a atividade de execução da estrutura de concreto armado de edifício de múltiplos pavimentos com relação aos aspectos de construtibilidade e segurança;
- Identificar as estratégias de regulação organizacionais e tecnológicas utilizadas nas atividades de execução da estrutura de concreto armado e, analisar de que forma elas minimizam ou maximizam os contrantes projetuais e os riscos acidentes/incidentes;

1.3 JUSTIFICATIVA

A consideração das condições de segurança nas indústrias desde as etapas iniciais de projeto vem sendo reconhecida como uma abordagem benéfica para a gestão de segurança, por ser um meio efetivo de reduzir ou eliminar os riscos na sua fonte (SAURIN; FORMOSO, 2008). Especificamente na indústria da construção civil, a negligência de aspectos de segurança durante o projeto é apontada como a fonte de alguns dos acidentes em canteiros de obras (BEHM, 2005).

Levar em conta a atividade desde a concepção de situações de trabalho representa um avanço do objetivo inicial da ergonomia, o de adaptar o trabalho ao homem, exigindo o fortalecimento de programas de pesquisa tanto sobre o envolvimento dos diferentes atores participantes da condução do projeto, como de métodos e práticas de intervenção para apoiar o desenvolvimento de suas atividades (BARCELLINI; BELLEGHEM; DANIELLOU, 2013). Vidal (2000) destaca que a ergonomia de concepção pode contribuir para a elaboração de projetos de arquitetura e instalações prediais, pois o acúmulo de experiências colabora para a transformação de um posto de trabalho que ainda não existe materialmente. Na construção civil, práticas da ergonomia de concepção auxiliam na condução de projetos nos escritórios de engenharia e de arquitetura que levam em conta a experiência do canteiro de obras (FONSECA, 2012).

A análise da atividade integrada em projetos de engenharia busca ir além das especificações ergonômicas, o que possibilita o retorno de experiência das situações existentes ao projeto de novas situações, sem que seja desconsiderada a complexidade da realidade de trabalho (LIMA; DUARTE, 2014). Dessa forma, a adoção de métodos qualitativos parece ser adequada para definir não só os fatores de raiz, mas também as relações entre eles, bem como contribuir significativamente para a prevenção de novos acidentes (JACKSON FILHO et al., 2012).

O desafio para os pesquisadores e profissionais é desenvolver sistemas de trabalho que sejam simultaneamente produtivos e confiáveis e que possam funcionar eficazmente nas condições dinâmicas, complexas e competitivas, o que requer uma compreensão dos elementos e processos de trabalho que geram riscos e novas abordagens para a prevenção de acidentes e incidentes do trabalho (MITROPOULUS; CUPIDO; NAMBOODIRI, 2009).

As características dos projetos são fatores que influenciam os riscos durante a construção (BEHM, 2005), e os projetistas e arquitetos podem auxiliar na melhoria das condições de segurança por meio de seus projetos (WEINSTEIN et al., 2007). O retorno da

experiência gerada nos canteiros ajudaria a antecipar possíveis soluções, visto que nem todos os problemas no canteiro de obras se devem apenas à imprevisibilidade inerente à construção civil (FONSECA, 2012).

A falta de integração entre os projetistas evidencia a necessidade de pesquisa e criação de novas práticas de co-projeção para projetos de construção (MÄKI, 2015). Ressalta-se também a necessidade de se repensar as práticas atuais de compartilhamento de conhecimento entre gestores de obras, projetistas, fornecedores de materiais, responsáveis pela manutenção e usuários finais (MÄKI, 2015) e de se sistematizar o armazenamento de experiências anteriores em relação a aspectos de construtibilidade que sejam disponibilizados para outros projetistas (JARKAS, 2016).

Devido à falta de integração entre as equipes de projeto e execução, os projetistas, de uma maneira geral, não se preocupam com os aspectos da produção, e os construtores, devido à falta de um sistema de decisões eficaz, modificam os projetos sem discutir as soluções com os projetistas, que, por sua vez, continuam projetando da mesma maneira (SALDANHA, 1997; SOUZA, 2001). A observação de exemplos práticos demonstra que o desempenho da produção e da segurança podem ser melhoradas através da expansão de competências, por meios de troca de conhecimento e *feedback* de experiências, além da formalização da experiência nos níveis de antecipação (FONSECA; LIMA; DUARTE, 2014).

Assim, o desenvolvimento desta pesquisa é importante, pois, na prática, as questões de segurança ocupacional na construção civil ainda apresentam elevados índices no Brasil e no mundo. Apesar de serem apresentadas vantagens na consideração da gestão da segurança desde o projeto, as empresas continuam tratando essa questão como não relevante. De forma prática, a adoção dessas melhorias e utilização do conhecimento adquirido na execução e projeto acarretaria melhorias dessas condições. Além disso, poucas pesquisas estudaram, de forma específica, a identificação de fatores de melhoria nos aspectos da construtibilidade e segurança ocupacional. Parte dos fatores encontrados no *framework* teórico desta pesquisa pôde ser identificado no estudo de caso realizado. Demonstra-se a relação entre a teoria e prática, representando também avanços relativos a fatores encontrados no estudo de caso, os quais se aplicam a melhorias em construtibilidade e segurança ocupacional.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Esta dissertação está organizada em 6 capítulos:

No capítulo 1, na introdução, é apresentado o tema, questão da pesquisa, sua justificativa, delimitações e os objetivos desta dissertação.

O capítulo 2 apresenta a contextualização da pesquisa, apresentando considerações sobre a indústria da construção civil, o subsetor de edificações e características do processo de projeto e da execução de edificações.

No capítulo 3, a revisão de literatura tem início com as bases conceituais da ergonomia que serão abordadas nesta pesquisa, quais sejam, ergonomia participativa, ergonomia de concepção e análise da atividade. Em seguida, são abordados aspectos de melhoria de projetos de construção sob a perspectiva da construtibilidade e a segurança ocupacional. Por fim, é apresentado o *framework* teórico obtido através da revisão sistemática da literatura.

O capítulo 4 é composto pelos procedimentos metodológicos utilizados. É especificada a classificação da pesquisa e são apresentadas as etapas de desenvolvimento da pesquisa. Primeiramente, as etapas para a elaboração da revisão de literatura. Em seguida, são apresentados os procedimentos metodológicos para o desenvolvimento do estudo de caso, os critérios de levantamento e seleção das empresas, as técnicas observacionais e interacionais, os instrumentos utilizados para a coleta de dados e análise dos dados.

No capítulo 5, são apresentados e discutidos os resultados obtidos do estudo de caso. Em um primeiro momento, são relacionados os principais aspectos e particularidades, seguido de uma análise conduzida por uma comparação com os resultados do *framework* teórico.

No capítulo 6, são apresentadas as conclusões baseadas nas questões e no objetivo da pesquisa, contribuições práticas e teóricas da dissertação, limitações da pesquisa e apresentadas sugestões para futuros trabalhos.

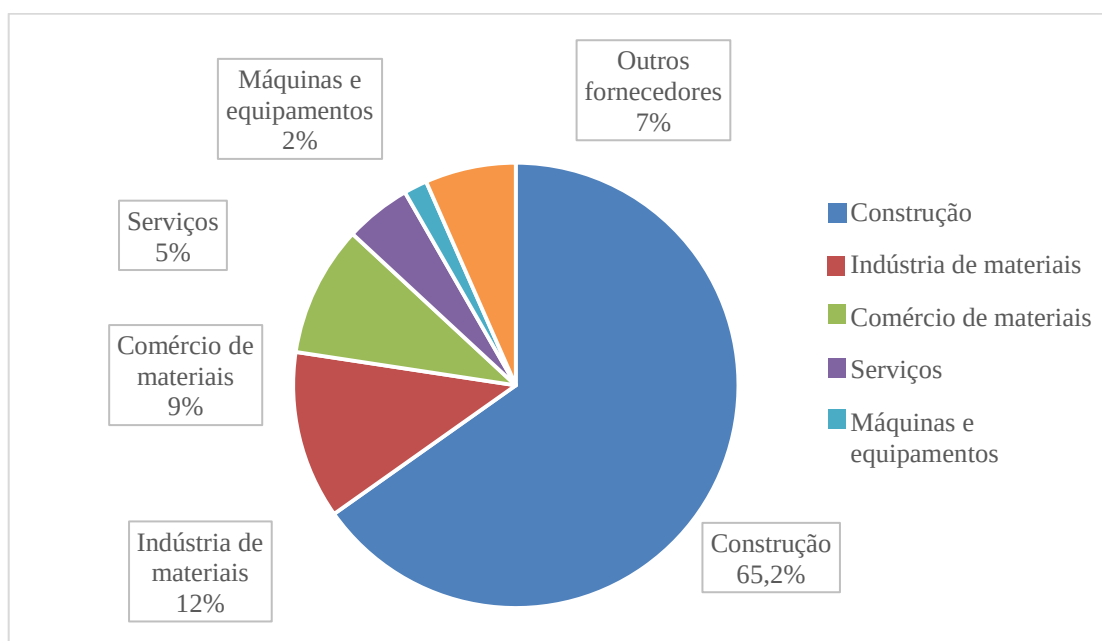
2 CONTEXTUALIZAÇÃO: A INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL

2.1 APRESENTAÇÃO DO SETOR

A Indústria da Construção Civil é composta por uma complexa cadeia produtiva que compreende setores industriais distintos, por exemplo, mineração, siderurgia do aço, metalurgia do alumínio e do cobre, vidro, cerâmica, madeira, plásticos, equipamentos elétricos e mecânicos, fios e cabos e diversos prestadores de serviços, como escritórios de projetos arquitetônicos, serviços de engenharia, empreiteiros, entre outros (MELLO, 2007).

A Associação Brasileira da Indústria de Materiais de Construção (ABRAMAT, 2015) apresenta, em seu relatório mais recente, a composição da cadeia produtiva do setor da Construção Civil, composto pela construção, indústria e comércio de materiais, serviços e máquinas e equipamentos, como mostra a Figura 1.

Figura 1- Composição da cadeia produtiva da construção por participação (%) no PIB no Brasil



Fonte: "Perfil da Cadeia Produtiva da Construção e da Indústria de Materiais e Equipamentos - 2015". ABRAMAT e FGV. Elaboração: Banco de Dados – CBIC

A indústria da construção, de acordo com a Classificação Nacional de Atividades Econômicas - CNAE 2.0, compreende os seguintes setores que são compostos por atividades heterogêneas quanto ao porte das empresas, à estrutura, à distribuição geográfica e ao

desempenho das atividades: construção de edifícios (divisão 41), obras de infraestrutura (divisão 42) e serviços especializados para construção (divisão 43).

No Brasil, destaca-se que o segmento de edificações do setor da construção civil foi considerado atrasado em relação a outros setores industriais, por possuir baixo nível de industrialização, baixa qualificação dos profissionais, elevado desperdício de materiais e baixa qualidade do produto final (OLIVEIRA; MELHADO, 2006).

De acordo com Mello e Amorim (2009), em relação aos Estados Unidos (EUA) e à União Europeia (EU), o subsetor de edificações brasileiro tem características em comum: é constituído de pequenas e médias empresas, apresenta dificuldades quanto à qualificação da mão de obra, possui problemas relativos à segurança do trabalho e é o segmento de maior empregabilidade, como mostra o Quadro 1.

Quadro 1- Comparativo de indicadores de desempenho econômico da construção civil entre Brasil, EUA e EU

Indicadores	Brasil	EUA	EU
% PIB	5,2%	8,47%	10,2%
Faturamento	US\$ 40,98 bilhões	US\$ 475,6 bilhões	US\$ 710 bilhões
Número de empresas	105 459	818 000	807 100
Faturamento médio	US\$ 388 590	US\$ 581 420	US\$ 879 690
Pessoal empregado	1 550 000	7 689 000	4 519 000
Pessoal ocupado	5 170 000	9 589 000	4 519 000
Produtividade média	US\$ 6 177,76/trabalhad.	US\$ 41 528,00/trabalhad.	US\$ 31 247,44/trabalhad.
Rentabilidade	24,35%	67,5%	Não foram obtidos dados
Número de eng ^{os} e gerentes	125 420	623 000	550 530
Egenheiros/MO total	2,4%	6,5%	12,2%
Engenheiros/MO empregada	8%	8%	12,2%
Tempo de formação de pessoal nível médio	2-3 anos	3 anos	2-3 anos
Nº de normas técnicas para Construção Civil	938	ND	1 733
Prazo médio de obras de edificação	30 meses	10 meses	14,3 meses
Prazo médio de licenciamento	66 dias	30 dias	44 dias

Fonte: Mello e Amorim (2009)

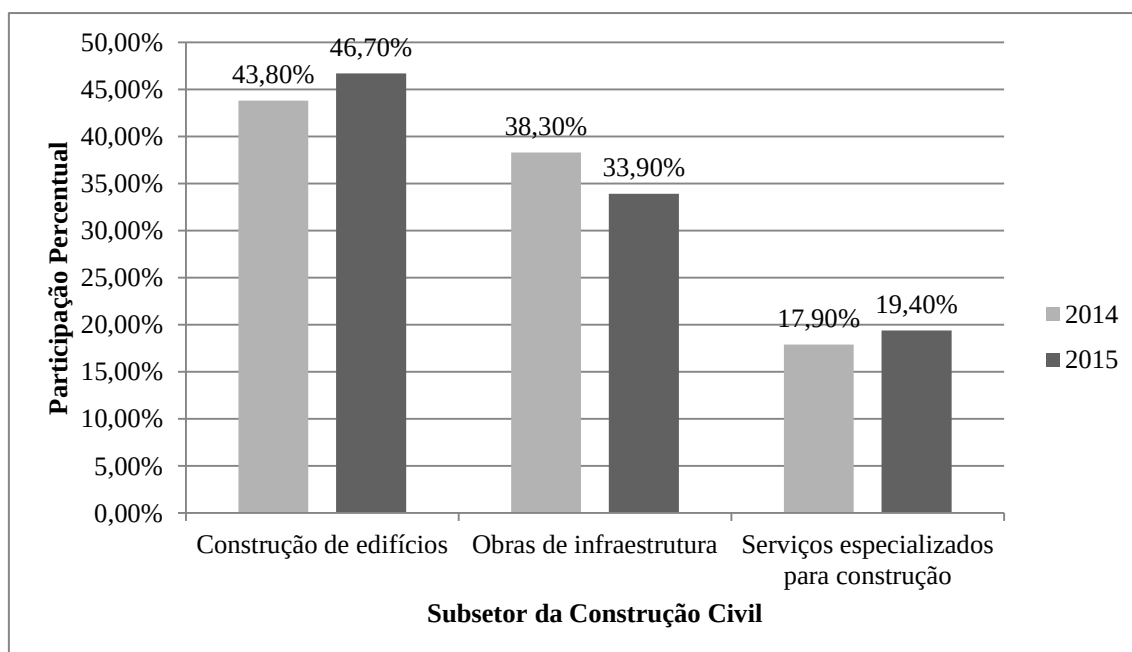
Embora haja semelhanças, também existem diferenças. Por exemplo, os níveis de produtividade da indústria da construção civil no Brasil encontram-se abaixo dos níveis dos EUA e da EU. O prazo médio das obras de edificações do Brasil é 3 vezes maior que o prazo das obras americanas e aproximadamente 2 vezes maior que as obras europeias. Espera-se que

o comparativo entre os indicadores sirva de direcionamento, para que a indústria da construção civil possa desenvolver-se melhor (MELLO; AMORIM, 2009).

2.2 IMPORTÂNCIA ECONÔMICA

De acordo com a Pesquisa Anual da Indústria da Construção (IBGE, 2015), o segmento da construção de edifícios se manteve como o setor que mais contribuiu para o crescimento do valor corrente (R\$ 165,7 bilhões) das incorporações, obras e/ou serviços, com participação de 46,7% do total em 2015; seguido pelas obras de infraestrutura (R\$ 119,9 bilhões), com 33,9% de participação em 2015; e, por último, o setor de serviços especializados para construção (R\$ 68,7 bilhões), com 38,3%, como mostra a Figura 2.

Figura 2- Participação percentual do valor das incorporações, obras e/ou serviços, segundo o setor de atividades- Brasil- 2014-2015



Fonte: IBGE (2015)

Em 2016, segundo a PAIC, a atividade de construção totalizou R\$ 318,7 bilhões em incorporações, obras e serviços da construção. O valor das obras e serviços da construção atingiu R\$ 299,1 bilhões, sendo que 31,5% deste montante foram provenientes das obras

contratadas por entidades públicas (R\$ 94,1 bilhões), e o restante por pessoas físicas e/ou entidades privadas.

De acordo com a Pesquisa Anual da Indústria da Construção (IBGE, 2017), existiam 119.018 empresas de Construção Civil no país. A partir de dados da RAIS (Relação Anual de Informações Sociais) elaborada pelo Ministério do Trabalho e Emprego em 2017, a Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC) sintetiza o número de estabelecimentos por grupos de atividade econômica da construção civil. No Nordeste, dos 33 817 estabelecimentos cadastrados, 16 873 (49,9%) pertencem ao segmento da construção de edifícios, como mostra a Tabela 1.

Tabela 1- Número de estabelecimentos por grupos de atividade econômica da construção civil em 2017

	Maranhão	Piauí	Ceará	Rio Grande do Norte	Paraíba	Pernamb.	Alagoas	Sergipe	Bahia	NORD ESTE
Incorp. de empreendimentos imobiliários	106	65	532	467	724	493	66	120	673	3246
Constr. de edifícios	1 218	1 227	3 153	2 222	2 086	2 124	973	723	3 147	16873
Constr. de rodovias, ferrovias, obras urbanas e obras de arte	182	155	309	171	84	231	55	22	381	1590
Obras de infra-estrutura para energia elétrica,elec., água, esgoto e transp. por dutos	67	74	241	59	80	149	51	21	256	998
Const. de outras obras de infra-estrutura	127	109	419	124	144	292	61	41	523	1840
Demolição e preparação do terreno	156	62	268	109	55	152	46	39	352	1239
Inst. elétricas, hidráulicas e outras inst. em construções	274	140	638	359	324	629	168	172	958	3662
Obras de acabamento	108	118	298	217	135	363	109	118	665	2131
Outros serviços especializados para construção	118	98	296	193	185	356	124	112	756	2238
TOTAL	2 356	2 048	6 154	3 921	3 817	4 789	1 653	1 368	7 711	33817

Fonte: RAIS (2017) / MTE. Elaboração: Banco de Dados-CBIC.

Destaca-se que, no Estado da Paraíba, o maior número de empresas registradas pertence ao grupo de atividade econômica de construção de edifícios, com um total de 2086

estabelecimentos, o que representa 54,7% dos estabelecimentos relacionados às atividades da construção civil na Paraíba.

2.3 ABSORÇÃO DE MÃO DE OBRA

A construção civil no país representa um setor de expressiva absorção de mão de obra. De acordo com o DIEESE (2017b), no 4º trimestre de 2016, o total de homens ocupados nas 10 principais atividades foi de 90257000. A atividade na Construção Civil, nessa relação, é responsável pela ocupação de oito milhões e novecentos e vinte e dois mil homens, o que representa 7,8% dos homens ocupados, seguida pelo comércio de produtos alimentícios, bebidas e fumo, com 3,8%, como mostra a Tabela 2.

Tabela 2- Relação das 10 principais atividades dos homens ocupados

Atividade	Em 1.000 pessoas	Em %
Comércio, reparação de veículos automotores e motocicletas	90257	19,6%
Indústria geral	17652	12,6%
Educação, saúde humana e serviços sociais	11412	11,5%
Informação, comunic. e ativid. financeiras, imobil., prof. e adm.	10413	10,8%
Agricultura, pecuária, produção florestal, pesca e aquicultura	9739	9,9%
Construção	8922	7,8%
Serviços domésticos	7078	6,8%
Administração pública, defesa e seguridade social	6158	5,7%
Alojamento e alimentação	5138	5,4%
Transporte, armazenagem e correio	4829	5,1%
Total (10+)	361534	41,9

Fonte: Adaptado de DIEESE (2017b)

2.4 SEGURANÇA DO TRABALHO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Conforme dispõe o art. 19 da Lei nº 8.213/91,

"acidente de trabalho é o que ocorre pelo exercício do trabalho a serviço da empresa ou pelo exercício do trabalho dos segurados referidos no inciso VII do art. 11 desta lei, provocando lesão corporal ou perturbação funcional que

cause a morte ou a perda ou redução, permanente ou temporária, da capacidade para o trabalho".

Anualmente o Ministério da Previdência Social disponibiliza uma base de dados históricos de acidentes de trabalho, o Anuário Estatístico dos Acidentes de Trabalho da Previdência Social. A Tabela 3 apresenta o somatório de acidentes de trabalho nos segmentos de construção de edifícios, obras de infraestrutura e serviços especializados para construção, o total de acidentes de trabalho ocorridos no Brasil de 2006 a 2016 e a sua relação com a quantidade total de acidentes de trabalho no país. Destaca-se que o volume de acidentes de trabalho ocorridos na construção civil mantém elevados índices nos últimos anos, os quais correspondem a uma média de 7,26% em relação à quantidade total de acidentes de trabalho no Brasil.

Tabela 3- Acidentes do trabalho no Brasil e na construção civil – Seção F da CNAE -2006/2016

Ano	Acidentes de Trabalho na Construção Civil	Total de acidentes no Brasil	Relação entre AT na Construção Civil e AT Brasil (%)
2006	29.054	512.232	5,67%
2007	37.394	659.523	5,67%
2008	52.830	755.980	6,99%
2009	55.670	733.365	7,59%
2010	55.920	709.474	7,88%
2011	60.415	720.629	8,38%
2012	64.161	713.984	8,99%
2013	62.408	725.664	8,60%
2014	50.662	712.302	7,11%
2015	43.334	622.379	6,96%
2016	34.786	578.935	6,01%
Total	546 634	7 444 467	Média: 7,34%

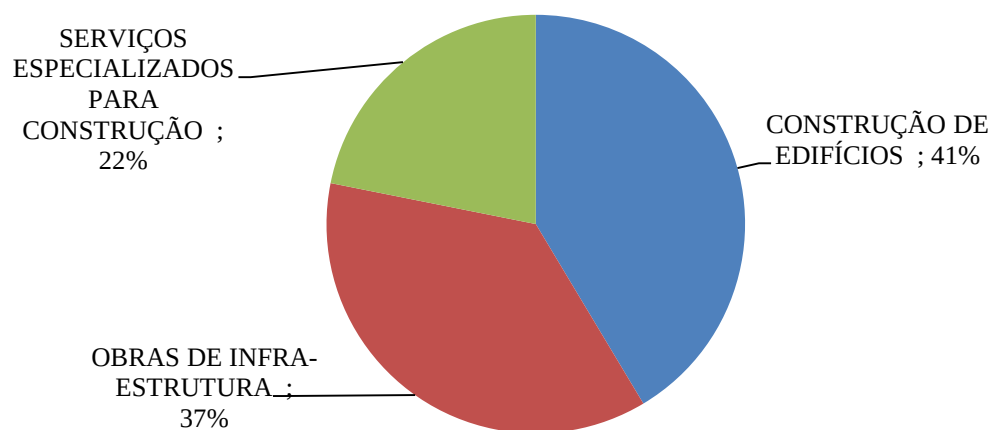
Fonte: AEAT (2017)

Atividades inseridas na indústria da construção civil estão entre as 20 ocupações com a maior taxa de desligamento por falecimento decorrente de acidente típico. De acordo com o DIEESE (2017a), em 2015, ocorreram 23 desligamentos decorrentes de acidente típico na atividade de pedreiro, 40 na atividade de servente de obras e 16 na atividade de montador de estruturas metálicas.

A construção civil apresentou, em 2015, a segunda maior taxa de incidência de aposentadoria por invalidez permanente, com 14,4 por mil vínculos, ficando atrás apenas da atividade extrativa mineral, com taxa de 18,9 por mil vínculos (DIEESE, 2017a).

A Figura 3 apresenta a divisão dos acidentes de trabalho em cada subsetor da Indústria da Construção Civil em 2016. O subsetor Construção de Edifícios foi responsável por 41% dos acidentes de trabalho em 2016, seguido das obras de infraestrutura, com 37 %, e serviços especializados para construção, com 22 %.

Figura 3- Acidentes do trabalho na Indústria da Construção Civil no Brasil em 2016.



Fonte: Adaptado de Anuário Estatístico dos Acidentes de Trabalho da Previdência Social

Em vários países, as ações em Segurança e Saúde do Trabalho vêm sendo foco de maior atenção nas últimas décadas (BRIDI et al., 2013). Existem normas e programas de prevenção que foram propostos como estratégias para melhorar o desempenho em segurança, a exemplo das leis e regulamentos da OSHA (*Occupational Safety and Health Administration*) nos Estados Unidos, do Programa de Condições e Meio Ambiente de Trabalho (PCMAT) exigido pela NR-18 organizada pelo Ministério do Trabalho e Emprego e as ações promovidas pela *European Agency for Safety and Health at Work* (EU-OSHA) (FONSECA; LIMA; DUARTE, 2014). De acordo com estudo conduzido por Saurin et al. (2000), muitas empresas no Brasil utilizam o PCMAT apenas para evitar multas das fiscalizações, e não como um mecanismo efetivo para a gestão de segurança do canteiro de obras.

De acordo com Huang e Hinze (2003), uma análise de 1997 relatos de acidentes ocorridos nos Estados Unidos e publicados pela OSHA revelou que 5,83% das quedas foram

atribuídas à construção de obras em concreto armado ou à construção de estruturas temporárias e que 21,2% dos acidentes envolviam obras em perfis de madeira ou concreto armado. Embora não seja fácil identificar a quantidade de quedas ocasionadas diretamente por projetos mal pensados, decisões de projeto específicas podem diminuir a ocorrência de quedas (HUANG; HINZE, 2003).

Cheng, Lin e Leu (2010) resumem, de acordo com a literatura, as possíveis causas de acidentes na construção civil: (i) fatores pessoais (gênero, idade, experiência de trabalho); (ii) fatores do ambiente e equipamento (tipo de acidente ocupacional, fonte de dano); (iii) fatores de projeto (tipo de projeto, montante de contrato); (iv) fatores de gestão (tamanho da empresa, situações de risco); e (v) fatores temporais (hora, dia e mês do acidente). Os autores coletaram dados de 1347 acidentes que aconteceram na construção civil, em Taiwan, disponíveis no banco de dados do *Council of labor Affairs*, chegando à conclusão de que a maioria dos acidentes são atribuídos a trabalhos em altura e sem equipamentos de proteção, à perda de equilíbrio, à falta de uso de equipamentos de proteção, à inexperiência e por contato com estruturas instáveis.

2.5 CARACTERÍSTICAS DO PROCESSO DE PROJETO E EXECUÇÃO DE EDIFICAÇÕES

De acordo com Melhado (2001), a maior parte dos empreendimentos de construção de edifícios passa pela mesma sequência de fases:

- 1- A realização de estudos preliminares e programa do empreendimento;
- 2- Desenvolvimento do projeto e escolha das empresas construtoras;
- 3- Organização e execução dos serviços, preparação da execução de obras e gestão técnica, administrativa e financeira;
- 4- Entrega da obra e gestão do empreendimento, representado pelo uso, operação e manutenção da edificação.

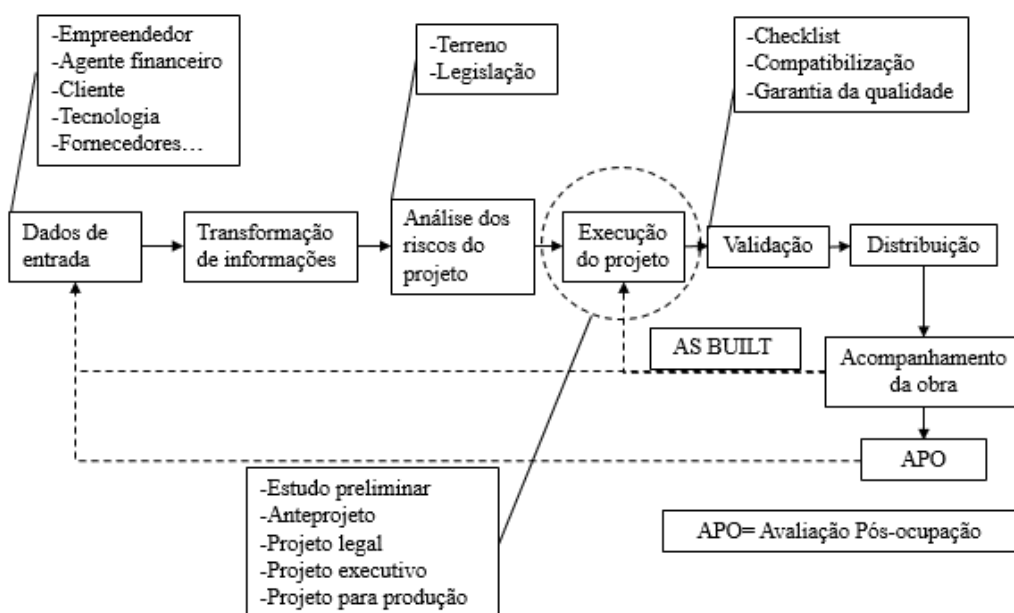
Na construção civil, planejamento, coordenação, execução e controle no gerenciamento de projetos não são simples, pois a natureza dos processos consiste em muitos tipos de interdependências (KNOTTEN et al., 2015). Segundo Oliveira e Melhado (2006), a fase de projeto, entre as fases do processo construtivo, apresenta maior facilidade de

intervenção, a fim de promover maior agregação de valor ao empreendimento e de melhorar a qualidade das edificações.

O projeto na construção deve informar o *design* e as características físicas do produto e garantir a possibilidade de introdução de novas tecnologias, redução de problemas patológicos futuros, aspectos de qualidade, racionalidade e construtibilidade, promovendo adequação ao uso e observando a segurança do trabalhador na etapa de execução (OLIVEIRA; MELHADO, 2006).

Oliveira e Melhado (2006) apresentam as principais fases do projeto e sua relação com o fluxo de informações ao decorrer de sua execução, como mostra a Figura 4. O processo tem início com dados de entrada, os quais necessitam contemplar informações provenientes do empreendedor, agente financeiro, cliente, entre outros. Após incorporar os aspectos legislativos e de análises de risco, o projeto é executado e deve ser validado pelo contratante antes de continuar o curso do projeto. Destaca-se a consideração do acompanhamento da execução da obra e também a avaliação pós-ocupação (APO) como instrumentos importantes para a coleta de informações que sirvam para melhoria de futuros projetos.

Figura 4- Processo de projeto x fluxo de informações



Fonte: Oliveira e Melhado (2006, p. 11)

Na construção de edifícios, assim como em outras indústrias, os projetos representam uma etapa essencial para a qualidade dos produtos e eficiência dos sistemas de produção (FABRÍCIO; MELHADO; BAIA, 1999). Na construção civil, o projeto possui influência no

“desenvolvimento, organização, registro e transmissão das características físicas e tecnológicas especificadas para uma obra”. Além de consideradas na fase de execução, trazem “informações necessárias para subsidiar os processos efetivamente operacionais, incluindo-se os fluxos de materiais e de informações na obra” (OLIVEIRA; MELHADO, 2006, p. 10).

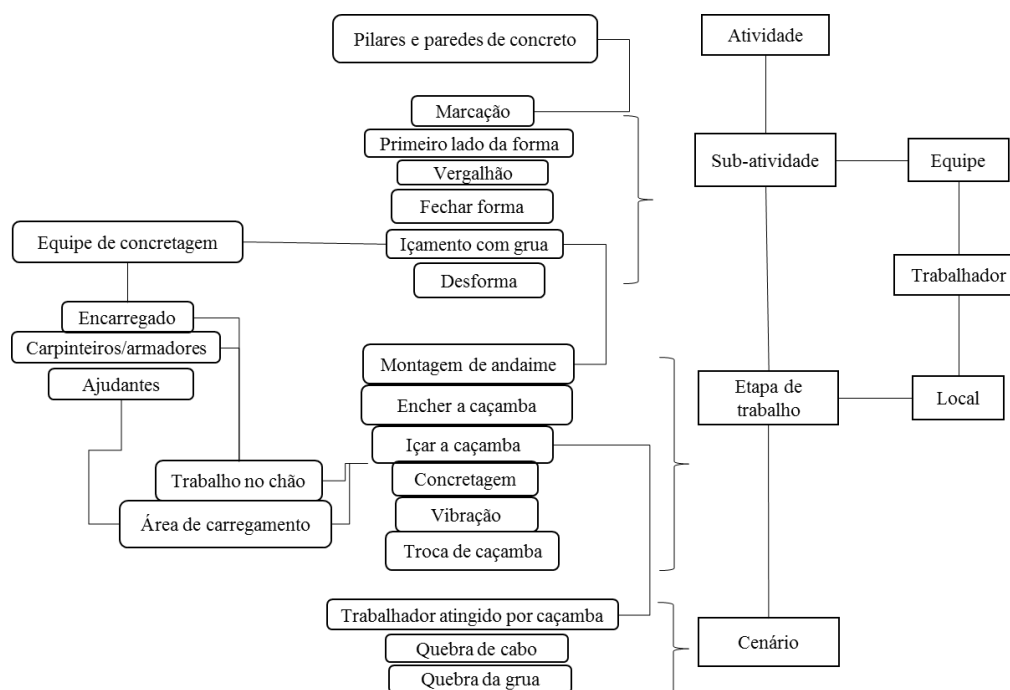
Algumas empresas de construção tratam os projetos como atividades secundárias direcionadas a projetistas independentes, e a sua orientação para a definição do produto não leva em conta as consequências provenientes das soluções adotadas (FABRÍCIO; MELHADO; BAIA, 1999). A ausência de comunicação entre projetistas e contratantes é comum na forma tradicional de contrato, pois o projeto é elaborado antes que o executor seja contratado (TOOLE; GAMBATESE, 2008)

As deficiências do projeto podem trazer sérias consequências ao processo construtivo, por exemplo, a baixa qualidade do projeto pode gerar redução da eficiência do processo construtivo, aumento do risco financeiro do empreendimento e elevação dos custos, tanto para o construtor como para o cliente final (OLIVEIRA; MELHADO, 2006). Em relação às consequências para o trabalhador, variações no projeto podem ser suficientes para causar redução na eficiência, deixando-o incapaz de regular as variabilidades e os incidentes de sua atividade (SALDANHA, 1997).

De acordo com Fredericks et al. (2005), diversas características da indústria da construção civil influenciam os índices de doenças e acidentes, como ambientes de trabalho dinâmicos, fragmentação da indústria, inúmeras operações e proximidade de equipes de trabalho e cultura.

Rozenfeld et al. (2010) considera a situação de constante mudança no ambiente físico na construção civil e elabora, em função disso, um modelo de análise de riscos de trabalho específico para a construção civil. A Figura 5 apresenta um exemplo de sequência de atividades e de subatividades na execução de colunas de concreto e parede obtidos através de consulta a especialistas.

Figura 5- Atividades na execução de pilares e paredes de concreto



Fonte: Rozenfeld et al. (2010, p. 494)

São consideradas, na sequência das atividades, a equipe, a etapa de trabalho e possíveis cenários de situação de risco atribuídos a algumas etapas (ROZENFELD et al., 2010). De forma específica, destaca-se a análise da atividade dos carpinteiros envolvidos na execução de estruturas de concreto armado, a qual identificou os seguintes movimentos críticos e atividades associadas: elevação de carga, agachamento, colocar-se de joelho, corte de tábuas, fixação de painéis e desforma de elementos estruturais (PARIDA; RAY, 2012).

2.6 SÍNTESE DO CAPÍTULO

Os temas abordados nesse capítulo auxiliam a compreender a importância econômica do setor da construção civil no Brasil. Apesar disso, compreende-se a necessidade de melhorias relativas à segurança ocupacional no setor da construção civil no Brasil e no mundo. As estatísticas demonstram a urgência e o contexto dos acidentes de trabalho, ressaltando-se que esse levantamento estatístico ainda é afetado por subnotificações de ocorrências. Além disso, o estudo das características do processo de projeto na construção civil é necessário devido às particularidades existentes nesse setor, e a compreensão dessas diferenças contribui para o desenvolvimento e discussão neste trabalho.

3 REVISÃO DE LITERATURA

Neste capítulo, será apresentada a revisão de literatura referente ao tema da pesquisa. Em um primeiro momento, é apresentado o referencial teórico-conceitual relacionado à ergonomia de concepção, à ergonomia participativa e ao *design* participativo, que introduzem a colaboração da ergonomia na engenharia civil e na arquitetura. Posteriormente são apresentadas as pesquisas sobre o tema a partir da revisão sistemática da literatura, cujo levantamento foi realizado de forma sistemática, segundo os procedimentos presentes na seção 4.2.

3.1 ERGONOMIA

O *International Ergonomic Association* (IEA) definiu, em 2000, ergonomia (ou fatores humanos) como a “disciplina científica relacionada à compreensão de interações entre o homem e outros elementos do sistema, e a profissão que aplica teoria, princípios, dados e métodos para projetar com o objetivo de otimizar o bem-estar humano e a performance do sistema como um todo” (IEA, 2017).

O IEA ainda define os domínios de especialização da ergonomia como ergonomia física, ergonomia cognitiva e ergonomia organizacional. Ergonomia física refere-se às características da anatomia humana, antropometria, fisiologia e biomecânica, e a sua relação com a atividade física. Ergonomia cognitiva lida com processos mentais, como percepção, memória, raciocínio e resposta motora, e seus efeitos entre homens e os elementos do sistema. A ergonomia organizacional trata-se da otimização de sistemas sociotécnicos em termos de estrutura organizacional, políticas e processos.

A ergonomia, em sua missão de modificar os meios de trabalho, contribui, em muitos momentos, com recomendações baseadas em situações existentes e, progressivamente, aprende mais sobre a concepção dos meios de trabalho, a fim de influenciá-los de forma significativa (DANIELLOU, 2008). Como uma ligação entre ciências físicas e humanas, a ergonomia apresenta sua atuação nas áreas de projetos (engenharia, arquitetura e *design*), de gestão (qualidade e produtividade) e de recursos humanos (treinamento e segurança e saúde) (VIDAL; BONFATTI; CARVÃO, 2002).

A ergonomia associa conhecimentos fisiológicos e psicológicos, pois identifica os aspectos críticos sobre a saúde e a segurança do homem originados nas situações reais de trabalho, elaborando, então, melhorias dessas condições (ASSUNÇÃO; LIMA, 2003).

3.1.1 Ergonomia participativa e ergonomia de concepção

Hendrick e Kleiner (2006) afirmam que a ergonomia participativa é uma subárea da macroergonomia, em que os trabalhadores são envolvidos no projeto do ambiente, da forma e da organização do trabalho. Diversas ações utilizaram técnicas participativas com objetivos distintos, tais como reduzir ou prevenir distúrbios musculoesqueléticos relacionados ao trabalho e projeto para fabricação, além de outros em intervenções na preconcepção de ambientes de trabalho (BROWN, 2002).

Segundo Haines e Wilson (1998) apud Hendrick (2006), a ergonomia participativa pode variar em função do propósito, continuidade, envolvimento, formalidade, grau de exigência, forma de tomada de decisão e acoplamento. Em nível organizacional, os programas são gerenciados a partir de departamentos de saúde e segurança, gerência de operações, engenharia industrial ou recursos humanos e sustentados através da integração com programas existentes, podendo os trabalhadores participarem da análise, redesenho e avaliação dos cargos, tarefas e locais de trabalho (HENDRICK, 2006).

As modalidades de participação também podem diferenciar-se de acordo com o poder de decisão concedido aos usuários, o qual, segundo um grau crescente, varia em informar os usuários, consultá-los e decidir com eles (DARSES; REUZEAU, 2008), como mostra o Quadro 2.

Quadro 2- Graus de participação na concepção participativa

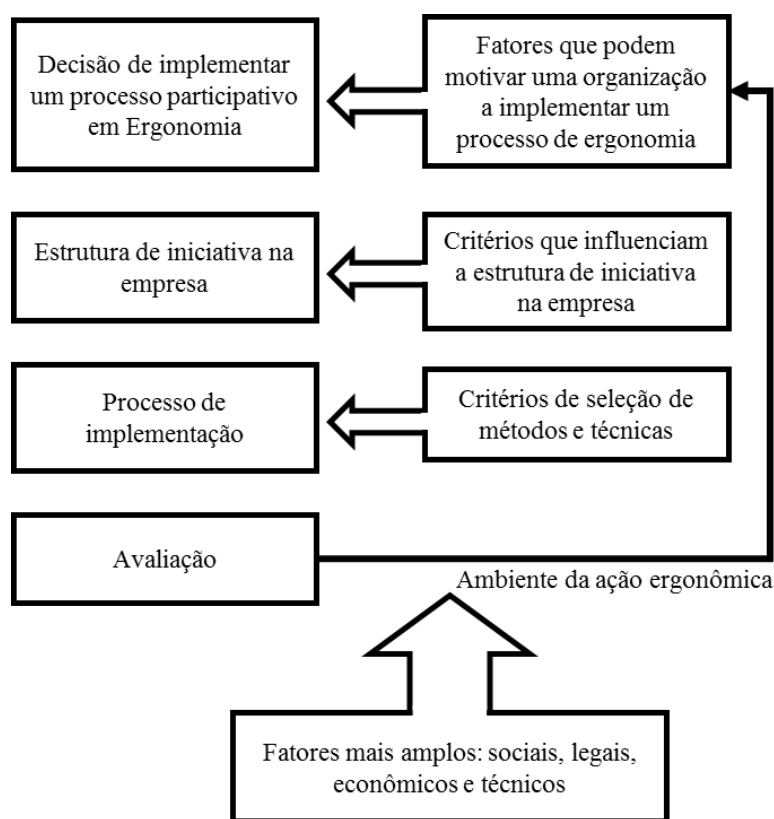
Graus	Modalidade	Atividades
Grau 1	Informar	Informar os operadores dos planos de ação decididos pelos gestores
Grau 2		Coletar informações e experiências dos usuários
Grau 3	Consultar	Recolher as opiniões e sugestões dos usuários sobre as ações em curso
Grau 4	Decidir	Negociar com os usuários em comitês formalizados
Grau 5		Co-concepção e decisão conjunta entre as diferentes partes implicadas

Fonte: Darses e Reuzeau (2008, p. 347)

A Figura 6 representa a estruturação de iniciativas da ergonomia participativa (HAINES; WILSON, 1998 apud HENDRICK, 2006), cuja primeira etapa é a decisão da

organização de implementar a ergonomia participativa, geralmente proveniente do aval de um especialista, de recomendações externas, de negociações sindicais ou da consciência de problemas ergonômicos. Posteriormente acontece a estruturação da iniciativa, que é influenciada pela cultura e tamanho organizacional, natureza dos problemas, tempo e recursos disponíveis, entre outros. São, então, selecionados os métodos de implantação em função do tipo de problema, da experiência, do conhecimento dos métodos e do número de participantes. Por fim, acontece uma retroalimentação, a fim de que aconteça a melhoria contínua do projeto.

Figura 6- Esquema genérico para o desenvolvimento e implantação de iniciativas de ergonomia participativa

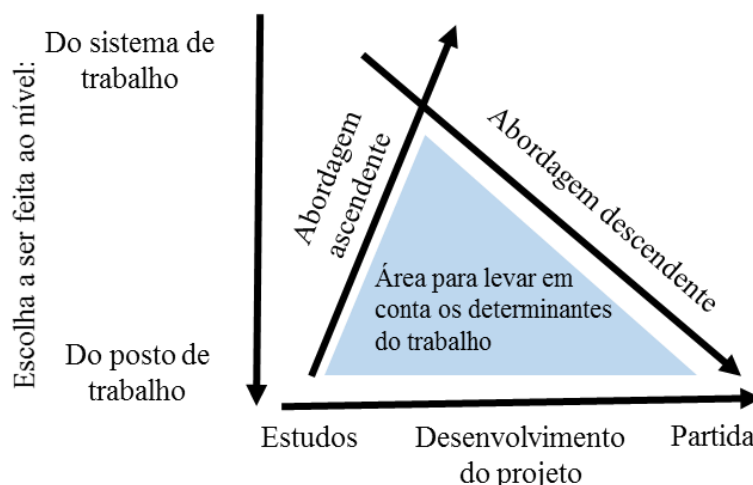


Fonte: Adaptado de Haines e Wilson (1998, p. 40) apud Hendrick 2006

De acordo com Brown (2002), a ergonomia participativa é a metodologia mais utilizada na otimização do projeto organizacional e sistema de trabalho, e muitos estudos que usam a metodologia macro ergonômica em diferentes aplicações e finalidades têm sido conduzidos com sucesso. Além disso, a ergonomia participativa garante a duração dos benefícios derivados de uma intervenção macroergonômica (HENDRICK, 2008).

A Figura 7 apresenta a aplicação simultânea da abordagem de projeto ascendente e descendente, cuja área sob as retas delimita o espaço para a consideração dos determinantes de trabalho no desenvolvimento de projetos. A visão ascendente de projeto (*bottom-up*) considera que as “condições de realização das atividades de trabalho, desde as etapas iniciais de um projeto, podem ajudar a esclarecer as escolhas a serem feitas em relação à concepção dos sistemas técnicos” (DUARTE, 2002). Esse tipo de articulação entre abordagens de projeto ascendentes e descendentes permite uma melhor compreensão das relações entre diferentes componentes do projeto, além de auxiliar na redução de incertezas relativas ao futuro funcionamento (DUARTE, 2002).

Figura 7- Articulação entre as abordagens de projeto descendentes e ascendentes



Fonte: Maline (1997) apud Duarte (2002)

Historicamente, o *design* participativo compreende três domínios: a) participação dos trabalhadores dos sistemas de produção na transformação de seus próprios sistemas de trabalho; b) envolvimento dos usuários finais no ciclo de desenvolvimento de produtos; e, de forma mais ampla, c) introdução de atores que não são projetistas, como manutenção, marketing e compras, no processo de projeto (DARSES; REUZEAU, 2008; DARSES, 2004).

O *design* participativo possui uma forma de obter a expressão das necessidades ao realizar análises funcionais e ao especificar o ponto de vista da utilização, a fim de melhorar as condições de trabalho de futuros projetos (DARSES; REUZEAU, 2008). Uma vantagem considerável da participação de trabalhadores é que seu envolvimento permite conscientizá-los sobre questões ergonômicas e também sobre o cuidado da própria saúde, permitindo,

então, que se introduza e mantenha uma cultura permanente do bem-estar na organização (HENDRICK, 2009).

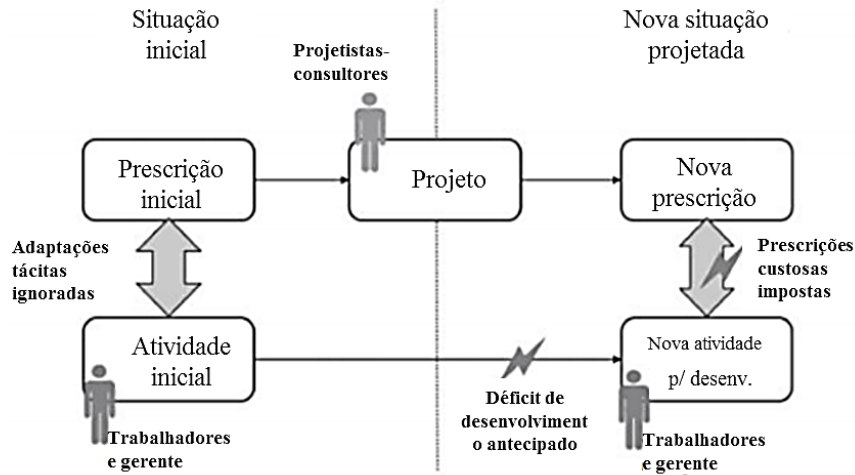
De acordo com Darses e Reuzeau (2008), o papel do ergonomista no *design* participativo é: identificar o problema de concepção através de uma confrontação entre os dados de diferentes categorias de utilizadores e as normas; contribuir na validação dos dados coletados a partir do processo participativo; construir um relatório que auxilie a tomada de decisão; preparar recomendações. Os princípios e métodos propostos pelo *design* participativo são úteis, principalmente, em situações de projeto, nas quais é necessário integrar as perspectivas de diferentes interesses (DARSES; REUZEAU, 2008). De forma específica na elaboração de projetos de arquitetura e instalações prediais, a ergonomia de concepção apresenta contribuições, ao propor que o acúmulo de experiências colabora para a transformação de um posto de trabalho que ainda não existe materialmente (VIDAL, 2002).

A ergonomia baseia-se na análise do trabalho, entretanto, na fase de concepção, o trabalho, tema da intervenção do ergonomista, ainda não existe, sendo necessária a utilização da abordagem da atividade futura (DANIELLOU, 2008). Ainda de acordo com o autor, a abordagem da atividade futura consiste em “uma previsão das margens de manobra que a concepção abre aos modos operatórios futuros, e um prognósticos quanto às diferentes formas de custo que estes podem comportar”, o que exige uma variedade de conhecimento sobre o trabalho humano.

Lima e Duarte (2014) levantam os seguintes questionamentos a respeito do paradoxo da ergonomia de concepção presente quando se deseja estabelecer configurações de uso para projetos futuros: como evitar recomendações excessivamente genéricas que se limitariam a dizer que as situações futuras devem ser ergonômicas, mas sem muitos detalhamentos, pois cada projeto é singular? Como assegurar que as recomendações oriundas de situações atuais sirvam a novos projetos? Como manter vivas essas recomendações, sabendo que o projeto inicial se transforma durante o ciclo de vida?

Projetos conduzidos com fraca participação dos gerentes de operação, com muita importância apenas na parte técnica e que não consideram as situações de variabilidades podem trazer problemas, como resultados inesperados, atrasos e, às vezes, sérios acidentes (BARCELLINI; BELLEGHEM; DANIELLOU, 2013). Os autores ilustram o curso de gerenciamento de projetos considerando e não considerando o trabalho real, mostrando que, quando a estrutura da atividade e suas variabilidades não são levadas em consideração, solicita-se dos trabalhadores a adoção de novas medidas de adaptação para o desenvolvimento das atividades, como mostra a Figura 8.

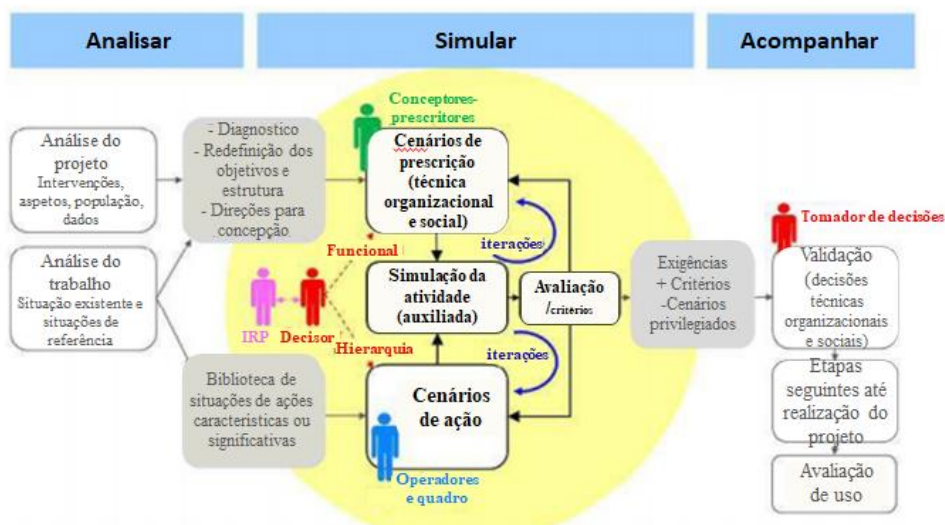
Figura 8-Falhas no desenvolvimento de atividades em um modo de gerenciamento de projeto



Fonte: Adaptado de Barcellini, Belleghem e Daniellou (2013, p.3)

Diante disso, Barcellini, Belleghem e Daniellou (2013) propõem uma abordagem de condução de projeto que produz efeitos superiores aos objetivos iniciais, pois, além de contribuir para o projeto de novas situações, ajuda os gestores no desenvolvimento de suas próprias atividades. A Figura 9 apresenta a abordagem de condução de projeto proposta pelos autores.

Figura 9- Abordagem de condução de projeto



Fonte: Adaptado de Barcellini, Van Belleghem e Daniellou (2013, p. 5)

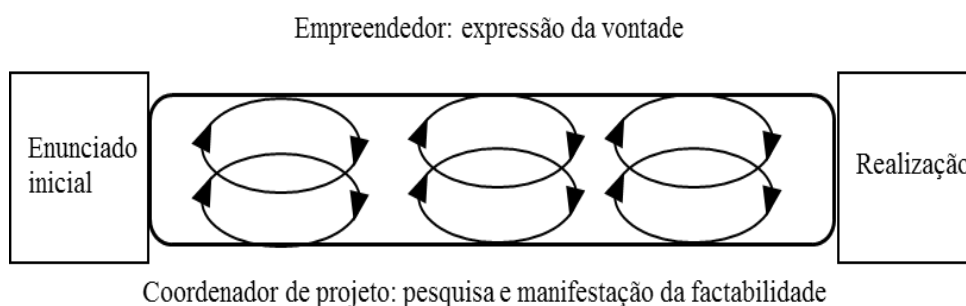
Nessa condução, o início conta com a análise do trabalho, cujo objetivo é obter conhecimento sobre o mesmo, para contribuir com o enriquecimento do projeto e para a

continuidade do processo. Os resultados das simulações da atividade juntamente com as análises do trabalho compõem os novos cenários a serem validados e avaliados após a realização do projeto.

A análise das situações de referência permite o levantamento de formas de variabilidade e é ferramenta essencial para o processo de concepção de novos projetos, pois estabelece uma ligação entre as atividades analisadas e a atividade futura (DANIELLOU, 2008). Em projetos arquitetônicos, definir objetivos de projeto, programação e memoriais descritivos baseando-se em situações de referência auxilia a realizar melhor avaliação das consequências de determinadas escolhas (DANIELLOU, 2004).

Martin (2008) propõe um modelo de construção coletiva e progressiva do desenvolvimento dos projetos arquitetônicos, pois os atores da concepção desses projetos devem inferir informações, restrições e especificações durante todo o processo, conferindo um esquema representado por um espiral iterativo entre a vontade expressa pelo empreendedor e as contribuições sobre a factibilidade dada pelo coordenador de projeto, como mostra a Figura 10.

Figura 10- Modelo de construção coletiva e progressiva



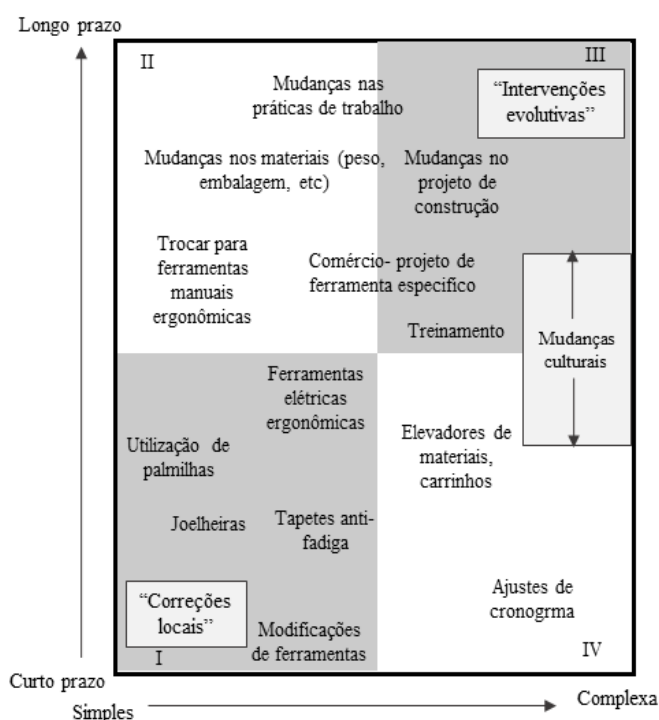
Fonte: Martin (2008, p. 359)

Apesar de ser vista como uma abordagem de melhoria da produtividade, qualidade ou eficiência, a ergonomia participativa, ao envolver os trabalhadores em intervenções ergonômicas, melhora a visão de seu trabalho, sendo, então, uma abordagem centrada no ser humano a qual tem, como efeito secundário, melhorar o aspecto da segurança (IMADA, 2002). Em sistemas organizacionais, os efeitos e potencialidades da ergonomia participativa são ilimitados quando aplicados na análise, projeto, integração e implementação de novas tecnologias (BROWN, 2002).

Outros desafios encontrados na introdução da ergonomia no processo de projeto nas indústrias são o tempo disponível para análise de trabalho, a limitação de interação com os trabalhadores, técnicos, setores e fornecedores externos, a validação dos dados e a continuidade do processo de intervenção ergonômica (SANTOS; ZAMBERLAN; PAVÃO, 2002). A fim de que futuras instalações funcionem com maior eficiência e confiabilidade operacional, a experiência e o saber que a empresa foi construindo durante sua existência devem ser levados em conta, pressupondo que, além da análise da atividade, aconteça uma construção social a partir do envolvimento de todos os responsáveis pela produção (DUARTE, 2002).

Ao longo de sua pesquisa, Hecker, Guibbons e Barsotti (2001) desenvolveram um modelo que avalia as intervenções ergonômicas na construção civil sob os aspectos de complexidade e duração. Graficamente, esses fatores são relacionados ao longo de dois eixos, e são delimitados quatro quadrantes (Figura 11). O eixo X refere-se ao nível de facilidade ou dificuldade com o qual a intervenção pode ser implementada, se são requeridos diversos ajustes para sua aplicação. O eixo Y refere-se à expectativa de obtenção de resultados da intervenção, se são a curto ou longo prazo.

Figura 11- Matriz de intervenção ergonômica na construção



Fonte: Adaptado de Hecker, Guibbons e Barsotti (2001, p. 187)

As intervenções localizadas no quadrante I não necessitam de grandes modificações na forma de realizar a atividade, podendo ser facilmente implementadas pelo próprio trabalhador. O quadrante II abrange as intervenções relativas a mudanças de materiais e trocas de ferramentas, que apresentam consideráveis melhorias para os trabalhadores a longo prazo. No quadrante III, as intervenções implicam em melhorias a longo prazo e apresentam mais dificuldades de realização, como a consideração da construtibilidade em projetos, que dificilmente pode ser melhorada no momento da execução; é nesse quadrante que se enquadram as propostas deste trabalho. O quadrante IV refere-se a ajustes de cronograma e introdução de carrinhos para transporte de materiais, ou seja, intervenções que demandam envolvimento de diferentes níveis projetuais.

3.1.2 Construção social em ergonomia

Segundo Vidal (2012), “o funcionamento eficaz de uma ação ergonômica requer uma estrutura de ação, de natureza participativa, técnica e gerencial”. A realização de uma metodologia participativa nas escolhas de concepção em um processo de projeto implica que a abordagem ergonômica precisa ter uma construção social e uma construção técnica (DANIELLOU, 2008).

Em ergonomia, a construção social caracteriza-se como uma estrutura de ação participativa, técnica e de gestão realizada desde a etapa de instrução/construção da demanda em uma ação ergonômica (SALDANHA et al., 2012). A equipe que compõe a Construção Social é composta por pessoas que prestam suporte técnico, permitindo o desenvolvimento de intervenções na empresa, e por indivíduos que realizam o levantamento de dados objetivando o entendimento da atividade (SALDANHA, 2004).

A estrutura social da intervenção em ergonomia é produzida necessariamente à medida que avançam os contatos entre os atores do projeto (THIBAUT, 2002). A construção social posiciona o ergonomista em relação aos diferentes atores do processo de concepção e permite o desenvolvimento de interações pertinentes (DANIELLOU, 2008).

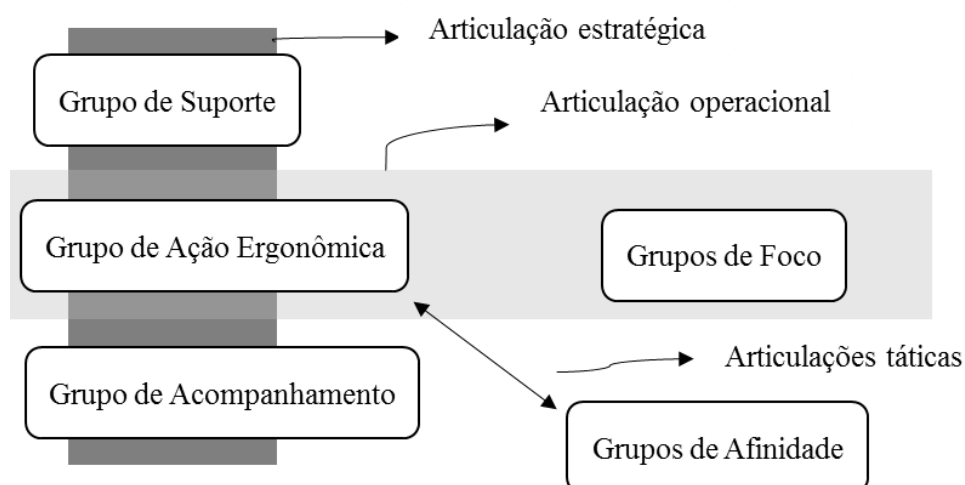
Após a negociação da demanda, a construção social passa a ser ampliada por meio de parcerias, trabalhos em conjunto e relações técnicas e sociais, ocorrendo com segmentos e momentos distintos da intervenção, constituindo a construção técnica (SALDANHA, 2004). Saldanha (2004) ressalta a relevância dos interlocutores privilegiados, sobretudo nas

articulações entre os diversos grupos e na construção da reputação e da aceitação dos pesquisadores, aspecto de grande importância na construção social.

A construção social da intervenção requer a implementação de um processo organizacional que compreende a condução política da intervenção, a coordenação técnica da elaboração de soluções, a interface com os órgãos representativos do pessoal e a instrução das opções de projeto (DANIELLOU; BÉGUIN, 2007).

O início da construção social é marcado pela intenção em realizar uma intervenção na construção da demanda e continua sendo ampliada com a identificação de grupos de suporte, grupos de acompanhamento e grupos de foco (SALDANHA, 2004). A articulação entre os diversos grupos (Figura 12), que se encontram em planos diferentes na organização, ocorre através de um dispositivo de escuta e de interações, permitindo que predominem a objetividade e o consenso em cada momento da análise ergonômica (VIDAL, 2012).

Figura 12- Articulações como condições necessárias e suficientes para o sucesso da ação ergonômica



Fonte: Vidal (2012, p. 71)

Os diferentes grupos que compõem a construção social são descritos por Saldanha (2004) como: O Grupo de Ação Ergonômica (GAE), formado pelas pessoas a quem coube a responsabilidade da ação ergonômica pela articulação das equipes de ergonomia; o Grupo de Suporte (GS), representado pelos que têm poder de decisão na empresa; o Grupo de Acompanhamento (GA), composto por aqueles que têm autoridade para tomar decisões técnicas relacionadas ao andamento da intervenção ergonômica; os Grupos de Foco (GF), integrados por pessoas que fazem parte dos diversos locais onde intervenções ergonômicas participam do levantamento dos dados, restituição e validação dos diversos momentos; o

Grupo de Especialistas (GE), constituído pelos que auxiliam com conhecimentos especializados para resolver problemas específicos, como uma sistematização, mensuração ou um conjunto de procedimentos.

A utilização de estratégias de planeamento das reuniões, da documentação prévia a ser enviada, preparação das pessoas para uma reunião de trabalho ou de divulgação, no conteúdo de uma apresentação, deve ser elaborada levando em consideração o público alvo e os objetivos de cada apresentação (SALDANHA, 2004). Saldanha (2004) ainda demonstra que as dificuldades relacionadas ao academicismo da Universidade podem ser superadas a partir da construção e da ampliação das relações técnicas e sociais, as quais possibilitam ultrapassar as barreiras internas existentes nas empresas, tornando-as abertas para a integração das contribuições externas.

3.1.3 Análise da atividade

A análise da atividade faz parte das etapas da metodologia da Análise Ergonômica do Trabalho (AET) e consiste em compreender o que é efetivamente realizado pelos trabalhadores, possibilitando estabelecer relações entre os constrangimentos do trabalho, a atividade executada e as consequências das atividades para a saúde e para a produção (GUÉRIN et al., 2006; VIDAL, 2012)

A Figura 13 representa a relação entre a tarefa e a atividade de trabalho. A tarefa é o que é prescrito ao trabalhador, e entende-se a atividade como a estratégia adotada por ele para se adaptar à situação real de trabalho, com o intuito de produzir resultados efetivos (GUÉRIN et al., 2001).

Figura 13- Trabalho prescrito x trabalho real



Fonte: Guérin et al. (2001, p. 15)

Ao realizar a Análise do Trabalho através da análise da atividade, o ergonomista revelará determinantes desconhecidos da atividade dos trabalhadores (variabilidades), além das estratégias construídas por eles, a fim de antecipar e lidar com incidentes (GUÉRIN et al., 2001). De acordo com Vidal (2012), o reconhecimento da atividade de trabalho é um processo fundamental para depurar as demandas ergonômicas, através da combinação de técnicas de observação com procedimentos interacionais que permitem a construção conjunta de demandas. Através dessa análise, compreende-se que a distância entre a tarefa e a atividade é evidenciada pelas variabilidades que modificam o modo de agir do trabalhador (GUÉRIN et al., 2001).

Guérin et al. (2001) categoriza as variabilidades como normais ou incidentais. A variabilidade normal, que pertence ao próprio tipo de trabalho efetuado, constitui-se por alguns aspectos previsíveis, tais como variações sazonais de produção, diversidade de produtos ou tipo de serviços, variações de matérias primas. As variabilidades incidentais não fazem parte do curso comum da atividade, por exemplo, as variações instantâneas da demanda, os incidentes que ocorrem em um dispositivo técnico, as variações imprevisíveis do material de trabalho e as variações meteorológicas do ambiente.

Dessa forma, a intenção do estudo da variabilidade da produção para os ergonomistas não é suprimi-la, e sim compreender a forma com a qual os operadores enfrentam a diversidade e as variações de situações e quais consequências trazem para a produção (GUÉRIN et al., 2001). A intenção central do ponto de vista da atividade é, portanto, favorecer outra concepção da tarefa que interesse particularmente à contribuição da ergonomia nas abordagens de concepção, ressaltando-se que não há intuito de se evitar a questão da prescrição, mas de renová-la (HUBALT; FERREIRA, 2004).

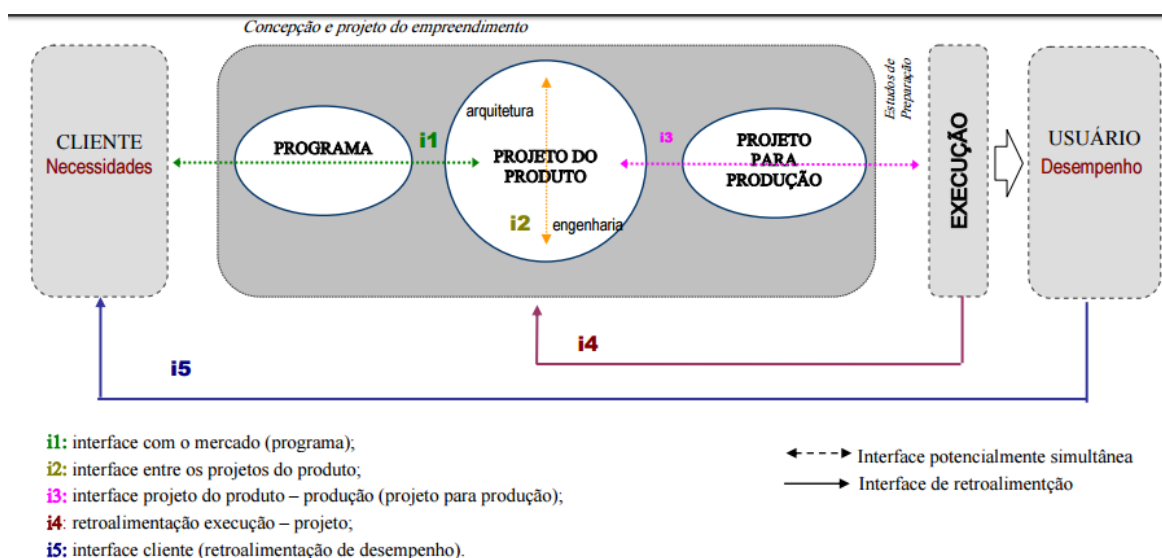
3.2 ASPECTOS DE OTIMIZAÇÃO CONJUNTA DE PROJETO E EXECUÇÃO DE EDIFICAÇÕES

Tanto as informações de pontos positivos quanto as falhas devem ser armazenadas em um banco de dados, por possuírem potencial para subsidiar o processo de melhoria de futuros projetos (KAGIOGLOU et al., 1998). Tzortzopoulos (1999) indica, como um dos aspectos de melhoria do processo de projeto, o desenvolvimento de um mecanismo de *feedback* para a criação de um banco de dados contendo informações de todas as etapas de projeto, o qual será dirigido aos diversos profissionais envolvidos no processo. O autor destaca a importância da

retroalimentação de informações das fases de projeto, do uso e da execução como melhoria contínua no processo de redefinição de diretrizes de projeto da empresa

Fabrício (2002) representou o processo de desenvolvimento de produto na construção de edifícios através de 5 interfaces, como mostra a Figura 14. As interfaces estabelecem práticas de cooperação simultânea e referem-se ao cliente (i1), entre os projetistas de especialidades, (i2) e à construtibilidade dos projetos (i3). A essas interfaces, foram acrescentadas as interfaces de retroalimentação das fases de execução (i4) e uso (i5). Destaca-se a importância das etapas de retroalimentação de informações, que são utilizadas na concepção de novos projetos.

Figura 14- Interfaces do processo de desenvolvimento de produto na construção de edifícios



Fonte: Fabrício (2002, p. 299)

Ao realizar observações de reuniões em canteiros de obras, Maki (2015) identificou aspectos que motivaram o acontecimento da reunião e seus participantes e mostraram como acontece o desenvolvimento de soluções de projeto. O gestor da obra indicou divergências entre a execução e o projeto ou necessidade de discussão de procedimentos, percebendo-se que a experiência do gestor da obra foi levada em consideração de forma significativa na elaboração de novas soluções (MAKI, 2015). É necessária a criação de novas práticas de co-projeção para projetos de construção além de repensar as práticas atuais de compartilhamento de conhecimento entre gestores de obras, projetistas, fornecedores de materiais, responsáveis pela manutenção e usuários finais (MAKI, 2015).

No âmbito da melhoria de projetos, serão abordados de forma específica as melhorias em construtibilidade e as melhorias em segurança ocupacional. A construtibilidade, com seu ponto de partida o projeto que incorpora experiências do canteiro de obras, e a sua relação com a segurança ocupacional

3.2.1 Construtibilidade

O conceito de construtibilidade pode ter diferentes definições na literatura. De acordo com o *Construction Industry Institute* (CII), a construtibilidade foi definida em 1986 como “o uso ideal do conhecimento e experiência da construção no planejamento, projeto, aquisição e operações em campo para atingir os objetivos globais do projeto” (RAJENDRAN, 2007). Em outra publicação em 1986, o CII especificou como o conhecimento e experiência da construção podem ser eficientemente utilizados na concepção de projetos (RAJENDRAN, 2007):

- Na concepção e planejamento orientados para a construção;
- Na elaboração de projetos que permitam uma construção eficiente;
- Nos projetos que facilitem fabricação, transporte e instalação;
- Nos projetos que devem ajudar a construção sob condições adversas;
- Nas especificações que simplifiquem as operações de construção.

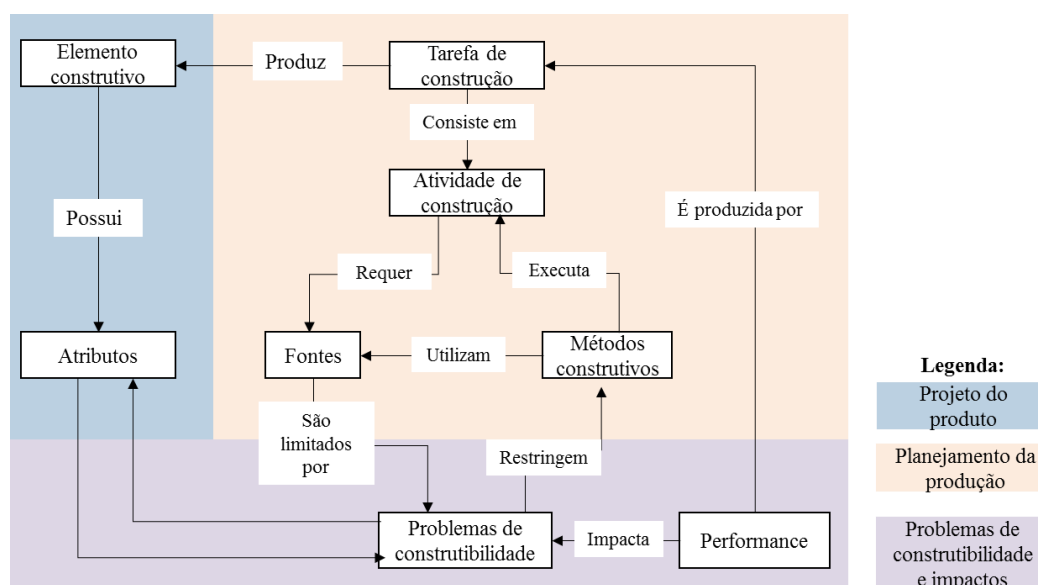
Problemas de construtibilidade são tipicamente documentados durante o andamento de um projeto, mas raramente são armazenados como lições aprendidas (PULASKI; HORMAN, 2005). Diante disso, Pulaski e Horman (2005) propuseram um modelo para auxiliar as organizações na avaliação de questões de construtibilidade atuais: começar a documentar e classificar problemas em um banco de dados que pode futuramente ser consultado pelas equipes de projeto e entender quais tipos de problemas eles devem abordar. Os benefícios em melhorar a construtibilidade de projetos são associados ao cronograma, custo, qualidade, desempenho de segurança e eficiência (WONG et al., 2007).

Rajendran (2007) propõe que a equipe responsável pela construtibilidade deve ser constituída de profissionais de diferentes áreas, envolvidos desde as primeiras etapas. O conhecimento gerado durante revisões de construtibilidade nos projetos podem ser divididos em dois grupos principais: conhecimento de produto (projeto) e de processo (sequência e cronograma) (PULASKI; HORMAN, 2005). Geralmente a equipe de execução possui o

conhecimento de processo, e a de projeto detém o conhecimento de produto (PULASKI; HORMAN, 2005). Mesmo que suas opiniões sejam, algumas vezes, conflitantes, é preciso haver uma colaboração (PULASKI; HORMAN, 2005), dessa forma, garante-se que as decisões tomadas tenham a construção como foco e que a experiência pessoal dos projetistas influenciem de forma positiva (RAJENDRAN, 2007).

Em relação ao sistema de concreto armado, Jiang e Leicht (2016) propõem uma abordagem ontológica sobre os aspectos da construtibilidade, a fim de que sejam integrados em sistemas automatizados, como o *Building Information Modelling* (BIM). A abordagem identifica interdependências entre atributos de projeto e os elementos construtivos, estabelecendo o caminho da informação durante o projeto (JIANG; LEICHT, 2016). A Figura 16 apresenta a ontologia do conhecimento sobre construtibilidade sob os domínios do produto, produção e a inter-relação entre eles.

Figura 15-Representação orientada a objetos da ontologia da inspeção de construtibilidade



Fonte: Adaptado de Jiang e Leicht (2016, p 460)

Por exemplo, as ligações entre simplificação do projeto e operação indicam a utilização da construtibilidade para planejar arranjos simples, evitando o uso de capitéis e obtendo uma superfície plana mais rápida de executar (JIANG; LEICHT, 2016).

De forma específica em edificações de concreto armado, Jarkas (2010b) analisou, através de observações, o efeito de diferentes características de projeto na produtividade dos trabalhadores. Aliados à execução de pilares em concreto, foram características de construtibilidade a razão entre o número total de colunas e o número total de eixos de coluna,

a variabilidade dos tamanhos das colunas, a repetição de tamanhos, os tamanhos de coluna e a geometria (JARKAS, 2010b).

De acordo com Jarkas (2010b), as atividades na execução de concreto armado consistem em medições cuidadosas, montagem e corte de formas, e a repetição dessas tarefas torna o trabalhador, cada vez mais, familiarizado com a sequência de operação. Os resultados obtidos correlacionam-se bem com os princípios de construtibilidade, como padronização, racionalização e repetição do projeto, e com os efeitos sobre a produtividade dos trabalhadores (JARKAS, 2010b). Quando comparados com formas retangulares, os pilares circulares apresentam dificuldades adicionais à execução (JARKAS, 2010b).

Os resultados encontrados permitem fornecer *feedback* aos projetistas no que se refere a melhorias no aspecto de construtibilidade para futuros projetos, além de fornecer informações aos gestores de obras sobre a produtividade e planejamento das atividades de execução de concreto armado (JARKAS, 2010b). O autor destaca a recomendação de realizar esse tipo de estudo analisando outros componentes da estrutura em concreto armado, de modo a compor um sistema de apoio à construtibilidade de projetos, tornando-o disponível para projetistas.

De forma semelhante, em outro estudo, Jarkas (2010a) analisou a influência de características das lajes em concreto armado na produtividade dos trabalhadores. A produtividade de trabalhadores executando lajes repetidas é 21% maior do que na primeira execução. O aumento da produtividade na repetição de lajes relaciona-se com a economia de tempo em planejar e com identificar a localização dos painéis, os possíveis cortes das formas e a experiência acumulada das características do projeto (JARKAS, 2010a). Em relação à produtividade, Jarkas (2010a) sugere que sejam evitados painéis de lajes curvilíneos e/ou não retangulares, que as repetições sejam maximizadas e que os projetos devam ser arquitetonicamente e estruturalmente simplificados, para economizar medições e cortes

3.2.2 Segurança ocupacional na execução de projetos

Além dos aspectos relativos à construtibilidade, os projetos na construção civil também podem ser melhorados sob o aspecto da segurança dos trabalhadores envolvidos em sua execução. É necessário que o projetista possua conhecimento acerca das atividades da construção, da sequência e da coordenação entre diferentes áreas, para efetivamente incorporar aspectos de segurança no projeto (TOOLE, 2005). Em função disso, pesquisas são

conduzidas para auxiliar projetistas com sugestões de projeto que podem mitigar riscos comuns encontrados na construção civil (GAMBATESE et al., 1997).

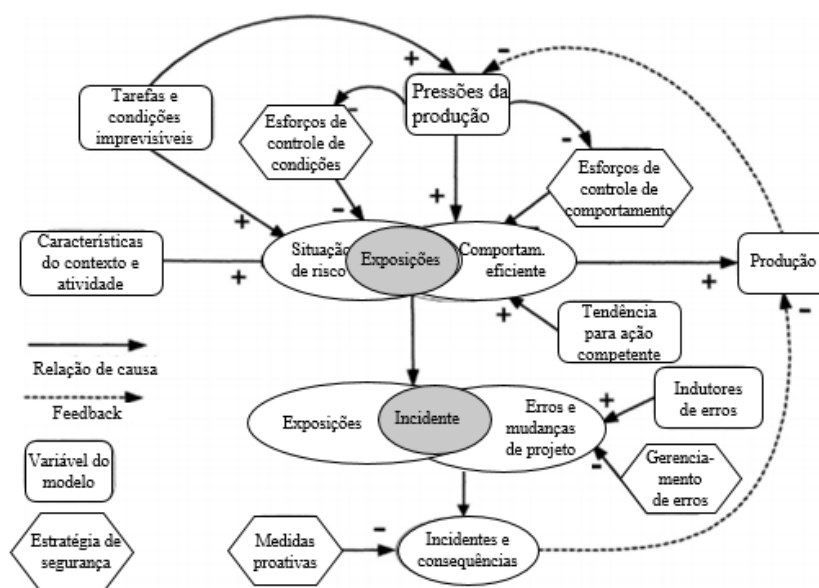
Toole (2005), baseando-se em sua experiência prática na indústria da construção civil, descreveu cinco métodos através dos quais os projetistas podem influenciar positivamente a segurança na construção:

- 1- Processo sistemático de revisões dos projetos, a fim de que a segurança possa ser combinada aos custos, funcionalidade e construtibilidade;
- 2- Criação de documentos que contenham detalhamento técnico, sequência de atividades e especificações de decisões projetuais que facilitem a execução das atividades pelos trabalhadores;
- 3- Que os projetistas solicitem aos contratantes que um dos critérios para a seleção das empreiteiras para executar o projeto seja possuir projetos de segurança;
- 4- Que os projetistas analisem também os projetos comerciais, a fim de verificar a compatibilidade com os princípios da segurança;
- 5- Realizar acompanhamento do canteiro de obras, o que auxilia na melhor compreensão das estruturas temporárias, incorporando-as em seus projetos.

A integração dos requisitos de segurança à etapa de desenvolvimento de produto (DP) pode ser considerada uma alternativa vantajosa entre as medidas que vêm sendo estudadas para a redução de acidentes na indústria da construção, visto que visa a eliminar ou reduzir os perigos nas suas origens (SAURIN, 2005; SAURIN, FORMOSO, 2008). Saurin (2005) propõe a integração de requisitos de segurança no trabalho à etapa de DP na construção civil, através da adoção do ciclo de gerenciamento de riscos em cada etapa do projeto, elaborando também bancos de dados de medidas práticas de integração que sejam coerentes à realidade do Brasil.

O modelo de Mitropoulos, Abdelhamid e Howell (2005) identifica os fatores que influenciam a probabilidade da ocorrência de acidentes durante a atividade de construção, identificando também momentos de promover *feedbacks* devido à ocorrência de incidentes ou outras consequências na produção (Figura 16).

Figura 16- Modelo de causa de acidentes



Fonte: Adaptado de Mitropoulus, Abdelhamid e Howell (2005, p. 819)

Shapira e Lyachin (2009) realizaram, a partir de observações e entrevistas com especialistas em atividades, o levantamento de fatores que afetam a segurança durante as obras. Os 21 fatores identificados foram classificados nas seguintes categorias: condições de projeto, questões ambientais, o fator humano e gestão de segurança, tendo sido apresentadas sua descrição, definição e risco de segurança relacionado (SHAPIRA; LYACHIN, 2009).

Destaca-se também a existência de consenso entre as avaliações dos especialistas para os fatores de gestão de segurança da empresa, pontos cegos, características do operador e a experiência do ajudante de sinalização. Espera-se que o levantamento e análise dos fatores auxiliem na investigação de acidentes com guias, pois expõem, de forma clara, a causa raiz dos riscos de acidentes (SHAPIRA; LYACHIN, 2009).

Estratégias para reduzir os erros de projeto de construção devem ser melhor estudadas, e muitos erros podem ser prevenidos através da criação de ambiente de aprendizado em que os indivíduos possam aprender a partir dos erros cometidos (LOPEZ et al., 2010). Dagan e Isaac (2015) utilizaram diagramas 3D para representar a movimentação dos trabalhadores no canteiro de obras e método matricial para estabelecer distâncias mínimas entre os trabalhadores. O objetivo dessa abordagem foi reduzir situações perigosas devido à proximidade entre trabalhadores e equipamentos, considerando o caráter dinâmico do canteiro de obras (DAGAN; ISAAC, 2015). Assim, a metodologia auxilia na realização de ajustes relativos à segurança nos canteiros de obras ainda durante a elaboração do projeto (DAGAN; ISAAC, 2015).

Toole e Gambatese (2008) identificaram quatro trajetórias da *Construction Hazards Prevention Through Design* (CHPtD): aumento de pré-fabricados, uso de materiais e sistemas menos perigosos, aplicação da engenharia construtiva e a consideração e investigação do espaço. Destaca-se o incentivo da consideração dos aspectos ergonômicos do trabalho juntamente com aspectos de construtibilidade dos projetos na última trajetória analisada.

O conceito de *Prevention Through Design* (PtD), consiste no envolvimento do projetista na concepção de projetos que eliminem possíveis fontes de riscos ocupacionais causados por processos industriais, construção e produtos, sendo abordados de forma específica no projeto para a construção civil, como *Design for Construction Worker Safety* (DCWS) (TYMVIOS; GAMBATESE, 2016).

De acordo com Tymvios e Gambatese (2015), os projetos de construção têm um ciclo de vida composto por fases de concepção, projeto, construção, operação/manutenção e demolição/reciclagem/revisão. O envolvimento do projetista durante esse ciclo de vida geralmente acontece por um tempo limitado, sobretudo na fase de concepção, o que reduz o desenvolvimento de competências em melhorar aspectos de segurança (TYMVIOS; GAMBATESE, 2015).

Tymvios e Gambatese (2015), em pesquisa realizada através de *survey*, arquitetos, engenheiros, construtores e donos de construtoras, foram questionados sobre o conhecimento do conceito de *PtD* e sobre o interesse e a possibilidade de sua implementação na construção civil dos EUA por esses participantes. A maior parte dos engenheiros e arquitetos citaram obstáculos econômicos, contratuais e legais para a prática de *Ptd*, e a maior parte dos contratantes identificaram apenas obstáculos econômicos (TYMVIOS; GAMBATESE, 2015).

Em outra pesquisa, Tymvios e Gambatese (2016) utilizaram o método Delphi para identificar quais grupos e métodos seriam mais eficientes para incentivar a utilização do conceito de *Ptd* na construção civil. Os membros especialistas participantes da pesquisa foram arquitetos, engenheiros, contratantes, proprietários de empresas e profissionais de segurança. O plano de negócios foi o método que apresentou potencial de gerar interesse em utilizar princípios do *Ptd* na construção civil, e o público alvo para ser despertado esse interesse foi o dos proprietários de empresas (TYMVIOS; GAMBATESE, 2016).

Forteza, Sese e Carretero-Gómez (2016) elaboraram um instrumento de identificação e análise de riscos em canteiros de obras, a fim de auxiliar futuras intervenções para aumentar a segurança e saúde na execução de obras. O CONSRAT (*Construction Site Assessment Tool*) consiste em uma série de variáveis de riscos, como projeto de saúde e segurança, proteções coletivas, queda em altura, entre outros, e de organizacionais, como a complexidade do

projeto, tamanho do canteiro de obras, características da etapa, entre outros (FORTEZA; CARRETERO-GÓMEZ, 2016).

Através da condução de um estudo de caso, Saunders et al. (2016) buscaram avançar o conhecimento acerca das vantagens em promover a integração da segurança no início do ciclo de vida de projetos para a construção civil. As análises buscaram a identificação de boas práticas no processo da construção em obras nos Estados Unidos e na Austrália, através de entrevistas e observações participantes (SAUNDERS et al.; 2016). No Reino Unido, por exemplo, é exigido, na regulamentação do *Construction Design and Management* (CDM), que a segurança dos trabalhadores da construção civil e também dos futuros trabalhadores de manutenção seja considerada na concepção de projetos pelos projetistas (TOOLE, 2005).

Os resultados mostram que os potenciais problemas de segurança foram comunicados em etapas iniciais do projeto, de forma mais eficiente, na Austrália, através da participação de comitês para tratar a segurança no projeto (SAUNDERS et al.; 2016). Também se identificou que a legislação e práticas trabalhistas australianas baseadas em sindicatos formam uma força de trabalho consciente, indicando conformidade com a literatura da vantagem de mudanças políticas (SAUNDERS et al.; 2016).

3.3 REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

Nesta seção, são apresentados os resultados obtidos através da Revisão Sistemática da Literatura (RSL). Após a análise bibliométrica dos artigos, é conduzida a análise qualitativa com foco na elaboração do *framework* teórico.

3.3.1 Análise da amostra

Em função de conhecer pesquisas antecedentes a respeito de construtibilidade e segurança no planejamento, de projeto e de execução na construção civil, os próximos subitens apresentam resultados obtidos através da revisão sistemática da literatura realizada. A condução da pesquisa (o método é apresentado com detalhes no capítulo 4) resultou em um *portfólio* de 50 artigos. O Quadro 3 apresenta os artigos que compõem a amostra de artigos da pesquisa.

Quadro 3- Relação dos artigos selecionados a partir da revisão sistemática da literatura

	Autores	Título	Periódico	JCR (2018)
1	Jensen e Friche (2007)	<i>Effects of training to implement new tools and working methods to reduce knee load in floor layers</i>	<i>Applied Ergonomics</i>	2.435
2	Hartmann e Fischer (2007)	<i>Supporting the constructability review with 3D/4D models</i>	<i>Building Research and Information</i>	3.468
3	Chan et al. (2008)	<i>Work at height fatalities in the repair, maintenance, alteration, and addition works</i>	<i>Journal of Construction Engineering and Management</i>	1.735
4	Aksorn e Hadikusumo (2008)	<i>Critical success factors influencing safety program performance in Thai construction projects</i>	<i>Safety Science</i>	2.835
5	Gambatese et al. (2008)	<i>Design's role in construction accident causality and prevention: Perspectives from an expert panel</i>	<i>Safety Science</i>	2.835
6	Hallowell e Gambatese (2009)	<i>Construction Safety Risk Mitigation</i>	<i>Journal of Construction Engineering and Management</i>	1.735
7	Mahalingam et al. (2010)	<i>An evaluation of the applicability of 4D CAD on construction projects</i>	<i>Automation in Construction</i>	4.032
8	Gangolells et al. (2010)	<i>Mitigating construction safety risks using prevention through design</i>	<i>Journal of Safety Research</i>	1.841
9	Hu e Zhang (2011)	<i>BIM- and 4D-based integrated solution of analysis and management for conflicts and structural safety problems during construction: 2. Development and site trials</i>	<i>Automation in Construction</i>	4.032
10	Ikuma et al. (2011)	<i>Use of Safety and Lean Integrated Kaizen to Improve Performance in Modular Homebuilding</i>	<i>Journal of Construction Engineering and Management</i>	1.735
11	Choi et al. (2011)	<i>Perceived benefits of applying Pay for Safety Scheme (PFSS) in construction – A factor analysis approach</i>	<i>Safety Science</i>	2.835
12	Deshpande et al. (2012)	<i>Analysis of the Higher-Order Partial Correlation between CII Best Practices and Performance of the Design Phase in Fast-Track Industrial Projects</i>	<i>Journal of Construction Engineering and Management</i>	1.735
13	Jarkas (2012)	<i>Influence of Buildability Factors on Rebar Installation Labor Productivity of Columns</i>	<i>Journal of Construction Engineering and Management</i>	1,735
14	Guo et al. (2013)	<i>VP-based safety management in large-scale construction projects: A conceptual framework</i>	<i>Automation in Construction</i>	4.032
15	Dėjus e Antuchevičien	<i>Assessment of health and safety solutions at a construction site</i>	<i>Journal of Civil Engineering and</i>	1.66

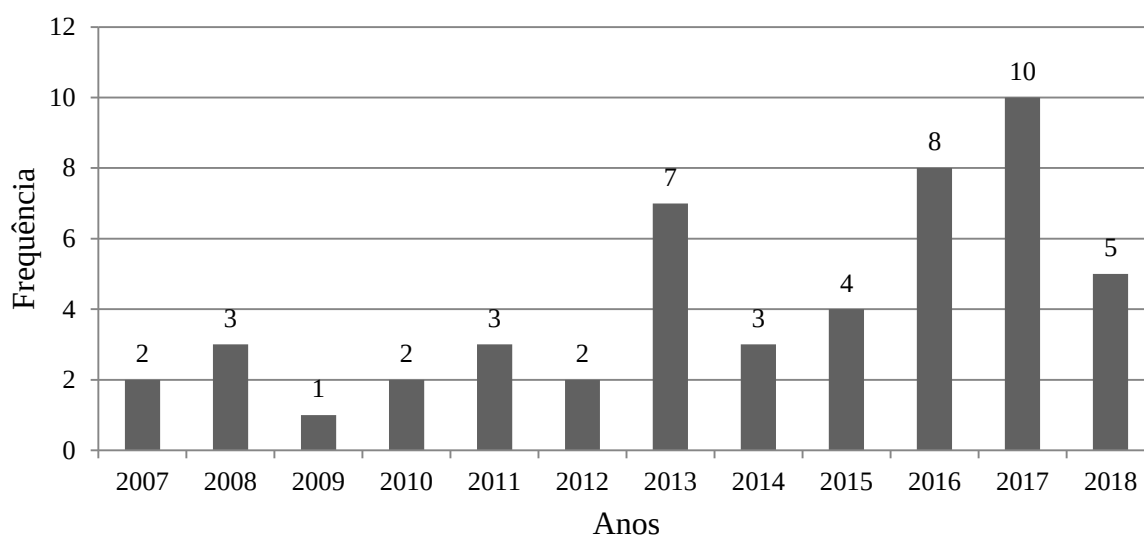
	Autores	Título	Periódico	JCR (2018)
	è (2013)		<i>Management</i>	
16	Hinze et al. (2013)	<i>Construction-Safety Best Practices and Relationships to Safety Performance</i>	<i>Journal of Construction Engineering and Management</i>	1.735
17	Mitropoulos e Memarian (2012)	<i>Task Demands in Masonry Work: Sources, Performance Implications, and Management Strategies</i>	<i>Journal of Construction Engineering and Management</i>	1.735
18	Rubio-Romero et al. (2013)	<i>Analysis of Construction Equipment Safety in Temporary Work at Height</i>	<i>Journal of Construction Engineering and Management</i>	1.735
19	Feng (2013)	<i>Effect of safety investments on safety performance of building projects</i>	<i>Safety Science</i>	2.835
20	Qi et al. (2013)	<i>Use of Building Information Modeling in Design to Prevent Construction Worker Falls</i>	<i>Journal of Computing in Civil Engineering</i>	2.31
21	Kuo e Wium (2014)	<i>The management of constructability knowledge in the building industry through lessons learnt programs</i>	<i>Journal of the South African Institution of Civil Engineering</i>	0.25
22	Liao et al. (2014)	<i>The relationship between communication and construction safety climate in China</i>	<i>Ksce Journal of Civil Engineering</i>	0.81
23	Fonseca et al. (2014)	<i>From construction site to design: The different accident prevention levels in the building industry</i>	<i>Safety Science</i>	2.835
24	Cheng et al. (2015)	<i>Use of safety management practices for improving project performance</i>	<i>International Journal of Injury Control and Safety Promotion</i>	0.875
25	Choudhry (2015)	<i>Achieving safety and productivity in construction projects</i>	<i>Journal of Civil Engineering and Management</i>	1.66
26	Zhong e Wu (2015)	<i>Economic sustainability, environmental sustainability and constructability indicators related to concrete- and steel-projects</i>	<i>Journal of Cleaner Production</i>	5.715
27	Li et al. (2015)	<i>Proactive behavior-based safety management for construction safety improvement</i>	<i>Safety Science</i>	2.835
28	Alarcón et al. (2016)	<i>Strategies for improving safety performance in construction firms</i>	<i>Accident Analysis and Prevention</i>	1.462
29	Gambatese e AlOmari (2016)	<i>Degrees of connectivity: Systems model for upstream risk assessment and mitigation</i>	<i>Accident Analysis and Prevention</i>	1.462
30	Kim et al. (2016)	<i>Integrating work sequences and temporary structures into safety planning: Automated scaffolding-related safety hazard</i>	<i>Automation in Construction</i>	4.032

	Autores	Título	Periódico	JCR (2018)
		<i>identification and prevention in BIM</i>		
31	Teo et al. (2016)	<i>Design for safety: theoretical framework of the safety aspect of BIM system to determine the safety index</i>	<i>Construction Economics and Building</i>	0.379
32	Namian et al. (2016)	<i>Improving Hazard-Recognition Performance and Safety Training Outcomes: Integrating Strategies for Training Transfer</i>	<i>Journal of Construction Engineering and Management</i>	1.063
33	Choudhry e Zahoor (2016)	<i>Strengths and Weaknesses of Safety Practices to Improve Safety Performance in Construction Projects in Pakistan</i>	<i>Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice</i>	0.456
34	Jitwasinkul et al. (2016)	<i>A Bayesian Belief Network model of organizational factors for improving safe work behaviors in Thai construction industry</i>	<i>Safety Science</i>	2.835
35	Zhong et al. (2016)	<i>Using Multiple Attribute Value Technique for the Selection of Structural Frame Material to Achieve Sustainability and Constructability</i>	<i>Journal of Construction Engineering and Management</i>	1.063
36	Penaloza et al., 2017	<i>Identification and assessment of requirements of temporary edge protection systems for buildings</i>	<i>International Journal of Industrial Ergonomics</i>	0.795
37	Kifokeris e Xenidis (2017)	<i>Constructability: Outline of Past, Present, and Future Research</i>	<i>Journal of Construction Engineering and Management</i>	1.063
38	Zolfagharian e Irizarry (2017)	<i>Constructability Assessment Model for Commercial Building Designs in the United States</i>	<i>Journal of Construction Engineering and Management</i>	1.063
39	Pirzadeh e Lingard (2017)	<i>Understanding the Dynamics of Construction Decision Making and the Impact on Work Health and Safety</i>	<i>Journal of Management in Engineering</i>	2.011
40	Lingard e Turner (2017)	<i>Promoting construction workers' health: a multi-</i>	<i>Construction Management and Economics</i>	0.816
41	Nascimento et al. (2017)	<i>level system perspective</i>	<i>Journal of Civil Engineering and Management</i>	1.66
42	Wu et al. (2017)	<i>Constructability in industrial plants construction: a</i>	<i>International Journal of Project Management</i>	1.463
43	Alomari et al. (2017)	<i>BIM-Lean approach using the Digital Obeya Room</i>	<i>Safety</i>	-
44	Gunduz et al. (2017)	<i>framework</i>	<i>Journal of Construction</i>	1.063
45	Teo Ai Lin et	<i>Leadership improvement and its impact on</i>	<i>Engineering and</i>	0.653

	Autores	Título	Periódico	JCR (2018)
	al. (2017)	<i>workplace safety in construction projects: A conceptual model and action research</i>	<i>Management</i>	
46	Bavafa et al. (2018)	<i>Opportunities for Using Building Information</i>	<i>Engineering, Construction and Architectural Management</i>	2.835
47	Gurmu e Aibinu (2018)	<i>Modeling to Improve Worker Safety Performance</i>	<i>Safety Science</i>	0.578
48	Hwang et al. (2018)	<i>Fuzzy Structural Equation Model to Assess</i>	<i>International Journal of Productivity and Performance Management</i>	0.329
49	Kim et al. (2018)	<i>Construction Site Safety Performance</i>	<i>Ksce Journal of Civil Engineering</i>	1.063
50	Ning et al. (2018)	<i>Framework for productivity and safety enhancement system using BIM in Singapore</i>	<i>Journal of Construction</i>	2.835

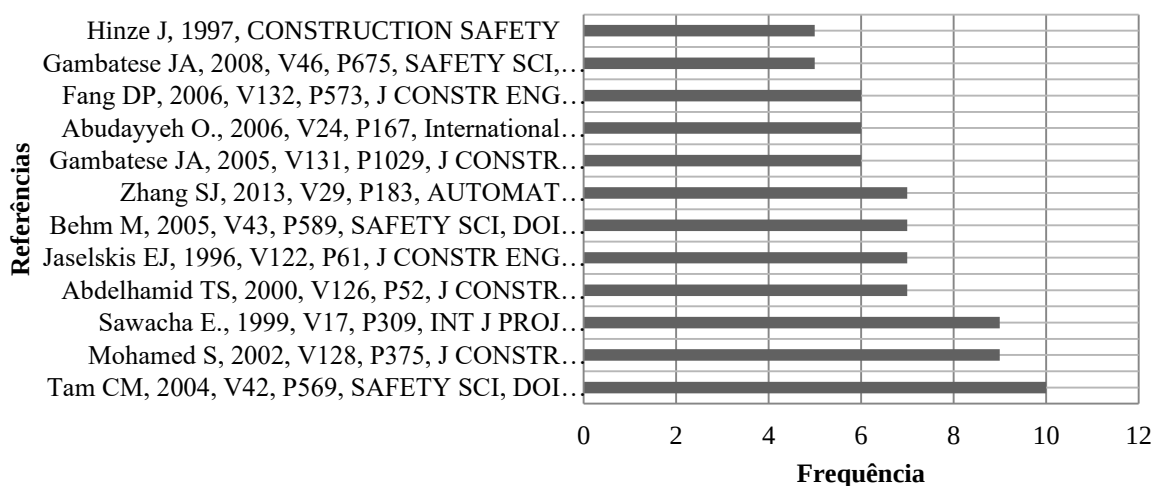
O período de tempo compreendido pela RSL é de 2007 a 2018. A Figura 17 indica que, a partir de 2013, aconteceu um aumento nas pesquisas da temática. A maior parte dos artigos da amostra se concentra nos anos de 2016 (8 artigos) e 2017 (10 artigos). A amostra possui 5 artigos publicados em 2018, indicando que existem pesquisas atuais na área do trabalho.

Figura 17- Distribuição dos artigos por ano de publicação



A Figura 18 mostra as 12 publicações mais citadas nas referências dos 50 artigos da amostra. Os três artigos mais citados são Tam, Zeng e Deng (2004) (citados 10 vezes), Mohamed (2002) (citado 9 vezes) e Sawacha et al. (1999) (citados 9 vezes). Apesar de sua representatividade, essas publicações não estão presentes no *portfólio* desta RSL devido à limitação do período de publicação. Tam, Zeng e Deng (2004) descreveram os resultados obtidos de um *survey* e de entrevistas conduzidas na indústria da construção na China, a fim de analisar a gestão da segurança. Mohamed (2002) é um artigo bastante reportado como referência de estudo, o qual propôs um modelo de pesquisa que liga determinantes de clima de segurança à prática de segurança na construção. Sawacha et al. (1999) estudaram a correlação entre os antecedentes dos operadores e a atitude em relação à segurança com seus registros de acidentes, para determinar o grupo de fatores que tem mais efeito na segurança no local, utilizando a Técnica de Análise Fatorial. Destaca-se que esses importantes trabalhos foram estudados, entretanto não foram considerados no *portfólio* da revisão sistemática da literatura desenvolvida nesta dissertação, devido ao ano de publicação, uma vez que se busca cobrir as pesquisas mais recentes no campo.

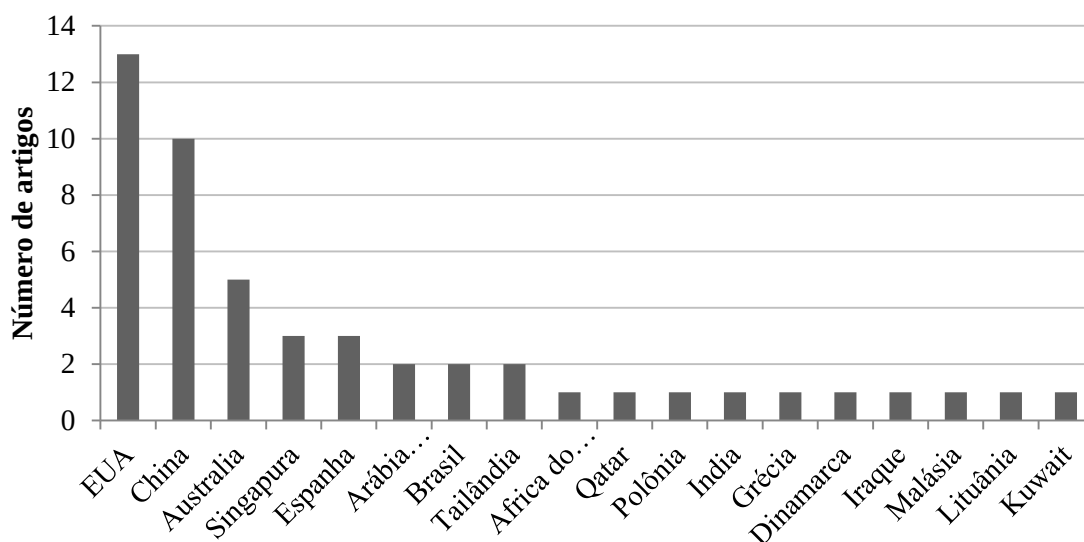
Figura 18- Doze artigos mais citados nas referências da RSL



A Figura 19 mostra os principais países de origem dos 50 artigos. De acordo com a distribuição, os Estados Unidos e China deram origem a mais publicações que os outros países. O destaque dessas nações pode estar associado ao maior nível de desenvolvimento do

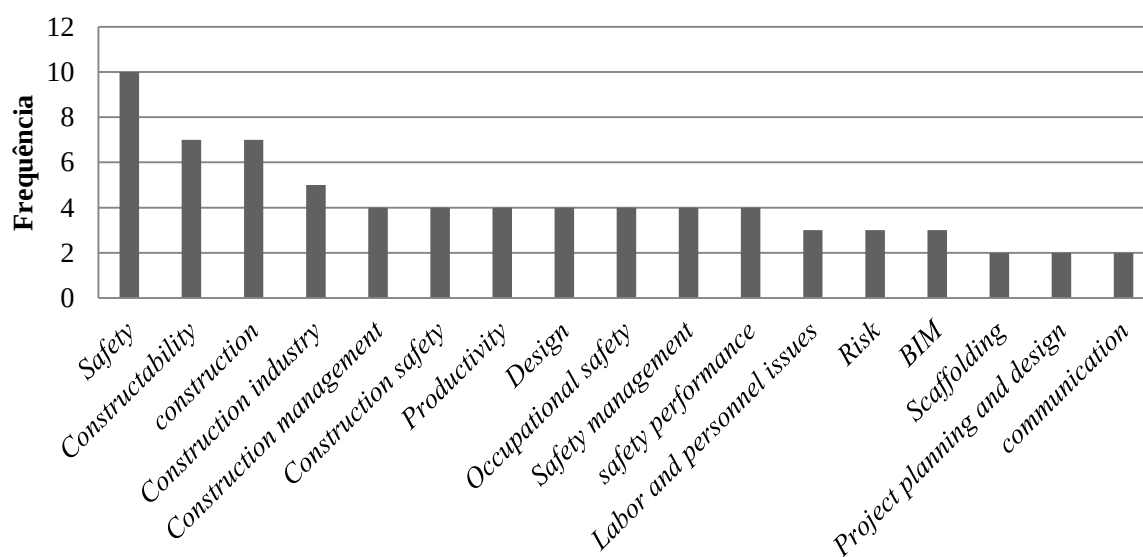
setor em cada um deles. A variedade de publicações entre diversos países demonstra que o tema é relevante e recebe uma atenção global.

Figura 19- Frequência de artigos da RSL de acordo com país de publicação



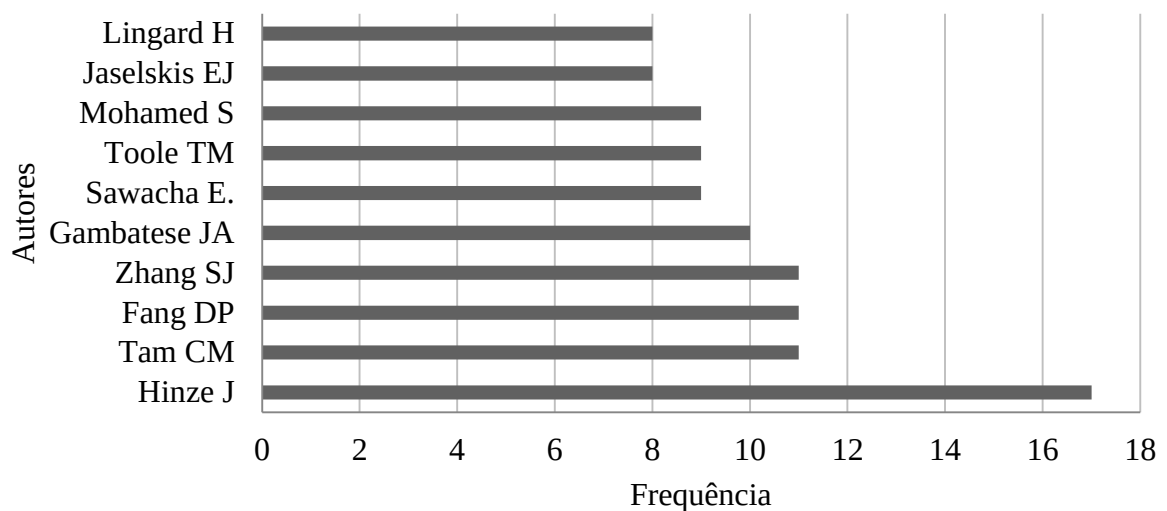
Utilizando o Bibexcel para processar as 150 palavras-chave dos 50 artigos, a Figura 20 apresenta a frequência das palavras-chave. As palavras *safety*, *constructability* e *construction* são as mais frequentes entre os artigos. Termos como *scaffolding*, *Project planning and design* e *productivity* mostram que os artigos da amostra estão alinhados com o setor de edificações dentro da construção civil.

Figura 20- Palavras-chave mais usadas nos artigos da RSL



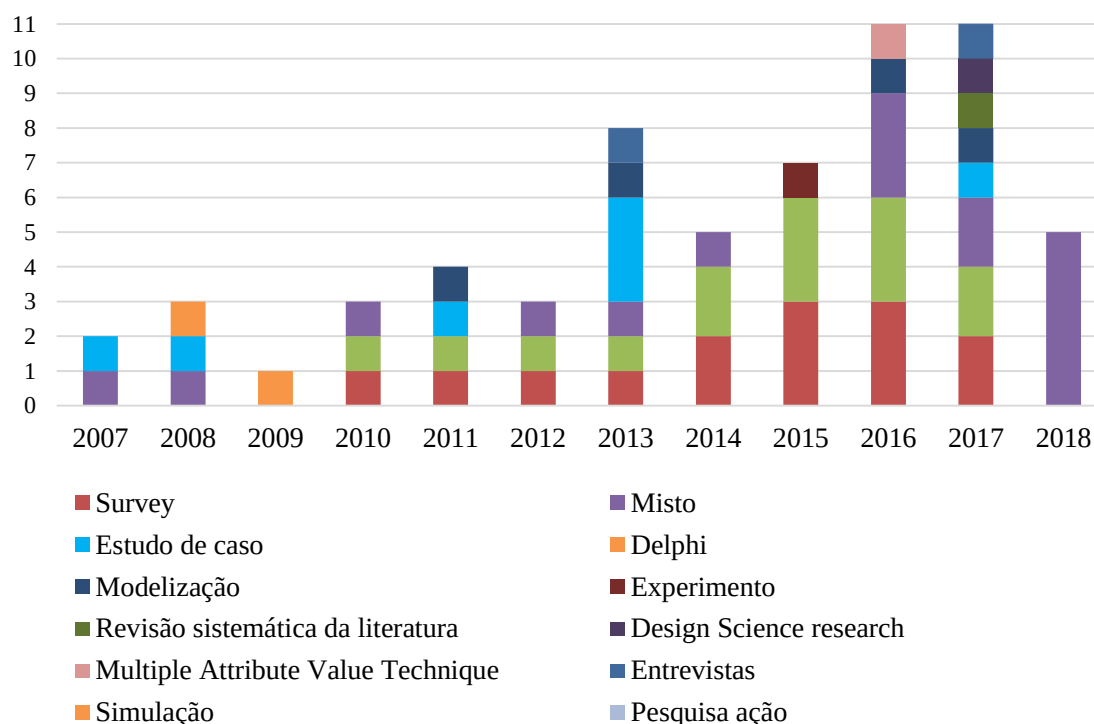
A Figura 21 apresenta os autores mais citados nas referências dos 39 artigos da amostra. Entre os 10 autores mais citados, três (Mohamed, Haslam e Zohar) estão presentes na Figura 18, que mostra as publicações mais citadas. Os autores Hinze e Choudry não estão presentes na Figura 18, porém são os autores mais citados na amostra. Isso pode indicar que tais pesquisadores possuem publicações recentes na área ou possuem mais de uma publicação importante.

Figura 21- Autores mais citados nos artigos da RSL



Em relação aos métodos de pesquisa utilizados, a Figura 22 apresenta a sua distribuição entre os artigos.

Figura 22-Distribuição dos artigos de acordo com o método de pesquisa



De modo geral, métodos quantitativos são limitados nos primeiros anos, percebendo-se um aumento desse método nas pesquisas atuais. A maior parte das pesquisas utilizou o *survey* (33%), seguido por métodos mistos (23%) e estudos de caso (18%). Os métodos mistos envolveram métodos qualitativos e quantitativos, por exemplo, algoritmos e estudo de caso (KIM; CHO; ZHANG, 2016), entrevistas e *survey* e análise de dados empíricos (NAMIAN et al., 2016). Os métodos menos utilizados foram revisões sistemáticas da literatura, *design science research*, modelização, experimentos, *Delphi* e uso de técnica *Multiple Attribute Value*.

Após a realização da análise geral dos artigos da amostra, a identificação dos fatores de melhoria foi realizada através da análise qualitativa dos artigos. Para uma melhor organização e compreensão do tema de pesquisa, o Quadro 4 apresenta os principais tópicos dos artigos e seus respectivos autores organizados em 5 grupos: BIM e soluções de modelagem para melhorar a segurança, construtibilidade, medição de desempenho da segurança na construção, projeto para segurança da construção e medidas de melhoria para segurança.

Quadro 4- Agrupamento de artigos de acordo com principais tópicos de pesquisa

Principais tópicos		Autores
BIM e soluções de modelagem para melhorar a segurança	Ferramenta PTD baseada em BIM; Algoritmos de conferência de segurança; Sistemas de monitoramento; tecnologia de <i>Virtual Prototyping</i> para ajudar gestão de segurança; Modelo de Redes Bayesianas de fatores organizacionais para melhoria de segurança; Modelos 3D/4D.	(GUO; LI; LI, 2013; HU; ZHANG, 2011; JITWASINKUL; HADIKUSUMO; MEMON, 2016; KIM; CHO; ZHANG, 2016; QI et al., 2013; TEO et al., 2016)
Construtibilidade	Identificar boas práticas; Investigar gestão de conhecimento atualmente vivenciada; Comparar desempenho de concreto e estruturas de aço; Tendências na pesquisa em construtibilidade; Redes de troca de informações entre participantes.	(DESHPANDE; SALEM; MILLER, 2012; HARTMANN; FISCHER, 2007; JARKAS, 2012; KIFOKERIS; XENIDIS, 2017; KUO; WIUM, 2014; MAHALINGAM; KASHYAP; MAHAJAN, 2010; PIRZADEH; LINGARD, 2017; ZHONG; WU, 2015; ZOLFAGHARIAN; IRIZARRY, 2017)
Medição de desempenho da segurança na construção	Quantificar habilidades pessoais para eliminar riscos ocupacionais; Efeitos de uma implementação de ergonomia participativa; Indicar razões de acidentes e medidas preventivas; efeitos de investimentos em segurança; Eficácia na transferência de conhecimento adquirido em treinamentos.	(AKSORN; HADIKUSUMO, 2008; CHOUDHRY, 2015; DÉJUS; ANTUCHEVIČIENĖ, 2013; FENG, 2013; HALLOWELL; GAMBATESE, 2009; IKUMA; NAHMENS; JAMES, 2011; JENSEN; FRICHE, 2007; NAMIAN et al., 2016)
Projeto para segurança da construção	PTD; Comunicação e antecipação entre diferentes níveis; Impacto do projeto na execução do elemento pelo trabalhador; projeto de proteções temporárias de periferia.	(FONSECA; LIMA; DUARTE, 2014; GAMBATESE; BEHM; RAJENDRAN, 2008; GAMBATESE; ALOMARI, 2016; GANGOLELLS et al., 2010; PENALOZA; SAURIN; FORMOSO, 2017)
Medidas de melhoria para segurança	Melhorar a segurança do trabalho em altura; Investigar demandas de atividades de trabalho em alvenaria; Criar uma lista de estratégias de segurança na construção; Padronização de andaimes; examinar a comunicação; Práticas de gestão de segurança; Gestão de segurança proativa baseada em comportamento; Pontos fortes e fracos em práticas de segurança.	(ALARCÓN et al., 2016; CHAN et al., 2008; CHENG; KELLY; RYAN, 2015; CHOI; CHAN; CHAN, 2011; CHOUDHRY; ZAHOR, 2016; HINZE; HALLOWELL; BAUD, 2013; LI et al., 2015; LIAO et al., 2014; MITROPOULOS; MEMARIAN, 2012; RUBIO-ROMERO; RUBIO; GARCÍA-HERNÁNDEZ, 2013)

Ferramentas como a prototipagem virtual (GUO; LI; LI, 2013) e modelagem 4D (HU; ZHANG, 2011) podem efetivamente melhorar o desempenho de segurança nas obras. Ferramentas de Ptd baseadas em BIM, que trata automaticamente os conflitos de segurança relacionados a quedas, foram transformadas em linguagem computacional para a elaboração

da ferramenta de análise de projetos (QI et al., 2013). Através dos resultados de checagem gerados pela ferramenta, é possível, para os arquitetos e engenheiros, planejar antecipadamente as medidas de segurança a serem incorporadas ao projeto (QI et al., 2013). É cada vez mais reconhecido que os gestores possuem um papel importante para estabelecer uma atmosfera participativa que encoraje os trabalhadores a considerar a segurança no trabalho (JITWASINKUL; HADIKUSUMO; MEMON, 2016).

Os problemas de construtibilidade surgem a partir de projetos que não incorporam a experiência dos processos de construção de forma satisfatória, o que acarreta efeitos negativos, como a dificuldade de execução do projeto e problemas com cronograma, orçamento e qualidade (KUO; WIUM, 2014). O conceito de construtibilidade surgiu nos anos 1970, a partir de estudos que buscavam melhorias na eficiência e qualidade da construção. A literatura indica que o termo “*constructability*” se refere a todo processo de projeto que facilita a construção. Por outro lado, o conceito de “*buildability*” lida apenas com a etapa de projeto (KIFOKERIS; XENIDIS, 2017; WONG et al., 2007). O Quadro 5 apresenta as definições de construtibilidade utilizadas pelos artigos da amostra.

Quadro 5- Definições de construtibilidade

Autores	Conceito de construtibilidade utilizado
Jarkas (2012); Kifokeris, Xenidis, (2017)	Até que ponto o projeto de um edifício facilita a construção (Construction Industry Research Information Association, 1983).
Zhong, Ling e Wu (2016)	Integração do conhecimento da construção em todo ciclo de vida de um projeto, incluindo planejamento, projeto, construção, operação, com intuito de alcançar os objetivos do projeto com a maior eficácia de custo e tempo (Construction Industry Research Information Association, 1983).
Fonseca, Lima e Duarte, (2014); Kifokeris, Xenidis (2017); Kuo, Wium (2014); Zolfagharian, Irizarry (2017)	O uso otimizado do conhecimento de construção e experiência em planejamento, projeto, aquisição e operações de campo para atingir os objetivos gerais do projeto (CII, 1986).
Fonseca, Lima e Duarte (2014)	É um princípio que visa integrar projeto e construção, e que incentiva a levar em consideração as formas e procedimentos da construção durante a fase preliminar do projeto e planejamento/programação (Szymburski 1997; Anderson et al. 2000; Ardit et al., 2002).
Deshpande, Salem Miller (2012)	A integração efetiva e oportuna do conhecimento de construção nas operações conceituais de planejamento, projeto, construção e campo de um projeto para atingir os objetivos gerais do projeto no melhor tempo possível e precisão nos níveis mais econômicos.
Kifokeris, Xenidis (2017)	É uma abordagem metodológica holística para gerenciamento de projetos, principalmente até a entrega do projeto, com características individuais dinâmicas e várias ferramentas desenvolvidas. Está interligado de perto com as variações e mudanças nos campos científicos de engenharia, e com as condições e práticas do mercado de engenharia e construção e da indústria.

A definição do CII é a mais utilizada pela maior parte dos artigos. Nesta amostra, duas pesquisas (DESHPANDE; SALEM; MILLER, 2012; KIFOKERIS; XENIDIS, 2017) sugerem uma contribuição ao conceito de construtibilidade. Destaca-se que a construtibilidade envolve a combinação do conhecimento de construção com as operações de planejamento, projeto e execução de uma obra (DESHPANDE; SALEM; MILLER, 2012).

Na fase de projeto, os atributos de construtibilidade se referem à simplificação, padronização, coordenação, pré-fabricação e flexibilidade de projeto (ZOLFAGHARIAN; IRIZARRY, 2017). Na fase de construção, os atributos referem-se a planejar as atividades que serão executadas, como gerenciar o espaço, recursos e segurança do canteiro de obras (ZOLFAGHARIAN; IRIZARRY, 2017). A implementação da construtibilidade durante o ciclo de vida de um projeto é atribuída à aplicação de conceitos e fundamentos (KIFOKERIS; XENIDIS, 2017).

De acordo com Gambatese, Behm e Rajendran (2008), o interesse sobre o conceito de projetar para a segurança na construção vem crescendo e sendo reconhecido como uma intervenção viável e vantajosa a ser utilizada, a fim de melhorar o desempenho de projetos na construção civil. Projetar para a segurança do trabalhador da construção deve ser um elemento de uma abordagem holística, a fim de minimizar o risco e melhorar a segurança do trabalhador, e de uma abordagem em equipe, em que aconteça a colaboração entre o projetista, proprietário e construtor (GAMBATESE; BEHM; RAJENDRAN, 2008).

Nessa mesma direção, a segurança ocupacional deveria ser considerada desde o início do processo de projeto (GAMBATESE; BEHM; RAJENDRAN, 2008). A metodologia quantitativa de análise é uma ferramenta de suporte para tomar uma decisão específica de projeto para projetistas menos experientes, e, no caso de projetistas mais experientes, os conhecimentos adquiridos anteriormente auxiliam na proposição de modificações de projeto (GANGOLELLS et al., 2010). O modelo é testado em um estudo de caso que compara o nível de risco entre a consideração de diferentes métodos construtivos, material natural ou artificial do piso, fachadas pré-moldadas ou moldadas no local e tamanho da abertura das janelas, indicando que o concreto moldado no local, aberturas maiores de janela, fachadas em alvenaria e utilização de pisos de madeira apresentam níveis de risco maiores (GANGOLELLS et al., 2010).

Foi identificado, em um dos casos, um problema de incompatibilidade entre o projeto estrutural e os cronogramas de serviço, devido à existência de uma viga no meio da laje da varanda (FONSECA, LIMA; DUARTE, 2014). Baseado em experiências de outras obras, o engenheiro pôde antecipar essa dificuldade e entrou em contato com o projetista estrutural,

que fez as modificações necessárias no projeto. Destaca-se como a troca e *feedback* de experiência antes do início do trabalho possibilitou o retrabalho relativo apenas ao projeto, sem afetar a produção diretamente (FONSECA, LIMA; DUARTE, 2014). Em outro caso relatado pelos autores, destaca-se a intervenção que o engenheiro realizou no modo produtivo, a qual não estava prevista em projeto. Essa intervenção aconteceu devido a conhecimento adquirido em conjunto entre o engenheiro e o mestre de obra, destacando como a troca de experiências e *feedbacks* permitem melhorias na produção, segurança e antecipação de problemas (FONSECA, LIMA; DUARTE, 2014).

A partir da análise de cada caso foram identificados problemas como atraso, retrabalho e dificuldade de execução (FONSECA, LIMA; DUARTE, 2014). Os problemas foram relacionados com sua origem, como incompatibilidade de projetos, incompatibilidade entre projeto e uso, falha de detalhamento de projeto, simultaneidade entre execução e projeto, deficiência da gestão de execução do serviço, dificuldade de interpretação e execução do detalhe de projeto, falha de gestão de suprimento e tecnologia construtiva inadequada (FONSECA, LIMA; DUARTE, 2014).

Fonseca, Lima e Duarte (2014) sugerem futuras pesquisas na compreensão da atividade do engenheiro e dos outros elementos do processo de construção, como também no entendimento do processo de projeto dos arquitetos, para identificar potenciais momentos para utilizar retroalimentação de experiências vividas nos canteiros de obras, identificar quais conhecimentos dos arquitetos e engenheiros podem contribuir para construtibilidade e desenvolver processos de retroalimentação e participação dos executores na fase de projeto, a fim de projetar futuras situações de trabalho mais seguras.

Relatórios de acidentes disponibilizados pela OSHA, dados *do Bureau of Labor Statistics* (BLS), indicaram que muitas doenças e lesões incapacitantes estão relacionadas a construções que utilizam o método construtivo de concreto armado (HALLOWELL; GAMBATESE, 2009). Os trabalhadores envolvidos na execução de estruturas de concreto realizam, entre outras atividades, a inspeção e o planejamento do trabalho, transporte de materiais de forma manual ou automatizada, elevação de formas e corte de materiais (HALLOWELL; GAMBATESE, 2009).

3.3.2 Identificação dos fatores e categorias de melhoria

Poucos estudos se referem simultaneamente à construtibilidade e à segurança. Pirzadeh e Lingard (2017) focaram no processo de tomada de decisão no projeto para atingir melhorias na construtibilidade e na segurança e saúde do trabalhador. Através de *social-network analysis* (SNA), Pirzadeh e Lingard (2017) pesquisaram como a mudança de padrões de comunicação e redes de troca de informações auxiliam as modificações de projeto para melhorar a construtibilidade e segurança em um projeto de construção. Kuo e Wium (2014) afirmam que é importante direcionar mais atenção para a segurança nos canteiros de obras desde os primeiros projetos, permitindo uma flexibilidade para criação de alternativas de melhoria. A implementação da construtibilidade busca melhorar os projetos em diversos aspectos e introduzir uma gestão colaborativa do ciclo de vida de projeto de construção (KIFOKERIS; XENIDIS, 2017).

Neste trabalho, as fases do ciclo de vida de um projeto de construção foram consideradas como projeto, planejamento e execução. O Quadro 6 apresenta 15 categorias de fatores que melhoram a segurança ocupacional na construção civil identificados entre os artigos da amostra. O Quadro 7 mostra cinco categorias de melhorias e seus respectivos fatores que promovem a melhoria em construtibilidade, também identificados nos artigos.

.

Quadro 6- Fatores e categorias de melhorias na segurança

Categoria	Fator de melhoria	Projeto	Planejamento	Execução	Autores
Análise de acidentes	- Análise de risco de trabalho; - Manutenção de registros e análise de acidentes; - Monitorar e registrar automaticamente os comportamentos baseados em localização inseguros dos funcionários e gerar relatórios de acidentes;	X	X	X	(HALLOWELL; GAMBATESE, 2009; LI et al., 2015)
Atividade	- Esquema efetivo de execução; - Correspondência de demandas de tarefas com recursos; - Reduzir as demandas temporais; - Deslocar demandas de tarefas entre funções; - Considerar sistematicamente as demandas de tarefas ao tomar decisões sobre equipamentos, métodos e tamanho da equipe; - Programa de observação de trabalhador para trabalhador;		X X	X X X X	(AKSORN; HADIKUSUMO, 2008; HINZE; HALLOWELL; BAUD, 2013; MITROPOULOS; MEMARIAN, 2012)
Comitê de prevenção de acidentes	- Orientação de segurança e saúde; - Planejamento de resposta a emergências; - Proporção mínima de trabalhadores para profissionais de segurança; - Intervenções para cultivar cultura de segurança positiva; - Promover hábitos de trabalho seguros pelos supervisores;		X X	X X X	(CHOUDHRY, 2015; FENG, 2013; HALLOWELL; GAMBATESE, 2009; HINZE; HALLOWELL; BAUD, 2013)
Comunicação	- Desenvolver o senso de pertença entre os trabalhadores; - Os empregadores devem considerar ativamente a segurança;			X X	(LIAO et al., 2014)

Categoria	Fator de melhoria	Projeto	Planejamento	Execução	Autores
Ferramenta de análise de projeto	- Avaliação do desempenho relacionado à segurança de projetos de construção residencial usando uma abordagem baseada em análise de risco; - Verificar a conformidade com os requisitos de segurança específicos usando a ferramenta PTD;	X X			(GANGOLELLS et al., 2010 ; QI et al., 2013)
Decisões de projeto (<i>layout</i>)	- Considerar o impacto do elemento de projeto na atividade do trabalhador; - O projeto de furos nas colunas periféricas, permitindo a passagem de guardas ou linhas de vida;	X		X	(DESHPANDE; SALEM; MILLER, 2012; GAMBATESE; ALOMARI, 2016; PENALOZA; SAURIN; FORMOSO, 2017)
Papel do projetista	- Eficácia do projeto; - Projeto considerando a segurança da construção; - Gerenciar interferências para o projeto; - Reduzir a complexidade de projeto que cria altas demandas de tarefas físicas ou mentais;	X X X	X		(DESHPANDE; SALEM; MILLER, 2012; GAMBATESE; BEHM; RAJENDRAN, 2008; MITROPOULOS; MEMARIAN, 2012)
Feedbacks e colaboração entre profissionais	- Colaboração entre a execução, planejamento, profissionais de projeto e <i>stakeholders</i>; - Participação de todos os contratados em reuniões de segurança; - Continuar a participação e envolvimento dos trabalhadores em pesquisas de percepção e projetos de construção; - Envolver o mestre de obra na política de segurança; - Intercâmbio e <i>feedback</i> de experiências antes do nível de gestão do trabalho; - Integrar o conhecimento do processo de construção na tomada de decisões de projeto, para melhorar a construtibilidade e a saúde e segurança do trabalhador;	X	X X X	X	(AKSORN; HADIKUSUMO, 2008; FONSECA; LIMA; DUARTE, 2014; HALLOWELL; GAMBATESE, 2009; HINZE; HALLOWELL; BAUD, 2013; JITWASINKUL; HADIKUSUMO; MEMON, 2016; PIRZADEH; LINGARD, 2017; TEO et al., 2016; TYMVIOS; GAMBATESE, 2016)

Categoria	Fator de melhoria	Projeto	Planejamento	Execução	Autores
	- Promover o fluxo efetivo de informações entre os atores relevantes; - Envolver operadores em comunicação ascendente e atividades de segurança como indicadores-chave da participação dos trabalhadores em projetos de construção;	X X			
Inspeções	- Inspeções frequentes no local de trabalho; - Fornecer avisos em tempo real e análises em tempo real para treinamento de segurança; - Proporcionar visibilidade baseada na localização de trabalhadores da construção civil para profissionais de segurança e supervisor de segurança; - Inspecionar guinchos e guindastes antes de sua operação;			X X X X	(CHOUDHRY, 2015; CHOUDHRY; ZAHOO, 2016; HALLOWELL; GAMBATESE, 2009; LI et al., 2015)
Papel do gestor	- Avaliar periodicamente os programas de segurança para determinar seu sucesso; - Corrigir a delegação de autoridade e responsabilidade; - Aquisição e manutenção de equipamentos de segurança; - Presença do gerente de segurança no local; - Ter atenção a todos os elementos de design, atividades e trabalhadores; - Modificação do planejamento e programação das equipes de trabalho, ou faseamento do trabalho para mitigar riscos;		X X X X X	 X	(AKSORN; HADIKUSUMO, 2008; CHOUDHRY, 2015; GAMBATESE; ALOMARI, 2016; HALLOWELL; GAMBATESE, 2009; JITWASINKUL; HADIKUSUMO; MEMON, 2016)
Modelagem	- Incorporar a segurança de operar em alturas, segurança de operação de máquinas e gerenciamento de segurança de pessoal; - Identificar os riscos de segurança durante as simulações;	X X			(HU ; ZHANG, 2011 ; KIM ; CHO ; ZHANG, 2016)

Categoria	Fator de melhoria	Projeto	Planejamento	Execução	Autores
Equipamentos de segurança	- Novos métodos de trabalho para melhorar as queixas musculoesqueléticas; - Proporcionar plataforma de trabalho e sistema de ancoragem / ancoragem adequados; - Uso de cavaletes para cortar material; - Substituir dos blocos de concreto por ferros angulares; - Priorizar o uso de andaimes padrão; - Projeto dos processos de montagem, desmontagem e manutenção dos sistemas temporários de proteção de bordas; - Projeto das operações que requerem os sistemas temporários de proteção de bordas;	- X - X - X - X		- X - X - X	(CHAN et al., 2008 ; CHOUDHRY, 2015 ; IKUMA ; NAHMENS ; JAMES, 2011 ; JENSEN ; FRICHE, 2007 ; PENALOZA ; SAURIN ; FORMOSO, 2017)
Treinamento	- Fornecer informações de segurança / treinamento / instrução / supervisão; - Reuniões regulares de segurança; - Orientação em segurança e saúde; - Treinamento de Segurança dos Trabalhadores; - Treinamento em Segurança de Gestão; - Auditorias e Certificações;		- X - X - X	- X - X - X	(AKSORN; HADIKUSUMO, 2008; ALARCÓN et al., 2016; CHAN et al., 2008; CHENG; KELLY; RYAN, 2015; CHOI; CHAN; CHAN, 2011; HALLOWELL; GAMBATESE, 2009; HINZE; HALLOWELL; BAUD, 2013; JITWASINKUL; HADIKUSUMO; MEMON, 2016)
Organização do espaço de trabalho	- Manter o local de trabalho seguro; - Reduzir a caminhada excessiva, reunindo todos os materiais antes de iniciar a construção; - Arranjos de iluminação suficientes; - Garantir ventilação em espaços confinados;		X	- X - X - X	(CHAN et al., 2008 ; CHOUDHRY ; ZAHOOR, 2016 ; IKUMA ; NAHMENS ; JAMES, 2011)
Papel do trabalhador	- Atitude pessoal; - Motivação pessoal; - Competência pessoal;			- X - X - X	(AKSORN; HADIKUSUMO, 2008)
Total das categorias e fatores	64	16	19	29	

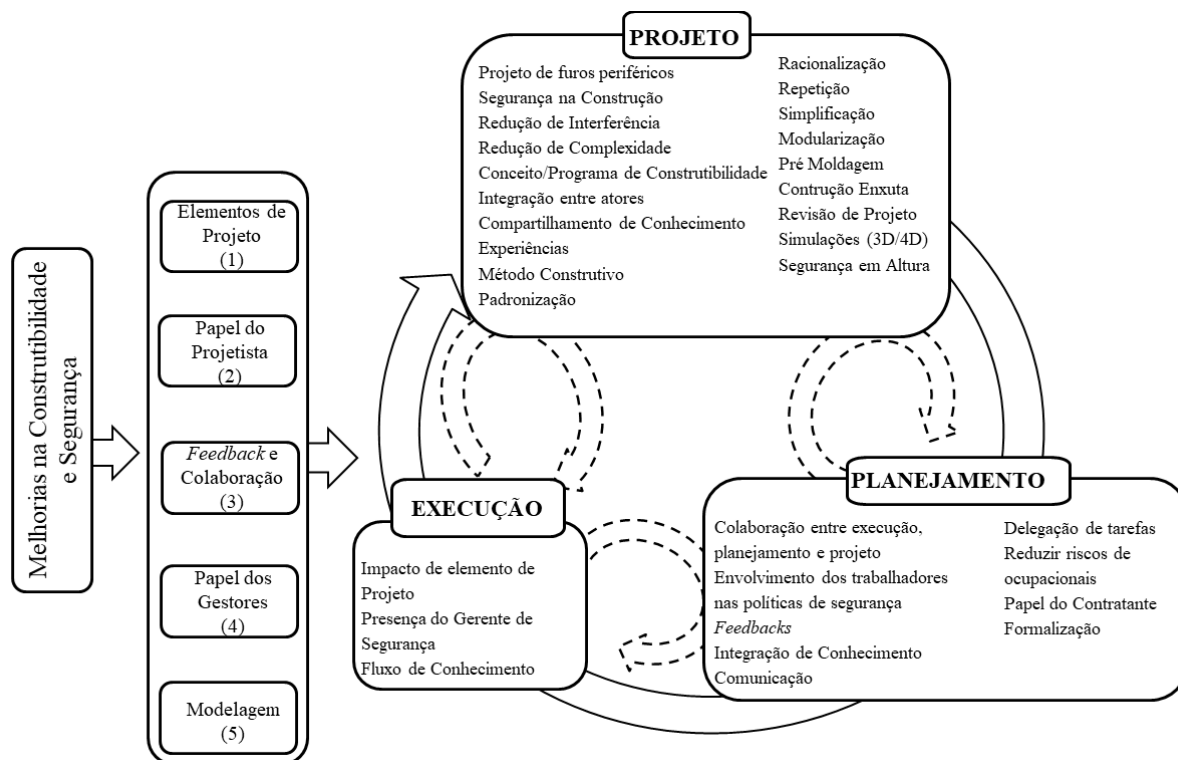
Categoria	Fator de melhoria	Projeto	Planejamento	Execução	Autores
	- Abordar eficiência e acessibilidade do <i>layout</i> do canteiro, disponibilidade de recursos, potencial de fabricação fora do local, condições climáticas adversas, logística e gerenciamento de resíduos;		X		
Decisões de projeto (<i>layout</i>)	- Racionalização do número de tamanhos diferentes dentro da atividade e colunas de grupo com diferenças marginais de tamanho em uma categoria; - Fixar várias colunas colineares de tamanho pequeno próximas umas das outras em uma única coluna ou parede grande, minimizando, assim, a variabilidade dos tamanhos das colunas dentro da atividade; - Evitar colunas circulares, caso contrário, racionalizando seu número dentro da atividade; - Consideração de métodos pré-moldados como alternativa; - Sempre que possível, adotar o aço como método construtivo; - Considerar a sustentabilidade econômica e ambiental e a integração de construtibilidade ao selecionar materiais estruturais;	- X - X - X - X - X	- X		(JARKAS, 2012; KUO; WIUM, 2014; MITROPOULOS; MEMARIAN, 2012; ZHONG; LING; WU, 2016; ZHONG; WU, 2015)
Papel do gestor	- Considerar todos os aspectos das sequências concorrentes incrementais de projeto e construção; - Promover o programa de construtibilidade como a principal abordagem gerencial inicial do plano de execução do projeto; - Revisão e coordenação de projetos; - A posição do contratante na rede de interação, a fim de promover rapidamente o acesso à informação e controlar a tomada de decisão;	- X	- X - X - X		(KIFOKERIS; XENIDIS, 2017; PIRZADEH; LINGARD, 2017; ZOLFAGHARIAN; IRIZARRY, 2017)
Modelagem	- Modelos 3D / 4D para apoiar a revisão de construtibilidade; - Uso de CAD 4D para avaliar a construtibilidade de métodos de trabalho;	- X - X			(HARTMANN; FISCHER, 2007; MAHALINGAM; KASHYAP; MAHAJAN, 2010)
Total das categorias e fatores	25	16	8	1	

Uma maior quantidade de fatores de melhoria na segurança (29) está presente na fase de execução. A maior parte dos fatores de melhoria na construtibilidade (16) pertence à fase de projeto. Apesar disso, ainda encontram-se fatores de melhorias em todas as fases do ciclo de vida do projeto de edificação. A relação entre as categorias, fatores e etapas do ciclo de vida será discutida na próxima sessão.

3.3.3 Síntese do levantamento teórico

De acordo com a análise qualitativa dos artigos, foi proposto um *framework* teórico (Figura 23) que integra fatores de melhoria de construtibilidade e segurança ocupacional em projetos de edificações, considerando as fases de projeto, planejamento e execução. A base para a composição do *framework* foi a combinação de fatores em comum dos Quadros 6 e 7: (1) Elementos de projeto, (2) Papel do projetista, (3) *Feedback* e colaboração, (4) Papel do gestor e (5) Modelização.

Figura 23- *Framework* teórico de fatores de melhoria de construtibilidade e segurança



Considerando as cinco categorias como informações de entrada para as fases de projeto, planejamento e execução, projetos de edificações podem ser melhorados sob o ponto

de vista da construtibilidade e segurança ocupacional. O sentido geral do *framework* consiste no fato de os fatores contidos nas cinco categorias estarem distribuídos entre as fases do projeto. Eles são guiados pela seta circular que indica o *feedback* do fluxo de informação e de conhecimento, que podem ajudar em melhorias para futuros projetos. As setas menores em linhas pontilhadas representam os *feedbacks* que acontecem em outros níveis, demonstrando que alguns fatores levam a melhorias durante o curso do projeto. Quando os *feedbacks* para melhorias são incorporados em novos projetos, são encontradas menos limitações que as soluções que acontecem durante o curso da obra. Como as intervenções no curso da obra são limitadas, não são sempre as melhores soluções em termos práticos e econômicos.

Sugere-se que o conhecimento e experiência dos projetistas e dos profissionais que executam a edificação devem servir de dados de entrada para novos projetos. Os outros níveis de *feedback* apontados no *framework* indicam que as melhorias e trocas de conhecimento acontecem no curso do ciclo de vida. Durante a execução de obras, dificuldades e modificações de projeto podem acontecer, em função de obter melhorias. Dessa forma, o *framework* apresenta contribuições em termos práticos para a concepção de novos projetos e dos que estão em execução.

Destaca-se que o *framework* considera as categorias em comum entre os Quadros 6 e 7. Não foram considerados os fatores de melhoria apenas para a segurança, mas compreende-se que esses fatores também são importantes para a melhoria da segurança ocupacional. Como exemplo, as categorias de análise de acidentes, atividades, comunicação e comitês de prevenção de acidentes e treinamento apresentam diversos fatores de melhoria. Enquanto diversas pesquisas indicam a integração do conhecimento e informações como uma forma de melhoria, não é claro de que forma esse conhecimento pode ser coletado e difundido entre os profissionais envolvidos no projeto, planejamento e execução de edificações.

O *framework* possui a maior parte dos fatores de melhoria na fase de projeto, devido à predominância desses fatores também nos Quadros 6 e 7. Pesquisas também indicam que a integração do conhecimento da prática construtiva ao processo de projeto e de projetos que considerem a segurança melhoram a construtibilidade e segurança ocupacional (KUO; WIUM, 2014; PIRZADEH; LINGARD, 2017). Na fase de projeto, os fatores nomeados como conceitos e programas de construtibilidade, integração entre atores e compartilhamento de conhecimento representam uma forte relação com as melhorias em construtibilidade e segurança. No planejamento e execução, acontece a predominância de fatores de melhoria de segurança. Fatores relacionados ao compartilhamento, integração e fluxo de conhecimento

são fatores presentes nas três etapas do projeto, evidenciando a importância de um constante *feedback* entre os profissionais envolvidos no projeto como um todo.

Através da concepção do *framework*, verifica-se a existência de múltiplas relações entre construtibilidade e segurança ocupacional. De um modo geral, os mesmos elementos de projeto que causam dificuldades na execução também geram ou aumentam os riscos ocupacionais. Além de indicar ações para cada etapa, sugere-se, no *framework*, que as informações e experiências obtidas devem ser utilizadas em um processo de *feedback*. Dessa forma, ao implementar a construtibilidade nos primeiros estágios do projeto, minimizam-se os riscos ocupacionais durante a execução.

3.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO

Neste capítulo, foram discutidos temas importantes para o desenvolvimento da dissertação. Em um primeiro momento, revisão de conceitos sobre a ergonomia participativa, de concepção e análise da atividade. Ressalta-se a relação que essas abordagens da ergonomia possuem com a elaboração de melhorias e as contribuições para novos projetos. A utilização de experiências e conhecimento da realidade da atividade de trabalho possui relação direta com o conceito de construtibilidade, que busca utilizar o conhecimento na execução na concepção de novos projetos. Além disso, foram discutidos aspectos de otimização de projetos e execução de edificações sob a ótica da construtibilidade e segurança ocupacional. Destaca-se que a ergonomia como disciplina que tem como objetivo melhorar a condição de saúde e bem estar no ambiente de trabalho, converge com o conceito de construtibilidade no sentido de também melhorar a segurança na execução de projetos de construção.

Em um segundo momento, foi realizada uma RSL, através da qual foram analisadas pesquisas atuais sobre construtibilidade e segurança. Não foram encontradas, ao longo da revisão teórica, pesquisas que abordassem, de forma específica, a identificação de melhorias na construtibilidade e segurança ocupacional na execução de estruturas em concreto armado, a partir de uma abordagem participativa e da análise da atividade proposta pela ergonomia.

Dessa forma, o presente trabalho busca o avanço no conhecimento presente em pesquisas antecedentes, ao identificar fatores de melhoria que sirvam como subsídio para a retroalimentação de projetos, que favoreçam a construtibilidade e promovam situações de

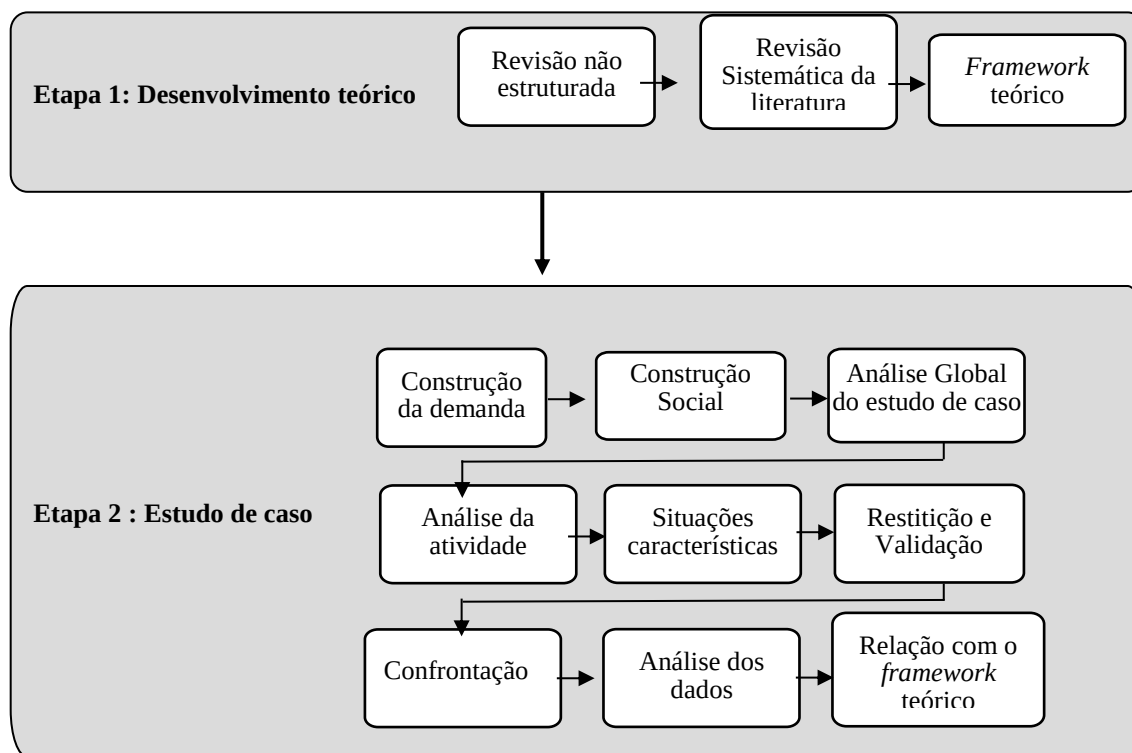
trabalho mais seguras, através da execução, planejamento e projeto de edificações. As categorias e fatores considerados na elaboração do *framework* teórico serão posteriormente discutidos e comparados com os resultados do estudo de caso.

4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Este capítulo apresenta a metodologia segundo a qual foi realizada a pesquisa. Dessa forma, classifica a pesquisa quanto ao enquadramento metodológico, indica as etapas realizadas, os critérios de escolha dos estudos de caso, os instrumentos de coleta de dados, os interlocutores que serão consultados e como foi realizada a análise dos dados.

As fases da pesquisa estão apresentas na Figura 24. Nas próximas subseções, as atividades são explicadas detalhadamente de acordo com cada etapa realizada.

Figura 24 - Etapas da pesquisa



4.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

Quanto à natureza, a pesquisa é classificada como aplicada. De acordo com Silva e Menezes (2005), esse tipo de pesquisa tem como objetivo a geração de conhecimentos que possuam aplicabilidade na prática e que sejam direcionados à solução de problemas específicos.

Em relação à forma de abordagem do problema, a pesquisa é qualitativa. A abordagem qualitativa considera a existência de uma relação dinâmica entre o mundo real e o sujeito, de modo que acontece a interpretação dos fenômenos e a atribuição de significados, sendo o ambiente natural a fonte para coleta de dados, em que o papel do pesquisador é fundamental (SILVA; MENEZES, 2005).

Com o objetivo de identificar informações sobre determinado problema sobre o qual se pretende obter uma resposta, envolvendo levantamento bibliográfico e entrevistas, a pesquisa classifica-se, quanto aos objetivos, como exploratória (SILVA; MENEZES, 2005). O estudo exploratório é utilizado para obter um maior grau e familiaridade com os fenômenos envolvidos no estudo (SAMPIERI; CALLADO; LUCIO, 2013).

Nesta pesquisa, o estudo de caso foi adotado pela adequação ao tipo da questão de pesquisa por fornecer compreensão detalhada na análise de um caso (CRESWELL, 2014). Com base no estudo de caso, busca-se explicar a situação a partir da prática, pois a utilização do estudo de caso em organizações beneficia o entendimento e a compreensão da realidade das organizações, contribuindo para as soluções de problemas práticos (GODOY, 2005). Além disso, o estudo de caso foi utilizado, pois o estudo buscou investigar o problema de pesquisa dentro de seu contexto real (YIN, 2001). Acredita-se, também, que as condições contextuais apresentadas nesta pesquisa são pertinentes ao fenômeno de estudo (YIN, 2001).

A coleta de dados em um estudo de caso é extensa e baseia-se em diversas fontes de informação, como observações, entrevistas, documento e materiais audiovisuais (CRESWELL, 2014). De acordo com Cauchick Miguel (2010), um estudo de caso deve ser realizado com confiabilidade, permitindo a replicação das operações do estudo, de modo a produzir os mesmos resultados.

4.2 PROCEDIMENTOS DA REVISÃO DA LITERATURA

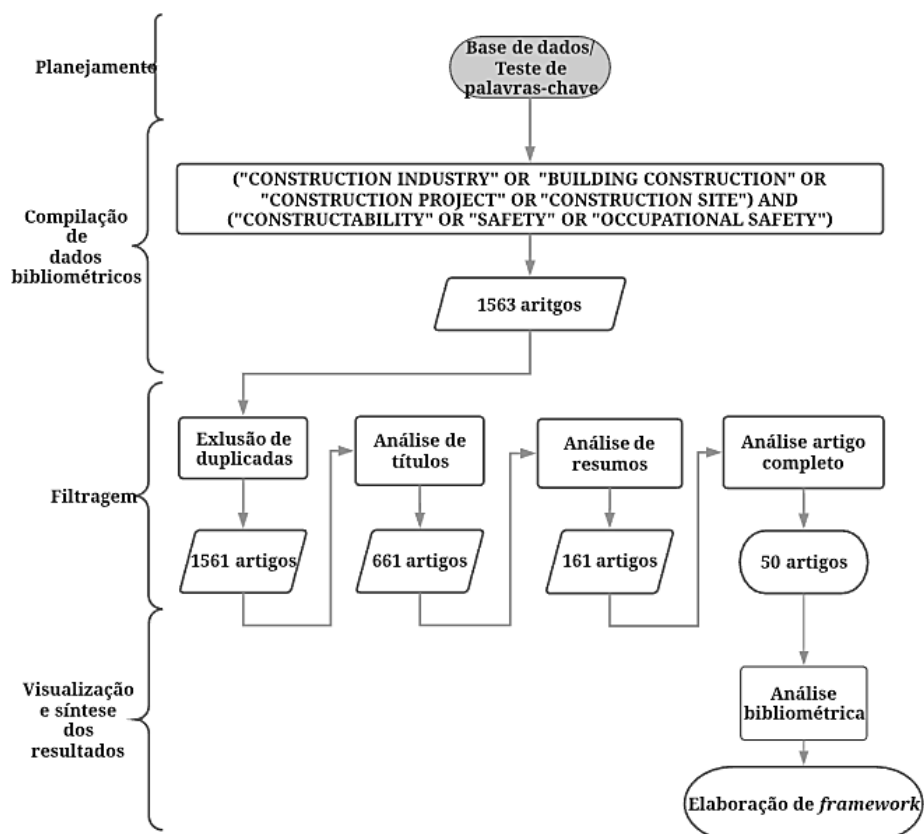
O desenvolvimento teórico desta pesquisa teve início com uma pesquisa exploratória por meio da leitura de livros, artigos científicos e teses de dissertações relevantes ao tema. A busca desse material foi, inicialmente, realizada de forma não sistemática, a fim de obter conhecimentos básicos para o desenvolvimento do trabalho. Essa leitura auxiliou no conhecimento do tema, para que pudesse ser executada uma busca mais estruturada da literatura.

Dessa forma, foi realizada uma revisão sistemática da literatura (RSL). A revisão sistemática é uma abordagem específica e reproduzível com o objetivo de identificar, selecionar e avaliar a literatura relevante para uma questão de pesquisa (BOOTH; PAPAIOANNOU; SUTTON, 2012).

O resultado da sequência de etapas que a compõem é um *portfólio* com artigos que foram estudados e formam o embasamento da pesquisa. Os parâmetros observáveis da revisão sistemática são os artigos selecionados, autores, número de citações e periódicos mais relevantes (ENSSLIN et al., 2010). A RSL consiste em selecionar os artigos mais significantes, alinhados com o tema da pesquisa, identificando os periódicos, artigos e autores relevantes (ENSSLIN et al., 2017). A base de dados utilizada para o levantamento da literatura foi a *Web of Science*, o tempo do horizonte de pesquisa foi de 2007 a 2018, e a seleção desse período se deu com a finalidade de selecionar os artigos mais recentes sobre a temática.

A Figura 25 apresenta as etapas do processo da RSL.

Figura 25- Etapas da Revisão sistemática da literatura



As etapas são as seguintes: planejar a pesquisa (TRANFIELD; DENYER; SMART, 2003), compilação de dados bibliométricos (ZUPIC; ČATER, 2015), filtragem (ENSSLIN et al., 2017), visualização (ZUPIC; ČATER, 2015) e síntese dos dados (TRANFIELD; DENYER; SMART, 2003). Nas seções a seguir, são explicadas cada etapa da RSL e seus quantitativos, bem como os critérios de inclusão ou exclusão no momento da análise dos artigos.

4.2.1 Planejamento da pesquisa e compilação dos dados bibliométricos

O primeiro passo da RSL foi planejar a pesquisa. A partir da revisão não estruturada da literatura, o tema da pesquisa foi explorado. Durante essa investigação, foram identificados os principais termos relacionados ao tema, sendo eles: *constructability*, *constructability program*, *construction industry*, *safety*, *building*, *construction industry*, os quais foram utilizados para investigar as primeiras interações na base de dados. Foram executadas tentativas de combinações usando diferentes termos para verificar o alinhamento dos resultados e aderência.

Então, após essas tentativas, a combinação utilizada para a pesquisa foi: “*Construction Industry*” OR “*Building Construction*” OR “*Construction Project*” OR “*Construction Site*”) AND “*Constructability*” (OR “*Safety*” OR “*Occupational Safety*”). A base de dados escolhida foi a *Web of Science* (WOS), devido a sua representatividade para o objetivo interdisciplinar da pesquisa, cobrindo a literatura acerca da construtibilidade e segurança ocupacional. Foram considerados apenas artigos escritos em inglês publicados em periódicos *peer-reviewed*, os artigos de congressos e capítulos de livros não foram incluídos na busca, e o período de tempo determinado foi de artigos publicados entre 2007 e 2018.

4.2.2 Filtragem

Para reduzir a amostra inicial dos 1563 artigos, foi utilizado o software Endnote (REUTERS, 2011) para gerenciar as referências. Primeiramente foram detectados e excluídos dois artigos duplicados na amostra. O principal objetivo da etapa de filtragem é selecionar os artigos que estão mais alinhados ao tópico de pesquisa (ENSSLIN et al., 2017). Para tanto, foram determinados critérios de inclusão e exclusão para guiar as etapas de análise de títulos, resumos e leitura completa dos artigos. Dentro da Construção Civil, existem diferentes

campos, como estradas, pontes, eificações, estudo de comportamento de materiais, entre outros.

Foram considerados estes critérios de inclusão: pesquisas que apresentaram boas práticas, lições aprendidas, medidas positivas para melhoria da segurança e construtibilidade, estudos no campo de edificações, apresentação de modelos, processos e ferramentas para melhoria da construtibilidade e segurança. Em geral, os artigos selecionados foram aqueles que apresentavam a busca de melhorias como ações que podem ser realizadas no curso do ciclo de vida em um projeto de edificação.

Os critérios de exclusão eliminaram artigos que, por algum motivo, não estavam alinhados com o tema de pesquisa, estudos que realizaram apenas análise estatística de dados de acidentes e pesquisas em outros campos da construção como túneis, estradas e projetos de infraestrutura. Os títulos, resumos e artigos completos foram cuidadosamente lidos para decidir a manutenção ou exclusão da amostra.

Foram analisados 1561 títulos e excluídos 900 artigos baseados nos critérios de exclusão, como também foram lidos os resumos dos 661 artigos remanescentes. Após a leitura, 500 artigos que não apresentaram alinhamento com a pesquisa foram excluídos, e, após a leitura completa das 161 publicações restantes da etapa anterior, foram selecionados 50 artigos alinhados com o tema de pesquisa.

4.2.3 Visualização e síntese dos dados

Foi utilizado o software Bibexcel (PERSSON et al., 2009) para executar análises bibliométricas. Ferramentas bibliométricas transformam dados bibliográficos e resolvem matrizes de similaridade entre documentos, autores, periódicos e palavras (ZUPIC; ČATER, 2015). Então, foram exportados os dados bibliométricos dos 50 artigos remanescentes da última etapa de filtragem para o Bibexcel, bem como se apresentou a evolução das publicações durante os anos, a distribuição dos países de origem dos artigos, as palavras-chave dos artigos e o método de pesquisa usado em cada um. Também foi gerada uma lista com as referências e autores mais citados nos artigos da amostra através do Bibexcel.

No passo seguinte, foi realizada uma análise detalhada dos artigos da amostra. Para tanto, os 50 artigos selecionados foram analisados com o objetivo de identificar categorias e fatores de melhoria da construtibilidade e segurança, considerando as fases de projeto, planejamento e execução de edificações. Foram definidas quinze categorias baseadas nos

tópicos de pesquisas dos artigos fornecendo um grupo de fatores, e algumas das categorias encontradas nos artigos cujo enfoque principal é a segurança não foram tratadas nos artigos com enfoque na construtibilidade. Finalmente, baseado na combinação de categorias, foi proposto um *framework* teórico que integra a construtibilidade e segurança ocupacional, apresentados na seção 3.3 desta dissertação.

4.3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS DO ESTUDO DE CASO

Esta pesquisa encontra-se inserida no Projeto de Pesquisa e Extensão que possui como título: Analisando o Projeto de Edificações a partir da análise da atividade de execução, uso e manutenção de edificações (SALDANHA et al, 2016), sendo analisada nesta dissertação a etapa de execução de estrutura de concreto armado.

Esta seção corresponde aos procedimentos e etapas realizados no desenvolvimento do estudo de caso.

4.3.1 Seleção de empresa e obra

Esta etapa consistiu em um levantamento de informações sobre a quantidade de empresas atuantes no subsetor de edificações em João Pessoa e a de obras em execução no período da pesquisa. A partir do levantamento, foram identificados os potenciais bairros e a região para a realização da pesquisa.

Posteriormente, as obras identificadas foram organizadas em função da localização geográfica na cidade, sendo agrupadas por regiões. A Figura 26 apresenta o mapa de João Pessoa, seus bairros e divisão por regiões de acordo com a Prefeitura de João Pessoa (SPOSATI et al., 2009).

Figura 26 - Bairros de João Pessoa em cada região

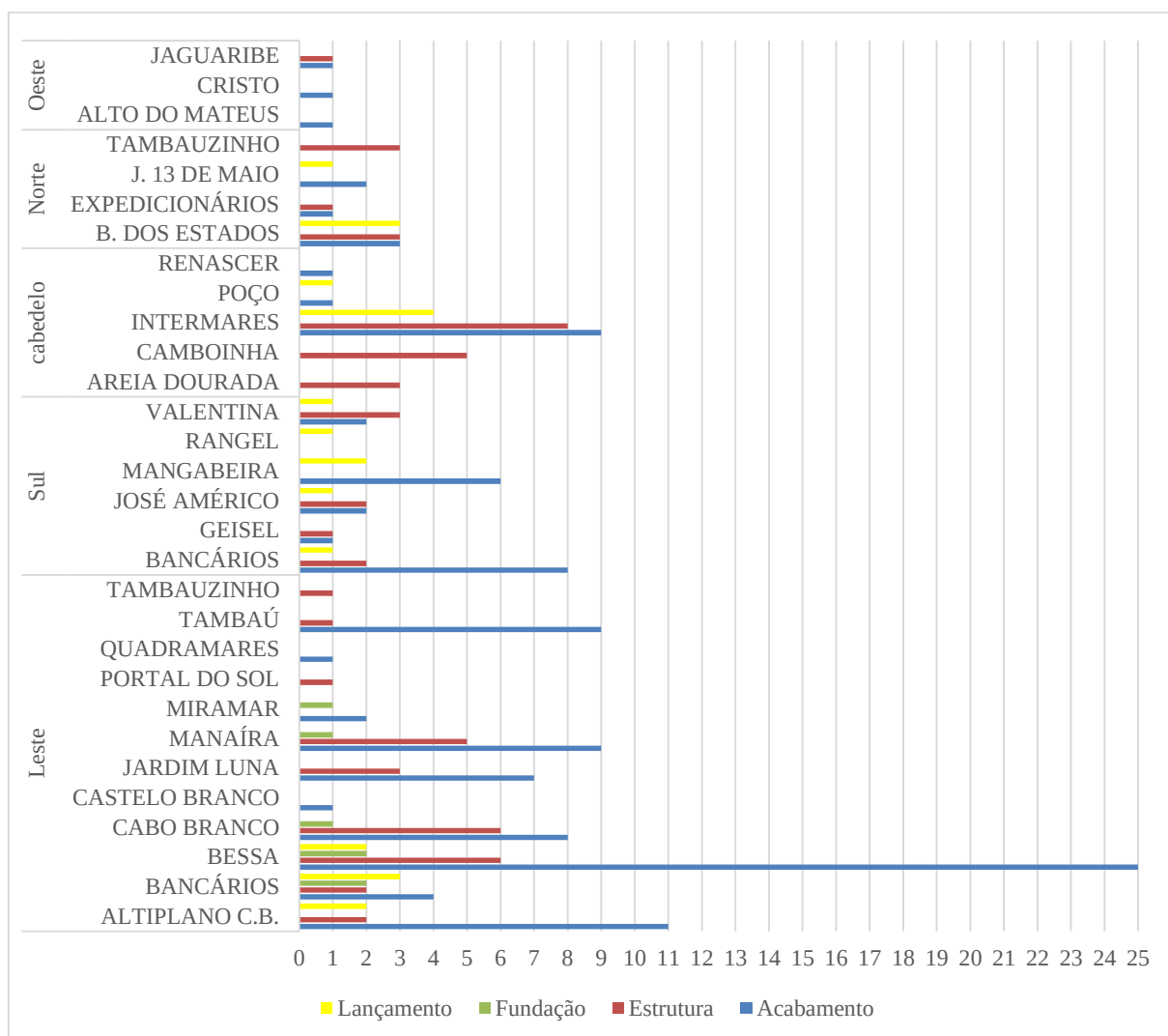


Fonte: Sposati et al. (2009)

A fim de identificar a quantidade de obras em andamento em João Pessoa no momento da pesquisa, procurou-se o auxílio do SINDUSCON-JP (Sindicato da Indústria da Construção Civil de João Pessoa). Na ocasião, o profissional do quadro do órgão indicou a utilização de um levantamento de obras em execução em João Pessoa, o qual é realizado em consulta a corretor de imóvel que periodicamente faz essa sondagem para controle de suas atividades. Obteve-se acesso a esse levantamento ao realizar contato com o responsável, que forneceu uma planilha contendo diversos dados de edificações à venda e em execução em João Pessoa.

Através de tratamento dos dados dessa planilha, foram elaborados gráficos e tabelas com informações do interesse da pesquisa. A Figura 27 apresenta a distribuição de canteiros de obras de edificações com mais de 5 pavimentos, classificados pelo bairro, zonas e etapa da obra entre lançamento, fundação, estrutura e acabamento.

Figura 27 - Levantamento de obras em execução em João Pessoa



Fonte: Pesquisa de mercado imobiliário de João Pessoa (dados não publicados) ¹

A partir desse levantamento, identifica-se que a região que possui mais obras em execução de estrutura, acabamento ou fundação é a Leste, a qual foi, então, escolhida para dar início ao processo de seleção dos estudos de caso. As 31 obras estão distribuídas entre 26 empresas. De forma específica em relação à fase de estrutura, os bairros da zona Leste que apresentam maior quantidade de canteiros de obras são Bessa, Cabo Branco e Manaíra.

O Quadro 8 apresenta a distribuição das 27 obras em execução da estrutura entre cada empresa, também identificando os bairros da região leste que possuem obras. Percebe-se que,

¹ Pesquisa de mercado imobiliário de João Pessoa realizada pelo corretor de imóveis Fabio Henriques em março de 2017.

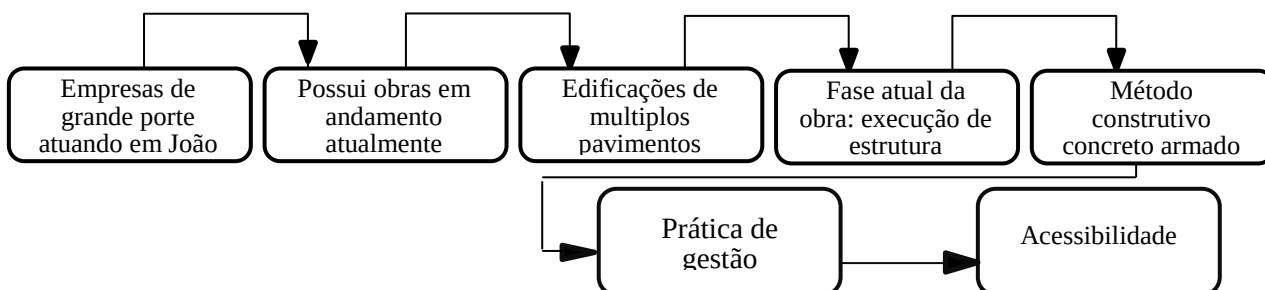
entre as 22 empresas, algumas possuem mais de uma obra na etapa de estrutura ao mesmo tempo entre as 27 obras nesta etapa na região leste.

Quadro 8 - Quantidade de obras em execução da etapa de estrutura por empresa na região leste de João Pessoa-PB

Empresa Bairro	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	T	U	V	X	Total obras por Bairro
Altiplano	1			1															1				3
Bessa							1	1			1	1	1		1					1			7
Cabo Branco		1			2					1							1						5
Jardim Luna					1				1				1										3
Manaíra																1			1				5
Miramar	1		1			1			1												1		1
Tambaú															1								1
Tambauzinho																		1					1
Bancários					1																	1	2
Total de obras por empresa	2	1	1	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	27

Para a definição final da empresa onde foi realizado o estudo de caso, foram utilizados os critérios apresentados na Figura 28.

Figura 28 - Critérios de seleção para estudos de caso



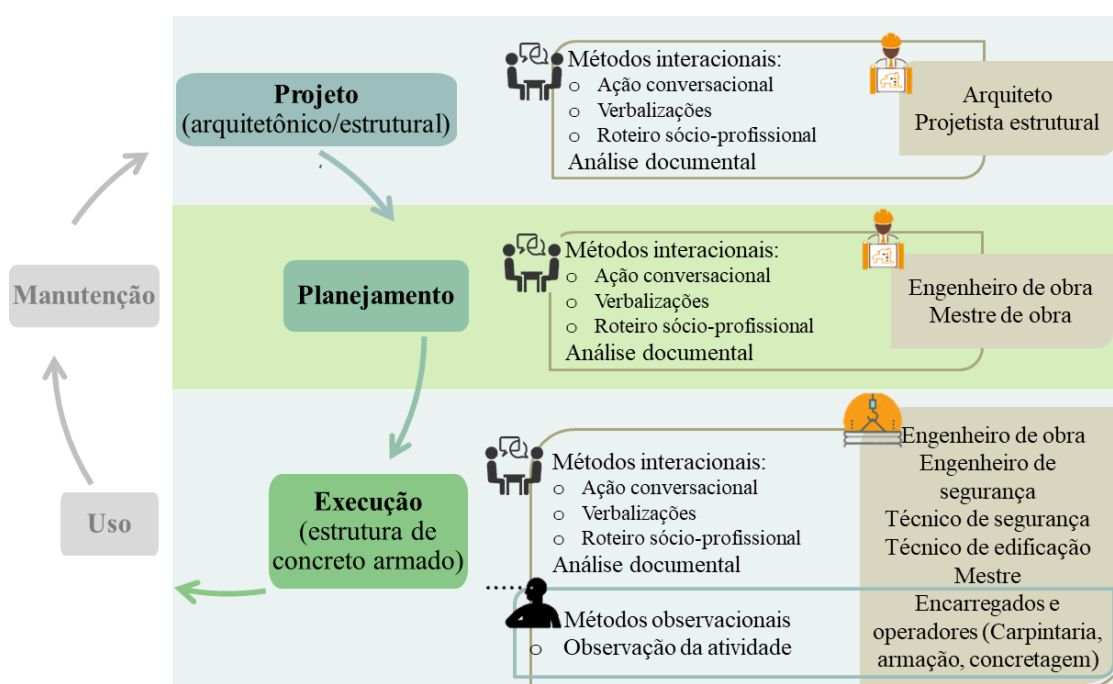
Empresa cuja fase da obra seja execução de estrutura, a qual utilize o concreto armado como método construtivo. Além disso, a empresa selecionada possui uma prática de gestão de equipes de obras diferenciada em relação a outras empresas. Outro critério foi a acessibilidade representada pelo consentimento para a realização da pesquisa, reforçada por uma vivência anterior da pesquisadora com responsáveis pela realização da pesquisa na empresa durante seu estágio do curso graduação de engenharia civil

4.3.2 Análise Ergonômica do Trabalho

A metodologia utilizada nesta pesquisa fundamenta-se na Análise Ergonômica do Trabalho (AET), um método da ergonomia composto de um conjunto de análises globais, sistemáticas e intercomplementares que proporciona a modelagem operante da situação de trabalho (VIDAL, 2012; JATOBÁ et al., 2016). As etapas da condução da AET compreendem: instrução/construção de demandas, análise da atividade e projeto e construção de soluções adaptadas à organização (WISNER, 1987; GUÉRIN et al, 2001, VIDAL, 2012), desenvolvidas e sustentadas com um auxílio de intenso e evolutivo processo de construção social (SALDANHA, 2004). A abordagem da AET é adequada para análise de situações de trabalho, focando na situação real de trabalho, com o objetivo de projetar situações de trabalho melhores (JATOBÁ et al., 2016).

A Figura 29 esquematiza os múltiplos instrumentos de coleta de dados utilizados para coletar informações de cada etapa, qual método será utilizado e quais interlocutores foram entrevistados. Esta pesquisa encontra-se inserida no Projeto de Pesquisa e Extensão que possui como título: Analisando o Projeto de Edificações a partir da análise da atividade de execução, uso e manutenção de edificações (SALDANHA et al, 2016).

Figura 29 - Esquema de aplicação de instrumentos de coleta de dados e interlocutores



Fonte: Adaptado de Saldanha et al (2016)

Os principais métodos e técnicas utilizadas foram interacionais (ação conversacional e escuta de verbalizações espontâneas e provocadas) e observacionais, com o auxílio de registros audiovisuais e anotações (VIDAL, 2012). A ação conversacional se constitui de um conjunto de interações orientadas de forma sistemática, de modo a possibilitar a identificação de elementos da atividade de trabalho objeto da análise na condução conversacional (VIDAL; BONFFATO; CARVÃO, 2002). Essa prática, diferentemente de entrevistas com perguntas diretas, auxilia na explicitação de aspectos subjetivos da atividade (SALDANHA; 2004) e é um dos instrumentos de coleta de dados que será utilizado nesta pesquisa.

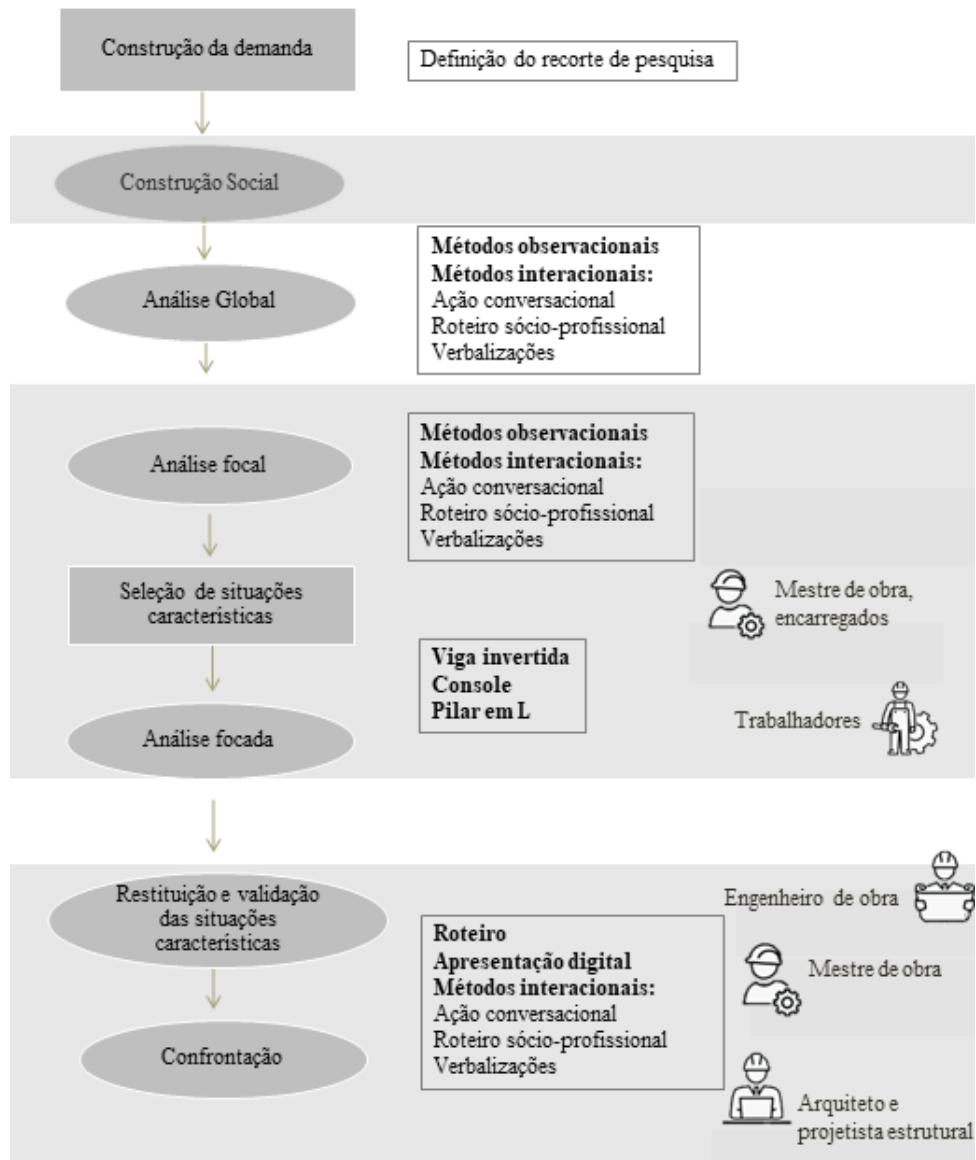
Para tanto, é necessário que seja conduzida por um roteiro, um instrumento utilizado no sentido de promover uma “conversa com finalidade”, permitindo ampliar e aprofundar a comunicação (VIDAL, 2012), além de antecipar um mapa de conversas, em que as falas dos atores diferenciados, da mesma ou de diferentes funções ou posições hierárquicas poderão resultar tanto em falas complementares como falas confirmativas (SALDANHA, 2004). De acordo com Vidal (2012), os roteiros caracterizam-se por utilizar frases afirmativas e incitadoras sobre as quais os entrevistados são convidados a discorrer, devendo ser memorizados pelos entrevistadores, que, por sua vez, devem ser capazes de agregar conteúdo não previsto ao roteiro inicialmente planejado.

Durante as análises realizadas, também foram consideradas as verbalizações dos interlocutores durante a execução de suas atividades e depoimentos livres. As verbalizações demonstram o raciocínio utilizado, o tratamento de informações e planejamento das ações, que são aspectos geralmente não observáveis, além de poderem situar a observação de outras formas e identificar consequências não aparentes do trabalho (GUÉRIN et al., 2001).

Os dados coletados e sistematizados foram submetidos a um processo participativo de restituição e validação progressiva obtida a partir de articulações entre os grupos da construção social. De acordo com Saldanha (2004), as restituições e validações em uma intervenção ergonômica junto aos trabalhadores representam um aspecto ético e um momento de obtenção de ajustes e complementos a partir das críticas e comentários realizados pelos trabalhadores. A autoconfrontação é uma técnica de validação que propicia que o pesquisador se certifique e obtenha compreensão sobre o que está sendo observado, estabelecendo um contrato técnico e ético entre pesquisador e pesquisados (VIDAL, 2012).

A Figura 30 apresenta as etapas de condução do estudo de caso.

Figura 30 - Etapas no desenvolvimento do estudo de caso



Fonte: Adaptado de Saldanha et al (2016)

A realização de cada etapa contou com métodos e técnica de coleta de dados específica. As seções a seguir apresentam o procedimento realizado em cada uma das etapas de coleta de dados, validação e confrontação das informações e, por fim, os procedimentos de análise dos dados.

4.3.2.1 Construção da demanda

No caso deste estudo, a demanda é caracterizada como uma demanda provocada, em cujo processo de elaboração os pesquisadores se propõem a realizar um estudo a partir da

enumeração de problemas hipoteticamente existentes que podem se tornar demandas reais (SALDANHA, 2004).

Esta dissertação faz parte do Projeto de Pesquisa e Extensão que possui como título: Analisando o Projeto de Edificações a partir da análise da atividade de execução, uso e manutenção de edificações. O projeto, coordenado pela Prof^a Dr^a Maria Christine Werba Saldanha, propõe a análise das etapas de projeto e execução de edificações, e, nesta dissertação, será realizado o estudo delimitando-se as etapas de projeto, planejamento e execução de edificações em concreto armado.

A partir do referencial teórico existente e/ou situações de referências analisadas, são elaboradas hipóteses de demanda (SALDANHA, 2004; LEAL, 2011). Além disso, experiências pessoais da pesquisadora no setor motivaram a formulação das hipóteses de demanda. A demanda para este estudo fundamenta-se na proposição de que a ausência de equipes multidisciplinares de projeto, de processos de compatibilização de projetos e da retroalimentação do conhecimento da execução para o projeto de novas edificações acarreta problemas de construtibilidade e risco de acidentes durante a construção.

4.3.2.2 Construção social

Após a construção da demanda provocada, foi desenvolvido o dispositivo da Construção Social para o estudo de caso. A construção social, juntamente com a construção da demanda, é um processo da AET que tem continuidade durante todas as etapas da pesquisa (VIDAL, 2012; SALDANHA, 2004). A equipe que compõe a Construção Social foi composta por pessoas que prestam suporte técnico, permitindo o desenvolvimento de intervenções na empresa, e por indivíduos que realizam o levantamento de informações sobre a atividade (SALDANHA, 2004; SALDANHA et al., 2012).

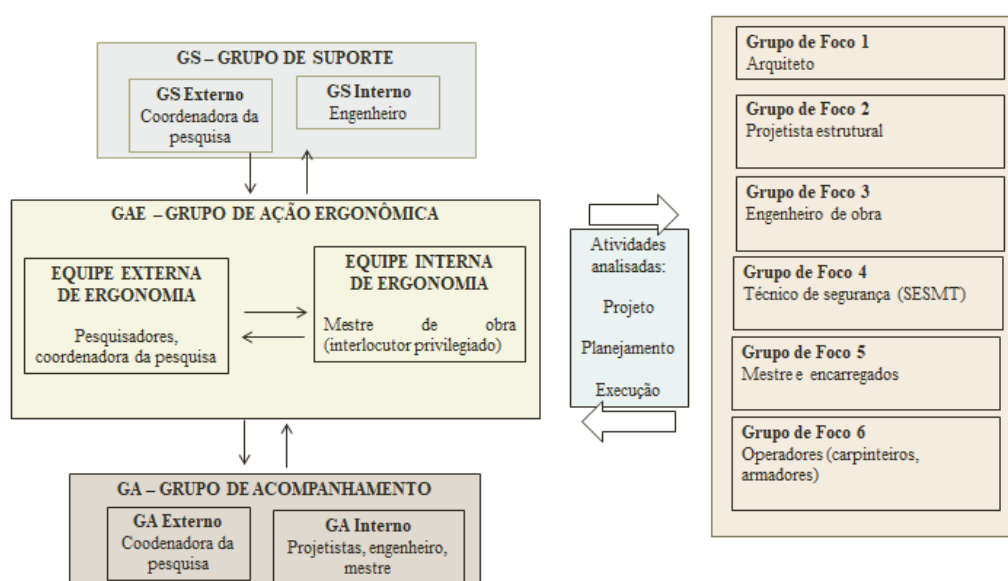
No caso deste estudo, o esquema da construção social é mostrado na Figura 31, demonstrando a participação dos diversos níveis e a forma de participação de cada um deles. Os diferentes grupos que compõem o dispositivo da construção social (SALDANHA, 2004; VIDAL, 2012) desta pesquisa podem ser classificados como:

- Grupo de Ação Ergonômica (GAE), constituído pela parceria entre a Universidade e as empresas que participarão da pesquisa. O (Gex) externo é composto pela pesquisadora, coordenadora da pesquisa e alunos envolvidos no projeto, e o (Gei) interno é composto por profissionais que são interlocutores privilegiados com vínculos nas empresas;

- Grupo de Suporte interno (Gsi), representado por pessoas com poder de decisão na situação de trabalho, no caso desta pesquisa, o engenheiro de obra, a quem o GAE se reportará sempre que necessário durante a pesquisa, e o Grupo de Suporte externo (GSx), representado pela coordenadora do projeto de pesquisa;
- Grupo de Acompanhamento interno (Gai), composto por pessoas que têm autoridade técnica relativa aos projetos e execução das edificações, representado pelos projetistas, mestre e engenheiro, e o Grupo de Acompanhamento externo (Gax), composto pela coordenadora da pesquisa, para dar suporte no que se refere à metodologia em AET;
- Grupos de Foco (GF), representados pelos diversos profissionais que participaram em momentos distintos da pesquisa (levantamento dos dados, restituição e validação de informações). O Grupo de Foco 1 (GF-1) é composto pelo arquiteto que projetou a edificação, o Grupo de Foco 2 (GF-2) é composto pelo projetista estrutural, o Grupo de Foco 3 (GF-3) é representado pelo engenheiro de obra, o Grupo de Foco 4 (GF-4) é constituído pelos integrantes do SESMT (Serviço Especializado em Engenharia de Segurança e Medicina do Trabalho) da empresa, que é o técnico de segurança, o Grupo de Foco 5 (GF-5) é o mestre e encarregados, e o Grupo de Foco 6 (GF-6) é formado pelos operadores envolvidos na execução da estrutura, que são os carpinteiros e armadores.

Percebe-se que os mesmos interlocutores podem fazer partes de grupos diferentes, tornando clara a multifuncionalidade dos integrantes da equipe (SALDANHA, 2004).

Figura 31 - Dispositivo de construção social do estudo de caso



Os interlocutores com os quais foram realizadas as ações conversacionais são arquiteto (GF-1), projetista estrutural (GF-2), engenheiro responsável pela obra (GF-3), mestre e encarregados das equipes de carpintaria e armação (GF-5). As observações da atividade aconteceram com os trabalhadores envolvidos no processo da execução da estrutura das edificações (GF-6): carpinteiros, armadores, ajudantes, pedreiros e outros profissionais envolvidos na atividade.

Foi fundamental para o desenvolvimento da pesquisa uma construção social que permitiu adquirir a confiança da Equipe Interna de Ergonomia, na qual o mestre de obra foi o interlocutor privilegiado. O contato com o engenheiro de obra também favoreceu a integração com o mestre de obra, autorizando a presença da pesquisadora em campo e garantindo que o contato com os projetistas poderia ser estabelecido.

4.3.2.3 Análise global do estudo de caso

Inicialmente a análise global pode ser conduzida através de observações abertas buscando compreender o funcionamento da empresa, (GUÉRIN et al., 2001), ter informações sobre a população de trabalhadores e diversos elementos da organização do trabalho (VIDAL, 2012). As primeiras informações coletadas constituem uma análise global, com o objetivo de coletar características da empresa e da obra em estudo. Foi fundamental para o desenvolvimento da pesquisa uma construção social que permitiu adquirir a confiança da Equipe Interna de Ergonomia, na qual o mestre de obra foi o interlocutor privilegiado. O contato com o engenheiro de obra também favoreceu a integração com o mestre de obra, autorizando a presença da pesquisadora em campo e garantindo que o contato com os projetistas poderia ser estabelecido. Na etapa de análise global, procurou-se ampliar a quantidade de informações sobre os processos da empresa, coletar informações gerais sobre a população de trabalhadores e elementos da organização do trabalho, além de fazer contato com interlocutores que prestarão suporte à intervenção ergonômica (VIDAL, 2012).

As características da empresa que foram coletadas compreendem o tempo de atuação no mercado, quantidade de obras em andamento no momento, entre outras (Apêndice A - Roteiro de análise global da empresa). Em relação à obra, foram coletadas especificações da edificação e características do projeto e do canteiro de obras, através de roteiros de coleta dados e de observação na realização de visitas (Apêndices B - Roteiro de análise global da obra e C - Roteiro de observação para visita no canteiro de obras).

Essa etapa teve início em novembro de 2017. Durante as primeiras visitas em campo, a pesquisadora acompanhava o mestre de obras em suas atividades. As visitas foram realizadas em diferentes turnos, para compreender, de um modo geral, o funcionamento da obra. Essa etapa contou com 4 sessões em dias diferentes, e os dados obtidos em cada visita foram registrados em relatórios contendo as observações realizadas e anotações feitas em campo.

4.3.2.4 Análise da atividade

Após a análise global, foi realizada a etapa de análise da atividade. A análise da atividade na edificação ocorreu no período de novembro de 2017 a abril de 2018, e, no momento da pesquisa, a edificação estava no 20º pavimento. Nessa etapa, foram coletadas informações sobre as atividades de execução da estrutura de concreto armado da edificação, tendo sido realizadas 18 horas de observação da atividade na obra.

Inicialmente foram realizadas observações abertas e sistemáticas da atividade dos trabalhadores da carpintaria, armação e concretagem da estrutura das edificações (GF-6), ressaltando-se que a observação da atividade também envolve a escuta de verbalizações espontâneas ou provocadas. Para tanto, foram utilizados roteiros de observação da atividade de trabalho, nos quais foi levada em conta a situação real de realização da atividade, em busca da identificação dos determinantes da atividade de trabalho (GUÉRIN et al., 2001). Os roteiros de observação da atividade podem ser consultados nos Apêndices I -Roteiro de observação da atividade de carpintaria, J - Roteiro de observação da atividade de armação e K - Roteiro de observação da atividade de concretagem. Restituições ocorriam de forma progressiva com o mestre de obra.

4.3.2.4.1 Análise focal

Nessa etapa, a observação da atividade e as ações conversacionais se tornaram direcionadas a buscar as informações mais detalhadas. Na análise focal, serão acrescentadas às análises anteriores informações sobre o dispositivo de trabalho, meio ambiente de trabalho, organização e variabilidades (VIDAL, 2012). Diversas atividades aconteciam simultaneamente no canteiro de obras, mas a pesquisa concentrou-se apenas nas atividades diretamente relacionadas com a execução da estrutura de concreto armado, bem como nos trabalhadores responsáveis por essa atividade.

Essa etapa foi necessária para compreensão do ritmo e divisão do trabalho e auxiliou na realização da análise da atividade de forma direcionada. Dentro da etapa de análise focal, foi realizada de forma específica a análise da atividade da equipe de execução da estrutura de concreto da edificação representada pelos carpinteiros e armadores. Os dados foram obtidos na análise focal através de observação da atividade e escuta de verbalizações.

4.3.2.4.2 Seleção de situações características

A partir do emprego de critérios de escolhas, consegue-se hierarquizar e selecionar situações de trabalho mais importantes de acordo com aplicação de critérios na condução da AET (VIDAL, 2012). A análise da atividade permitiu coletar diversas informações sobre o processo de trabalho, sendo necessária a seleção de situações características para uma posterior investigação. Os critérios de escolha das situações características são determinados em função do processo de entendimento do cenário analisado (VIDAL, 2012).

Nesse estudo de caso, a escolha das situações características baseou-se em critérios de escolha. Primeiramente, foram selecionadas as situações que possuíam relação com a construtibilidade de elementos da estrutura de concreto armado, além de possuírem ao longo de sua execução a existência de estratégias ou equipamentos que promoviam a segurança dos trabalhadores. Além disso, foram considerados os critérios de gargalo, caracterizado por uma situação crítica em termos de produtividade; critério de queixas, representado por situações em que foram apresentadas queixas por parte dos trabalhadores; também foi utilizado como critério a escolha de situações que estivessem diretamente relacionadas aos projetos de arquitetura e estrutural. Dessa forma, foram selecionadas três situações características: a viga para fixação de vidro, o console dos pilares do subsolo, térreo e mezanino e, o pilar em L.

4.3.2.4.3 Análise focada

Em uma análise focada busca-se enriquecer as situação analisadas na empresa com argumentações, consequências decorrentes de alguma característica no processo, problemas que foram contornados pelos trabalhadores, entre outras (VIDAL, 2012). Foi, então, realizada análise focada nessas situações características, tendo essa etapa acontecido no mês de maio de 2018. Nesse etapa, a análise da atividade ocorreu de forma direcionada a identificar as

variabilidades da atividade, os riscos ocupacionais, os dispositivos de segurança, os problemas frequentes, a comunicação entre os trabalhadores e as regulações adotadas.

Dessa forma, buscou-se um detalhamento das situações características sob diversos aspectos. Também foram consultados os projetos arquitetônico e estrutural da edificação, e todo material coletado nessa parte foi organizado e utilizado na etapa de validação. Nesse momento, também foram coletados dados sócio-profissionais dos encarregados e operadores interlocutores (GF-6), através dos roteiros que se encontram nos Apêndices E - Roteiro sócio-profissional: mestres e encarregados e F - Roteiro sócio-profissional: operadores. Essa coleta de informações foi realizada após meses de presença na obra, depois de estabelecido um nível de confiança entre a pesquisadora e os trabalhadores.

4.3.2.4.4 Validação e restituição das situações características

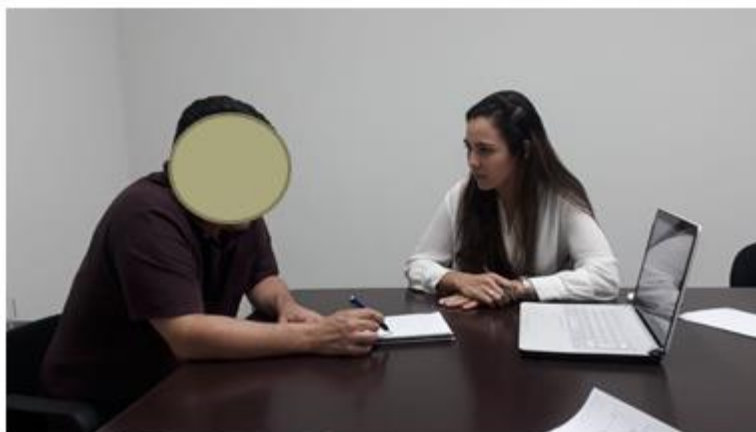
A etapa de restituição e validação da AET busca a verificação da realidade dos resultados obtidos junto à empresa e setores analisados (VIDAL, 2012). A partir das situações características, foi elaborado um material para validação dos dados junto ao mestre de obra e depois com o engenheiro de obra. Durante a validação, foram utilizados os roteiros de ação conversacional (Apêndices G - Roteiro de ação conversacional engenheiro de obra e H - Roteiro de ação conversacional mestre de obra), além de uma apresentação em formato digital contendo fotografias e vídeos. Esse material serviu como apoio para a condução da validação dos dados. Foram ainda coletadas informações a partir de verbalizações espontâneas e provocadas durante as discussões sobre os projetos com os profissionais.

Foram realizadas duas sessões de validação separadamente no escritório do canteiro de obras, primeiramente com o mestre e depois o engenheiro de obras. Como também foram coletadas informações do mestre e do engenheiro de obras através dos roteiros sócio-profissionais (Apêndices D - Roteiro sócio-profissional: engenheiro de obra e E - Roteiro sócio-profissional: mestre de obra). Foi realizada a gravação em áudios, totalizando duas horas e 30 minutos, os quais foram transcritos para posterior sistematização. Após essa etapa, deu-se continuidade ao estudo de caso com a confrontação dos dados junto aos projetistas da edificação.

4.3.2.4.5 Confrontação

Em AET, a confrontação permite compreender outras dimensões que estão presentes na atividade através da apresentação dos dados recolhidos seguidos de questionamentos ao trabalhador (VIDAL, 2012). Depois de validados os dados das situações características, foi desenvolvida uma nova apresentação em meio digital, com fotos e vídeos da obra destacando os principais elementos encontrados durante a execução da edificação (Figura 32). Para a confrontação dos dados, também foi utilizada análise documental através da observação dos projetos arquitetônico e estrutural da edificação.

Figura 32 - Realização da etapa de confrontação dos dados



As duas sessões foram realizadas separadamente no escritório de cada profissional, mediante agendamento, primeiramente com o projetista estrutural e posteriormente com o arquiteto. Nessa etapa, foram conduzidas duas sessões de ação conversacional que foram gravadas, totalizando três horas de áudios, os quais foram transcritos para posterior sistematização. Ressalta-se que esse contato foi facilitado através do engenheiro de obra que informou aos projetistas estar ciente da pesquisa.

A ação conversacional foi conduzida através de questionamentos relativos ao processo de concepção de novos projetos, por exemplo, como o projetista é contatado pela empresa, como são tratadas as especificações solicitadas para um novo empreendimento, a relação de compatibilização desse projeto com os outros, entre outras informações (Apêndices M - Roteiro de ação conversacional: arquiteto e N - roteiro de ação conversacional: projetista estrutural). Durante o curso da ação conversacional, os projetistas recorreram ao desenho de esquemas que ajudaram na verbalização de suas explicações acerca das situações

características. A fim de conhecer o perfil sócio-profissional dos interlocutores (GF-1 e GF-2), foi utilizado um roteiro de coleta de informações, apresentado no Apêndice L - Roteiro sócio-profissional: arquiteto e projetista estrutural.

4.3.3 Análise dos resultados

A fim de atender as boas práticas em estudos de caso (YIN, 2001), foi desenvolvida uma base de dados em forma textual a partir das transcrições completas de entrevistas, diário de observação de cada participante, características do trabalho identificadas, entre outras informações. A operacionalização das ações conversacionais obtidas nas sessões de validação e confrontação contou com transcrições e posterior tabulação, e os relatórios a quente foram elaborados logo após momentos de coleta de dados, contendo aspectos descritivos e outras observações realizadas (VIDAL, 2012).

Os resultados obtidos de uma ação conversacional podem ser organizados em matrizes características, matrizes de observação, matrizes de comentários, matriz de inclusão de comentários e matrizes de síntese para auxiliar na sistematização e armazenamento dos resultados (VIDAL, 2012). A partir dessa base de dados, foram identificados trechos de texto que possam ser organizados por categorias de análise dos dados. As transcrições das ações conversacionais realizadas totalizaram 20460 palavras transcritas em meio digital. O Quadro 9 apresenta uma porção da matriz de inclusão de comentários desenvolvida na pesquisa.

Quadro 9 - Exemplo de matriz de inclusão de comentários

Evidência de campo	Mestre de obra	Engenheiro de obra	Projetista estrutural	Arquiteto
Pilar com console	Aqui mesmo na obra eu fiz o pilar 3 enchi o pilar e nada de projeto de console. Quando fiz o pilar ai chegou o projeto da periferia e todos tinham console. Ai ficou um sem botar ai vai criar um pilar em cima do bloco ai tem o console. Dá muito trabalho fazer um console desse. A ferragem é grossa ai o armador não consegue virar a ferragem como	Isso ai se faz porque não pode fazer pilar do lado. Por conta de vaga de garagem. Realmente ele é ruim de colocar ferragem, é ruim de concretar pra ficar bonitinho, fazer a forma. Se não ele fica todo rachado. Você vai apoiar uma viga aqui em cima, então ele substitui um pilar. Então aqui nessa obra a gente tem 3 lajes. Geralmente se faz por causa disso. Não é uma	Ultimo mesmo. Quando ele acontece: (posso riscar aqui?) quando tem a junta de dilatação e aqui ta a torre do prédio. Ai toda a parte da periferia que o pessoal chama de saia ela é solta 2 cm normalmente. Quando a gente nao consegue colocar outro pilarzinho saindo de baixo a gente coloca o console. Quando é que nao pode? Quando aqui é vaga de garagem ou	Tem uma estrutura e aqui tem outra e aqui uma junta de dilatação. Normalmente isso aqui é a torre e aqui são as lajes externas. Em planta isso aqui vai estar assim, esse console aqui e essa viga continuando pra lá. Ai é a solução encontrada pra você ter a diferenciação e a junta entre a torre e as lajes externas sem a necessidade de colocar mais um pilar aqui só

	deve. Ate a maquina que faz a ferragem já pronta não consegue dobrar na medida certa. Ai vem pra obra e tem que dobrar modificar, ajeitar. Ai tem por causa da economia deles lá né. Mas assim num é bom ne? Quando vier o acabamento tem que deixar bem feitinho, botar isopor de lado. Quando vier acabamento tem que deixar cortar a massa. Porque quando o prédio trabalha. Ai vai se tiver com a massa ali vai trincar. Ai fica feio. Tem que deixar bem direitinho porque o neoprene tem que ficar livre e a viga em cima. Se você deixar cair alguma massinha de lado do neoprene o que acontece: uma vez que o prédio trabalha, ele balança. Às vezes não querem perder vaga, 20cm de garagem	coisa de outro mundo, mas do trabalho. Não é a primeira vez que se faz, nem vai deixar de fazer.	ambiente. Então como ele é lá em cima nao atrapalha a vaga. Então ele é horrível, pessoal erra muito. Principalmente porque eles não colocam o aparelho de apoio direito. Pra ser bem acabado isso aqui tem que ficar solto. O que o pessoal faz é nao coloca o neoprene direito ou bota fino demais ou ele fica achatado e na concretagem ele entra. Quando vai fazer a outra viga cola ai fica uma “maçaroca” de concreto só. Quando trabalha fissura aqui. Tem construtores que tem como premissa: olhe, não quero console. Diz pro arquiteto, não é pra a gente não que ai ele vai dar um jeito de ajeitar a vaga e não botar console. To com uma obra da aliança que ficou um só console na obra. Num é possível que um só num faça certo.	pra receber essa laje externa. Esse é o motivo. Por isso essa solução do console é melhor do ponto de vista de execução porque você vai executar duas aqui porque o esforço dessa sapata que é carga do prédio é muito maior do que essa aqui. Pra isso não acontecer precisa que seja feito uma sapata bem grande e os dois saindo da mesma sapata. Mas não pode por conta da junta. Ai então é uma complicação na hora de fazer a sapata. Depois você pode até ver isso com Y se procede minha informação. Por isso que ao fazer isso aqui você tem a sapata normal pra o pilar e lá em cima você faz pra sair a viga aqui. É uma solução alternativa a criação do pilar paralelo ou do console. É porque se não fica esse negocio feio né? Mesmo que seja no subsolo (acabamento)
--	--	---	--	---

Um estudo de caso requer rigor e cuidado em sua análise (YIN, 2001). Assim, após as transcrições, os dados foram agrupados em uma matriz de inclusão, e cada fala dos profissionais foi sendo agrupada, confirmando-se as situações características mediante o teor das informações. As falas foram classificadas de acordo com o profissional e a situação, podendo ser realizado um cruzamento das evidências obtidas nas entrevistas. A análise das informações coletadas foi realizada sob a perspectiva da construtibilidade e segurança, e o *framework* teórico desenvolvido na seção 3.3.3 serviu como base para discutir e comparar os resultados da pesquisa com a literatura existente.

Esta pesquisa buscou atender aos critérios de validade de confiabilidade e de constructo, sendo esta suportada pelas múltiplas técnicas de coleta de dados e triangulação das

evidências através de mais de uma fonte. A validade externa da pesquisa é demonstrada através da narrativa das situações e trechos das entrevistas, o que permite identificar particularidades do estudo de caso relacionadas a diversos aspectos.

4.4 SÍNTESE DO CAPÍTULO

Inicialmente, este capítulo apresentou uma classificação da pesquisa, assim como os procedimentos para a sua realização. Em seguida, foram apresentados os procedimentos para a realização da revisão da literatura, sendo cada etapa apresentada até a elaboração do *framework* teórico.

Foram apresentados os procedimentos para a realização do estudo de caso fundamentados na AET, e cada uma das etapas que compõe a metodologia foi descrita indicando os instrumentos de coleta de dados, as informações que levaram ao desenvolvimento de outras etapas e os profissionais envolvidos em cada etapa do procedimento. Por fim, foi apresentado como os dados obtidos foram sistematizados e analisados.

5 DESCRIÇÃO DOS RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo, são apresentados os resultados obtidos através da análise da atividade e das ações conversacionais relacionadas com os aspectos projetuais, organizacionais e tecnológicos que influenciam na segurança e construtibilidade na atividade de execução da estrutura de concreto armado de uma edificação de múltiplos pavimentos. São apresentadas imagens da obra, bem como detalhes dos projetos e desenho elaborados pelos projetistas para auxiliar na validação das informações.

Primeiramente é caracterizada a empresa, seguida pela caracterização da obra, como também são descritas as equipes de projeto e de execução da obra, indicando os dados sócio-profissionais. Em seguida, é realizada a discussão dos resultados: em um primeiro momento, são discutidos os aspectos projetuais, organizacionais e tecnológicos identificados no estudo de caso e a sua relação com a construtibilidade e segurança. Em um segundo momento, é apresentada a discussão das características identificadas e suas relações com o *framework* teórico elaborado na sessão 3.3.3.

5.1 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA

A empresa é uma construtora que atua há 28 anos no mercado imobiliário e possui 48 obras concluídas ao longo deste tempo, equivalendo a aproximadamente 610.384,29m² de área construída. Ela atua no subsetor de edificações e é especializada em edificações multifamiliares de múltiplos pavimentos, de médio a grande porte. Seu público alvo pertence, predominantemente, à classe média-alta.

Os projetos dos empreendimentos desta empresa são desenvolvidos por profissionais externos ou de outras empresas contratadas por ela. Cada empresa de projetos contratada possui a sua especialidade, tais como arquitetura, cálculo estrutural e projeto de instalações, entre outros. A parceria entre a empresa construtora e a empresa responsável pelo cálculo estrutural acontece há, aproximadamente, 20 anos, e há 10 anos com a empresa responsável pelos projetos de arquitetura.

No que se refere à execução das obras, a construtora adota a seguinte estratégia para manter seu corpo de técnicos e de operários, ao longo dos anos: procura reduzir a rotatividade do pessoal, que é muito comum na indústria da construção civil no Brasil. Para tal, a empresa mantém, paralelamente, pelo menos duas obras em execução, em diferentes estágios do

processo construtivo, dispondo de duas equipes de trabalho: a equipe 1 (das etapas de fundação, estrutura e alvenaria) e a equipe 2 (das etapas de acabamento). A equipe 1 é composta por um engenheiro de obra, um mestre de obra, encarregados de obra e operários (carpinteiros, armadores, pedreiros e serventes).

Ao concluir as respectivas etapas em uma determinada obra (por exemplo, obra A), a equipe 1 é transferida para realizar as mesmas etapas em uma nova obra (por exemplo, obra B), cuja execução se inicia paralelamente à obra A. A equipe 2, por sua vez, dá continuidade à execução das etapas seguintes pelas quais é responsável na obra A. Da mesma forma, a equipe 2 é composta por um engenheiro de obra, um mestre de obra, encarregados de obra e operários, que são responsáveis pela execução do acabamento de todas as obras da construtora.

A estratégia que a empresa adota de manter o mesmo corpo técnico e de operários em atividade, ao longo do tempo, exige um planejamento necessário para se obter uma sincronia entre os cronogramas das duas obras. Esta estratégia tem possibilitado o desenvolvimento da especialização e qualificação das duas equipes, contribuindo para uma melhor integração, cooperação, colaboração e comunicação entre seus membros. Também, tem possibilitado uma melhor otimização dos procedimentos e modos operatórios adotados na execução da obra e uma memória técnica relativa à execução da obra, mesmo que pouco formalizada. A vantagem dessa estratégia foi evidenciada pelo engenheiro de obras:

Geralmente as empresas como aqui na empresa tem uma equipe pra fazer a estrutura. Entra uma equipe, faz a fundação, faz a torre, faz setor externo ai depois entra outra equipe para fazer os acabamentos. Existe como se fosse um ciclo. A gente tem varias obras então quando a gente está fazendo a estrutura de uma já está terminando uma primeira obra. Ai a equipe da primeira obra vai entrar na segunda. E a equipe da estrutura já começa outra obra. Ai fica o pessoal mais especializado. A ideia é essa dai. Isso no caso de uma construtora que tem mais obras ao mesmo tempo.

Engenheiro de obras

Em relação aos aspectos de segurança do trabalho, a empresa possui, em seu quadro de funcionários, três técnicos de segurança que compõem o SESMT – Serviço Especializado em Segurança e Medicina do Trabalho. O PCMAT é elaborado por um engenheiro de segurança do trabalho terceirizado, e as atividades relacionadas à medicina do trabalho são realizadas por empresas externas.

5.2 CARACTERIZAÇÃO DA OBRA: EDIFICAÇÃO

Trata-se de um edifício residencial multifamiliar de múltiplos pavimentos, localizado em uma área residencial nobre da cidade onde predomina o público de elevado poder aquisitivo. Possui 37 pavimentos, sendo dois subsolos de garagem, três pavimentos para os equipamentos de lazer e 32 pavimentos tipos. Cada pavimento tipo possui 5 apartamentos, totalizando 160 unidades habitacionais, variando de 47m² à 82m², com 1, 2 e 3 quartos (Figura 33). No térreo, consta quadra poliesportiva, playground, bar, churrasqueira e piscinas, e, nos dois mezaninos, estão localizados os salões de festas, academia e spa.

Figura 33 - Planta comercial do pavimento tipo



Fonte: Folder comercial do empreendimento

O método construtivo da estrutura da edificação é o concreto armado com lajes do tipo nervuradas. A obra tem previsão para ser entregue em 2019, e as atividades analisadas consistem na execução da armação, execução das formas e concretagem das lajes, vigas e pilares. O concreto utilizado na obra é usinado feito em central e bombeado, além disso, a edificação possui alvenaria de fechamento nas paredes externas e de delimitação dos apartamentos. As paredes internas de cada apartamento são executadas em *drywall*, um tipo de gesso acartonado, por uma empresa terceirizada.

5.2.1 Caracterização da equipe de projeto

5.2.1.1 Arquiteto

O arquiteto responsável pelos projetos arquitetônicos dos edifícios da empresa tem 28 anos de experiência e é especialista em edifícios multifamiliares ou multiusos (edifícios de flat, hotel, salas comerciais), tendo projetado mais de 220 edifícios. Ele tem uma parceria de mais de 10 anos com a empresa construtora em questão, tendo sido o arquiteto responsável pelo projeto de todos os edifícios da referida empresa neste período.

Antes de atuar nesta parceria, o referido arquiteto foi proprietário de uma empresa construtora durante 8 anos, período em que desenvolveu a experiência em execução de projetos, conforme seu próprio relato:

Fiz um curso prático por que eu tive uma construtora e eu era o responsável para ver os processos. E via como que a arquitetura poderia informar melhor o projeto. Eu via que meu desenho que eu mandava pra obra não servia de nada. Que a forma de leitura do projeto da obra é diferente da forma que a gente quer colocar no projeto. Ai eu aprendi que tem que ser de uma forma mais pratica. Eles entendem de uma forma que tem que ser mais pratica. As vezes você tem que fazer um desenho que num corte você coloque altura e de comprimento também. Que o corte essencialmente é medida de altura mas porque não botar a medida de comprimento e largura? Porque não colocar?
Arquiteto

5.2.1.2 Projetista estrutural

O projetista estrutural é engenheiro civil, formado há 16 anos, e possui experiência em projetos de edificações e protensão. O escritório de projetos estruturais, a que pertence, já participou da elaboração de mais de 700 projetos e mantém parceria com a empresa construtora há cerca de 20 anos.

5.2.2 Caracterização da equipe de execução da estrutura de concreto armado

A etapa de execução da estrutura da edificação conta com engenheiro de obras, mestre de obra e as equipes de carpintaria e armação. Nessa obra, também atua um técnico de segurança que desenvolve suas atividades duas a três vezes por semana, cujas principais atribuições são controlar o cumprimento do PCMAT e realizar treinamentos. A gestão das

atividades de execução da estrutura é realizada conjuntamente entre o engenheiro e o mestre de obra.

A execução da estrutura da edificação consiste, basicamente, em montagem de formas e armações, concretagem e desforma. Inicialmente, é realizada a montagem das formas de madeira no pavimento a ser executado enquanto acontece a montagem das armaduras de aço no pavimento térreo da obra. Os elementos de armação são içados pela grua até o local indicado no projeto onde são feitos os ajustes pela equipe de armação. No caso das lajes e vigas a equipe de carpintaria finaliza a montagem das formas antes da colocação das armaduras, no caso dos pilares as formas são concluídas após a colocação das armaduras.

Posteriormente, no momento da concretagem em si, a equipe responsável é composta pelos carpinteiros, encarregados de carpintaria conduzidos pelo mestre de obra e também conta com o operador da grua. Como o concreto utilizado na obra é usinado feito em central, é utilizado um sistema de bombeamento desde o caminhão até o pavimento a ser concretado. A colocação do concreto nos elementos estruturais é realizada através de um mangote, estrutura que prolonga o sistema de bombeamento recebendo um alto nível de pressão para vencer a altura da edificação. No caso da obra em estudo, o direcionamento do mangote é realizado com o auxílio da grua.

A seguir, será apresentada a equipe que atua na etapa de estrutura composta pelo mestre de obra, engenheiro de obras, equipe de armação, equipe de carpintaria e concretagem.

5.2.2.1 Engenheiro de obra

O engenheiro de obra concluiu o curso de graduação em engenharia civil em 2009 e, especializações em gestão de projetos na Espanha e também na FGV no Brasil. Trabalha na empresa como engenheiro há 9 anos, além dos 2 anos como estagiário, tendo sido o engenheiro responsável pela execução da estrutura de mais de 4 edificações nessa empresa. Além de edifícios de múltiplos pavimentos, possui experiência com construção de postos de gasolina, casas e reformas de apartamentos.

5.2.2.2 Mestre de obra

O mestre de obra possui 49 anos de idade e 27 anos de experiência na construção civil. Iniciou sua atividade na construção civil aos 22 anos como ajudante, tendo atuado,

posteriormente, como betoneiro, pedreiro, carpinteiro e encarregado de carpintaria e mestre de obra. Trabalha há 22 anos na empresa, atuando como carpinteiro, encarregado de carpintaria e mestre de obra. Em termos de escolaridade, possui ensino fundamental incompleto.

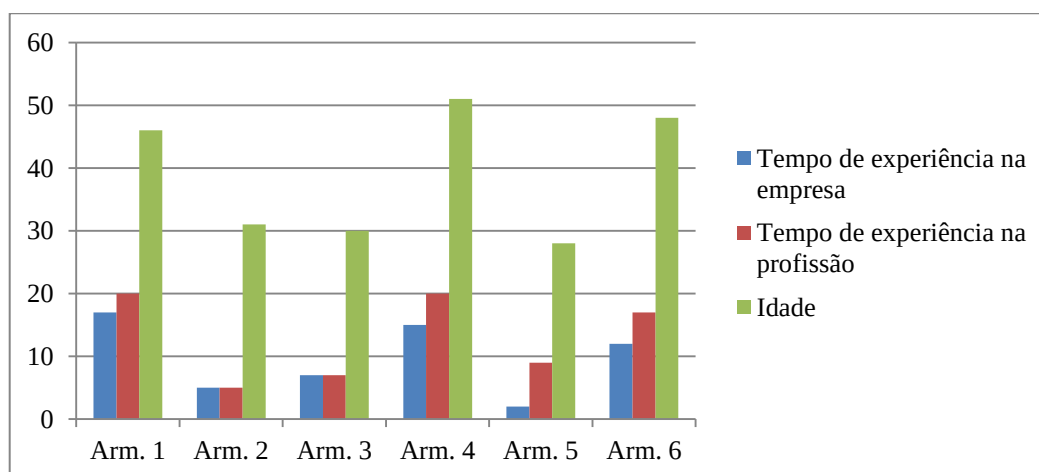
O mestre possui grande autonomia para tomar decisões técnicas relacionadas à execução das atividades de campo, fruto de 09 anos de trabalho em equipe com o engenheiro da obra e da experiência acumulada do mestre de obra na execução de estruturas de concreto armado nessa empresa.

5.2.2.3 Equipe de armadores

Os armadores são responsáveis pelo transporte e armazenamento das peças de aço que chegam cortadas e dobradas de acordo com o projeto estrutural. De acordo com o pavimento e elemento estrutural a ser executado, eles fazem a montagem da armação no pavimento mezanino da obra a partir da leitura do projeto de estrutura.

A equipe é formada por 6 profissionais e não possui ajudantes. A idade dos armadores varia entre 28 e 51 anos (Figura 34), sendo que três possuem entre 28 e 30 anos e três entre 45 e 51 anos de idade. Os profissionais dessa equipe, em sua maioria, iniciaram o trabalho na empresa no cargo de ajudante de armação, sendo posteriormente classificados como armadores. O tempo de experiência na profissão, em alguns casos, é igual ou se aproxima do tempo de atuação na empresa (Figura 34). Três armadores (50 %) trabalham na construtora há mais de 10 anos, um (16 %) há 2 anos. Antes da construção civil, trabalharam em outros ramos, como agricultura, comércio e outros cargos na construção civil.

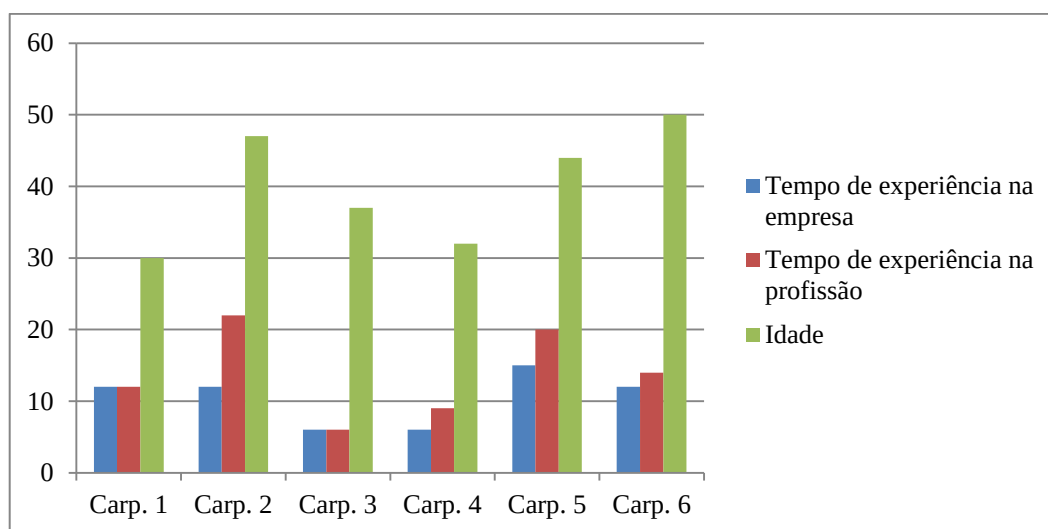
Figura 34 - Idade, tempo de experiência e de profissão da equipe de armação



5.2.2.4 Equipe de carpintaria

Os profissionais de carpintaria possuem, como atribuição, a confecção das formas, montagem no local e depois a desforma das lajes, vigas e pilares. A equipe de carpintaria é composta por seis profissionais carpinteiros e 10 ajudantes e a idade dos carpinteiros varia entre 30 e 50 anos (Figura 35), sendo que 50 % possui entre 40 e 50 anos e 50% entre 30 e 40 anos. A maioria trabalha há mais de 10 anos na empresa, como mostra a Figura 35, e o tempo de experiência no cargo de carpintaria se aproxima, em alguns casos, do tempo em que se está na empresa, sendo iguais em dois casos. Os trabalhadores relataram que, antes de trabalhar na construção civil, já tiveram experiências na agricultura, restaurante e usina.

Figura 35 - Idade, tempo de experiência e de profissão da equipe de carpintaria



5.2.2.5 Equipe de concretagem

A equipe responsável pela concretagem é composta pelos carpinteiros, encarregados de carpintaria e operador da grua que são conduzidos pelo mestre de obra.

5.2.3 Situações características envolvendo construtibilidade e segurança na execução da estrutura de concreto armado

A análise das atividades de execução da estrutura de concreto armado possibilitou a identificação de situações características envolvendo os aspectos de construtibilidade e segurança, relacionadas a soluções projetuais adotadas pelo arquiteto e projetista estrutural: viga para fixação dos vidros da fachada, console dos pilares do subsolo, térreo e mezanino e pilar em L.

5.2.3.1 Situação Característica 1: Viga para fixação de painéis de vidros na fachada

A partir da observação da atividade de desforma, foi identificado que vigas presentes em duas regiões da edificação tinham características que diferenciavam das outras, as quais se localizavam na periferia do pavimento e apresentavam elementos de forma menores que os outros. Ao consultar o projeto arquitetônico da edificação, verificou-se que, no local desses elementos, constava a especificação de painéis de vidros. As vigas para fixação dos vidros da fachada localizam-se em ponto específicos do projeto (Figura 36).

Figura 36 - Localização das vigas para fixação de vidros na fachada



Fonte: Folder comercial do empreendimento

No processo de validação junto ao mestre de obra, foi confirmado que, para executar essa viga, a equipe de carpintaria precisa trabalhar com painéis menores que apresentam certa dificuldade na atividade de desforma, após a concretagem. Na etapa de confrontação com o arquiteto e o projetista estrutural, destacam-se pontos relevantes no curso do processo de concepção do projeto: ambos explicaram a importância dessa solução projetual, desenvolvida através de uma gestão participativa entre os projetistas, na busca de atender a uma solicitação da direção da empresa relativa à redução de custos do empreendimento, mantendo um projeto arquitetônico diferenciado.

O projetista estrutural explica que a interação com o arquiteto permitiu chegar a uma solução que contempla tanto a necessidade estrutural quanto o detalhe da arquitetura. O

arquiteto evidencia tal fato quando comenta que “isso aqui é um detalhe que veio maturado por conta da parceria, da arquitetura de tudo por que se não isso aqui pra passar batido num projeto é bem fácil”. Também fica evidenciado que o processo de conferência e análise do projeto que acontece no processo de concepção é uma tarefa que exige atenção a possíveis problemas. Quando não solucionados nessa etapa, podem gerar problemas maiores ou, se identificados apenas em etapas mais avançadas, podem trazer consequências como retrabalhos e aumento de custos.

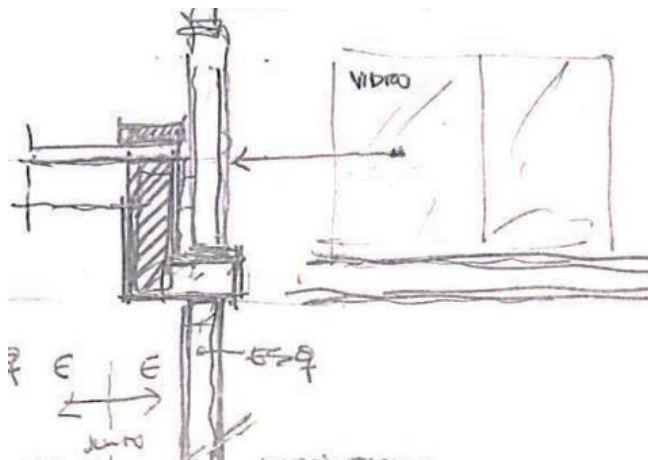
Segundo o arquiteto, é necessário buscar uma solução projetual economicamente viável e compatível com o padrão do empreendimento. No caso desse empreendimento, buscou-se reduzir os custos, mantendo o padrão de qualidade do projeto final, agregando, assim, valor na comercialização do empreendimento:

Na verdade é o seguinte: esse prédio (referindo-se ao prédio pesquisado) tem um nível comercial mais baixo que o Empreendimento Y (prédio construído anteriormente pela construtora). No Empreendimento Y é uma pele de vidro inteira, a pele que passa em todos os pavimentos, passa pela frente do vigaamento. Essa aqui é uma solução pra economizar na pele de vidro.

Arquiteto

Este elemento estrutural foi desenvolvido com o objetivo de fixar os vidros da esquadria da fachada, mantendo a viga escondida entre os painéis de vidro, conforme indica a Figura 37. O comentário e o esquema explicativo do arquiteto ilustram o funcionamento dessa solução estrutural.

Figura 37 - Esquema explicativo da viga para fixação de painéis de vidro da fachada



Fonte: Pesquisa de campo

É porque com isso aqui (apontando para a parte adjacente à parte hachurada na Figura 37), a gente consegue fixar a esquadria aqui. Os painéis ou a pele de vidro

por fora. Ai esteticamente, você só vê essa laje aqui e, aqui já tem o painel de vidro. Aí tem o peitoril lá em cima e continua. Você tem o vidro já aqui.

São efeitos de fachada que você quer nesse caso.

Arquiteto

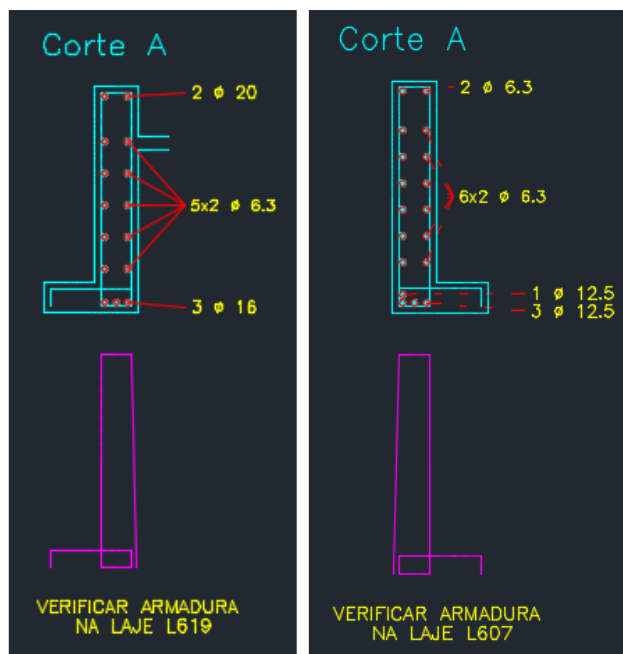
Com o auxílio do esquema, o arquiteto demonstra que diferentes soluções em arquitetura também estão relacionadas à redução de custos para a manutenção de um padrão de qualidade no projeto final. O critério estético também é levado em consideração, devido ao apelo comercial trazido por esse elemento de arquitetura na edificação. Na solução adotada (Figura 37), não foi utilizada uma pele de vidro inteira, em função dos custos associados, conforme explica:

Porque isso daqui ele divide, vai se apoiando. Então não é uma pele de vidro inteira são varias individuais que vão montando aqui e, essa diferença financeira é enorme. Então quando a gente quer fazer um efeito que não seja tão caro, ai a gente faz esse tipo de artifício.

Arquiteto

A Figura 38 apresenta o detalhamento estrutural da armação em aço dessas duas vigas.

Figura 38 - Projeto estrutural da viga para fixação de vidros na fachada



Fonte: Detalhamento do projeto estrutural

O projetista estrutural explica que a interação facilitada com o arquiteto permitiu chegar a uma solução que contempla tanto a necessidade estrutural quanto o detalhe da arquitetura, como evidencia o diálogo entre a pesquisadora e o projetista estrutural.

Pesquisadora: Então pra chegar num detalhamento como esse você chegou a conversar com o arquiteto...

Projetista estrutural: Sim sim, com certeza. Pra chegar nisso. A minha viga eu só preciso disso aqui. O resto aqui é construtivo. Por que depois (no momento de fixar os vidros) o cara tem que chegar lá, furar, inventar uma coisa depois. Isso aqui não é um negócio muito bom de fazer na obra, tem que encher em duas vezes. Mas muito pior é fazer depois.

A relação entre esse tipo de solução e o aumento do custo refere-se à necessidade de adotar dispositivos de fixação de vidro específicos para fachadas. O arquiteto também reconhece a dificuldade de concretagem dessa solução projetual, destacando, da mesma forma que o projetista estrutural, a necessidade de concretar em duas etapas. Desse modo, destaca-se que o detalhe construtivo passou por um processo de melhoria de construtibilidade a partir do projeto:

Como é que ele concreta isso aqui sem esborrar? Se ele meter o concreto aqui, isso não pode ter madeira em cima. Aí o concreto vai saindo aqui. Ele tem que fazer em duas etapas entendeu? É isso que eles não gostam.

Arquiteto

O mestre de obra explicou que, para executar essa viga, a equipe de carpintaria precisa trabalhar com painéis menores, que apresentam certa dificuldade na atividade de desforma, após a concretagem. De acordo com a percepção do mestre de obra, essa dificuldade é parcialmente minimizada na repetição dos pavimentos, pois os trabalhadores se familiarizam com os detalhes do projeto. O mestre relata que os primeiros pavimentos exigem uma atenção maior, e depois, pela repetição dos pavimentos tipo, a produção é facilitada. Dessa forma, quanto a esse aspecto, destaca-se a regulação de antecipação para a concepção de uma melhoria que influencia a construtibilidade de forma positiva. Além disso, a solução evita retrabalhos e elimina a necessidade de novas ações para a execução do detalhe construtivo.

Comentou também que um detalhe construtivo semelhante já havia sido utilizado em outra obra da empresa e que, por isso, eles não tiveram tantas dificuldades de executar nesta obra, demonstrando, assim, a importância da memória técnica na solução de problemas futuros. Esta questão é possibilitada pela estratégia de manutenção das equipes de trabalho, adotada pela construtora e descrita no item 5.1. A Figura 39 mostra diferentes vistas desse detalhe construtivo nas duas fachadas diferentes e uma vista da parte superior da viga.

Figura 39 - Detalhe da viga para fixação de vidros na fachada



5.2.3.2 Situação Característica 2: console dos pilares do subsolo, térreo e mezanino

Essa situação corresponde à execução de um elemento construtivo chamado console, um elemento de conexão entre o pilar de concreto e a viga. É uma solução utilizada para fazer ligação entre a torre do prédio e a estrutura das lajes externas destinadas à continuação da área de lazer e também às vagas de garagem.

O console já havia sido executado no primeiro e segundo pavimentos da edificação, por esse motivo, não foram acompanhados os detalhes durante o processo de sua execução. Entretanto, durante as observações situadas, quando o mestre foi questionado a respeito desse elemento (Figura 40), respondeu que existiam diversas dificuldades de execução desse elemento construtivo. Durante a ação conversacional na etapa de análise focada, o

encarregado de armação também confirmou existirem dificuldades para a execução do console, pois esse elemento exigia mais habilidade e atenção, o que diminuiu a produtividade dos trabalhadores. Posteriormente, as dificuldades de execução desse elemento foram evidenciadas pelo engenheiro de obra, projetista estrutural e arquiteto.

Figura 40 - Consoles dos pilares executados no pavimento térreo



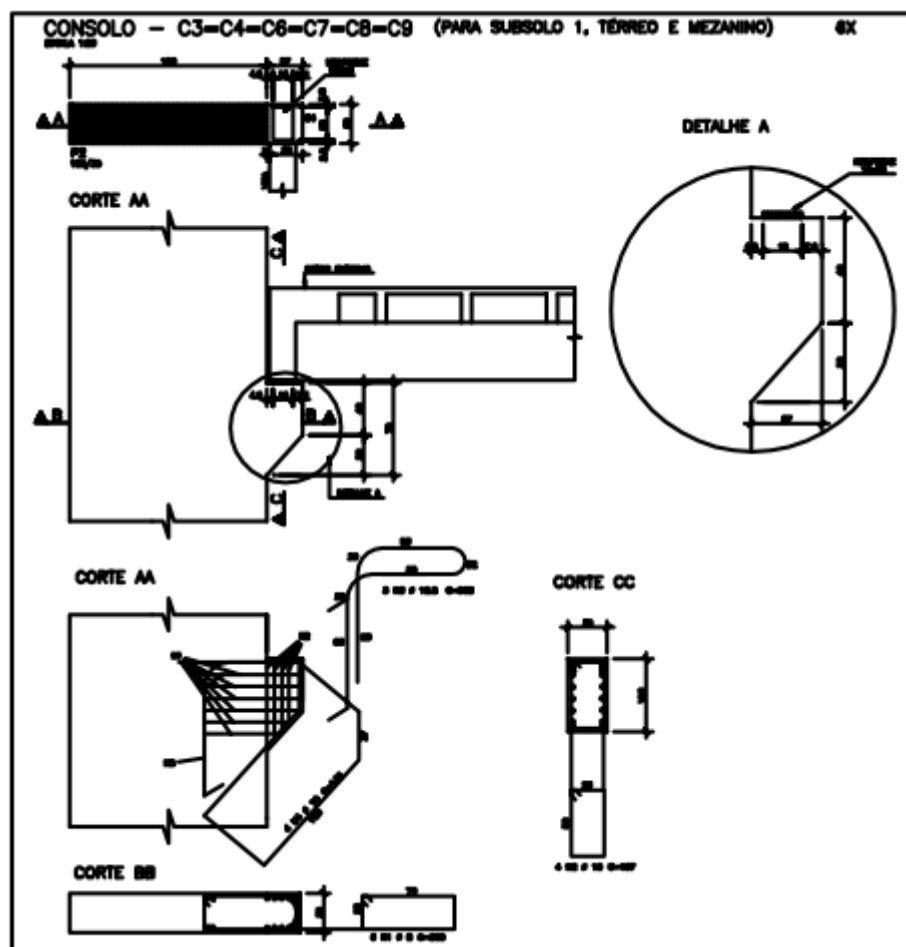
A primeira dificuldade relatada pelo mestre de obra foi em relação ao aço utilizado nessa estrutura:

Dá muito trabalho fazer um console desse. A ferragem é grossa aí o armador não consegue virar a ferragem como deve. Até a maquina que faz a ferragem já pronta não consegue dobrar na medida certa. Ai vem pra obra e tem que dobrar modificar, ajeitar.

Mestre de obra

Como mostra a Figura 41, a estrutura em aço desse elemento apresenta angulações específicas em sua dobra e também na disposição sobre a forma. A Figura 41 mostra também o projeto de armação dos consoles números 9, 10 e 11 destacados na Figura 40. Neste projeto, constam 35 consoles.

Figura 41 - Projeto estrutural dos consoles dos pilares do subsolo, térreo e mezanino



Fonte: Detalhamento do projeto estrutural

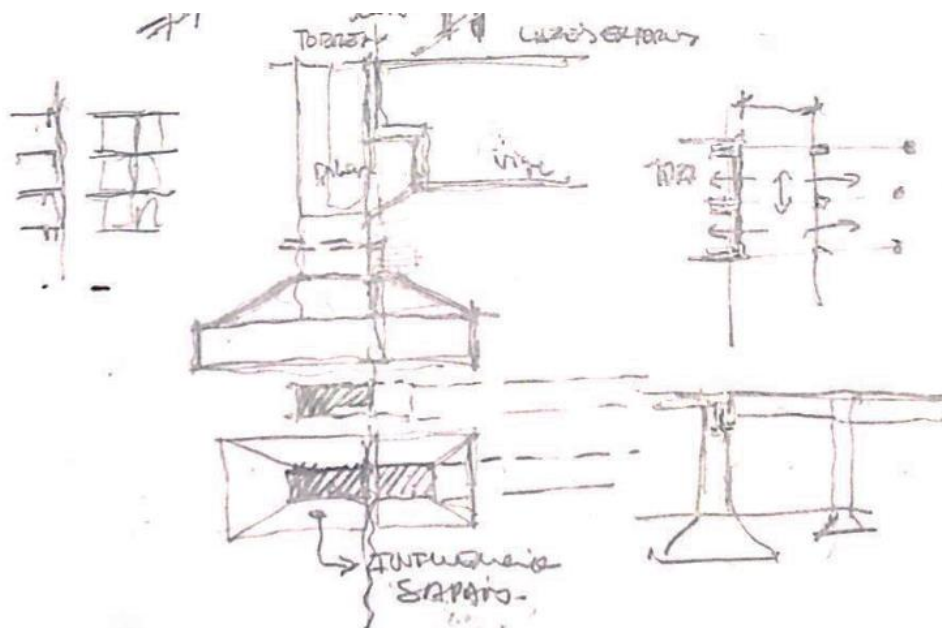
Outra dificuldade relatada pelo engenheiro de obra refere-se ao acabamento nesse elemento. Como se trata de um ponto de ligação que permite o trabalho da estrutura, facilmente podem ser formadas fissuras, como explicou o engenheiro, “realmente ele é ruim de colocar ferragem, é ruim de concretar pra ficar bem feito, fazer a forma. Se não ele fica todo rachado.”

A razão para uso do console como solução estrutural tem origem em uma necessidade do projeto de arquitetura da edificação. Esse fato evidencia o caráter sistêmico do projeto, através da interdependência entre o projeto de arquitetura e a disposição das vagas de estacionamento. O arquiteto, projetista estrutural e engenheiro de obra explicam que o uso do console está associado aos espaços das vagas de garagem, e o arquiteto esclarece que a vantagem de utilizar o console é o melhor aproveitamento do espaço para as vagas de garagem. Quando questionado sobre qual seria outra solução, explica que seria a execução de um pilar próximo a outro, o que representaria uma perda de espaço de garagem.

O que acontece: o console vai receber uma viga onde aqui nesse ponto (desenhando no papel, ver Figura 42) aqui é uma junta. Tem uma estrutura e, aqui tem outra e, aqui uma junta de dilatação. Normalmente, isso aqui é a torre e aqui, são as lajes externas. Em planta isso aqui vai tá assim, esse console aqui e essa viga continuando pra lá. Ai é a solução encontrada pra você ter a diferenciação e a junta entre a torre e as lajes externas sem a necessidade de colocar mais um pilar aqui só pra receber essa laje externa. Esse é o motivo. Esse pilar aqui vai exigir que essa fundação ela seja excêntrica. Porque você vai ter a fundação desse outro pilar perto. Influencia nas sapatas. [...] Pra isso não acontecer precisa que seja feito uma sapata bem grande e os dois saindo da mesma sapata.

Arquiteto

Figura 42 - Esquema explicativo do console dos pilares do subsolo, térreo e mezanino



Fonte: Pesquisa de campo

Devido à experiência em projetos anteriores, o projetista estrutural compreende a necessidade das vagas de garagem.

Quando ele acontece: (posso riscar aqui?) quando tem a junta de dilatação e aqui está a torre do prédio. Aí toda a parte da periferia que o pessoal chama de saia ela é solta 2 cm normalmente. Quando a gente não consegue colocar outro pilarzinho saindo de baixo, a gente coloca o console. Quando é que não pode? Quando aqui é vaga de garagem ou ambiente. Então, como ele é lá em cima não atrapalha a vaga. Então ele é horrível, pessoal erra muito. Principalmente porque eles não colocam o aparelho de apoio direito.

Projetista estrutural

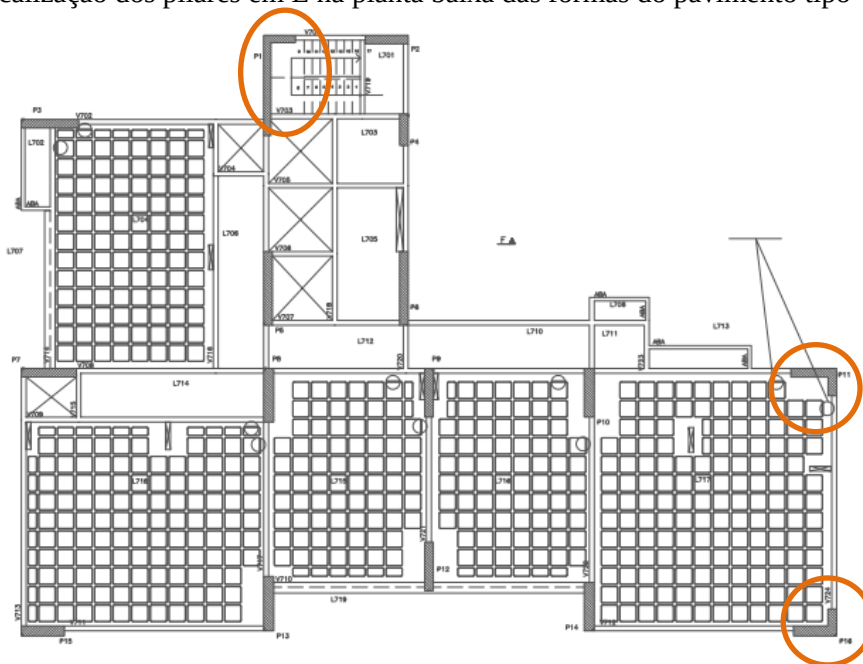
O projetista estrutural explica que algumas construtoras possuem, como premissa de projeto, não incluir consoles na estrutura e também comenta que essa solução é utilizada como última opção, caso não haja outra opção. O aparelho de apoio utilizado no console é o neoprene, que pode trazer problemas no acabamento do console.

Pra ser bem acabado isso aqui tem que ficar solto. O que o pessoal faz é não coloca o neoprene direito ou bota fino demais ou ele fica achatado e na concretagem ele entra. Quando vai fazer a outra viga cola ai fica uma “maçaroca” de concreto só. Quando (a estrutura) trabalha fissura aqui.
Projetista estrutural

5.2.3.3 Situação Característica 3: Pilar em L

Durante a análise da atividade, foi observado que o processo de colocação em prumo de dos pilares em fomato de L demandava mais tempo e dificuldade do que os outros. A informação foi confirmada pelo mestre de obra, que destacou que a execução dos pilares com formato em L exigia um esforço maior que os outros pilares. Entre os 16 pilares existentes no projeto estrutural dos pavimentos tipo, 3 são em formato L e localizam-se na periferia da edificação (Figura 43).

Figura 43 - Localização dos pilares em L na planta baixa das formas do pavimento tipo



O projetista estrutural e arquiteto explicaram que esse formato de pilar e sua localização é uma exigência técnica da estrutura. A utilização dos pilares em L em pontos específicos do projeto é decorrente da necessidade de travamento da estrutura da edificação em função da sua esbeltes, posicionamento do edifício em relação à incidência de vento e

posicionamento das garagens. Também destacou que a opção por esse tipo de pilar promove melhorias para a estrutura e para a arquitetura geral do prédio, pois permite que as vigas sejam mais esbeltas, reduzindo a altura das vigas externas à alvenaria, indesejadas no ponto de vista estético, ou aumentando a largura das paredes, provocando perda de espaço útil nos apartamentos.

Seu depoimento destaca que as decisões são tomadas conjuntamente com o arquiteto, buscando uma melhor compatibilização entre os projetos estrutural e arquitetônico.

A gente chega numa forma dessa aí compatibilizando com a arquitetura. Manda pra lá, volta. Ah, tem vaga de garagem aqui. Eu não me lembro mas deve ter vaga aqui lá embaixo. Então a gente colocou esse L com essa perna menor nesse sentido talvez porque esses pilares aqui não puderam ser aumentados mais. Esse aqui também não, tem todo um sentido.

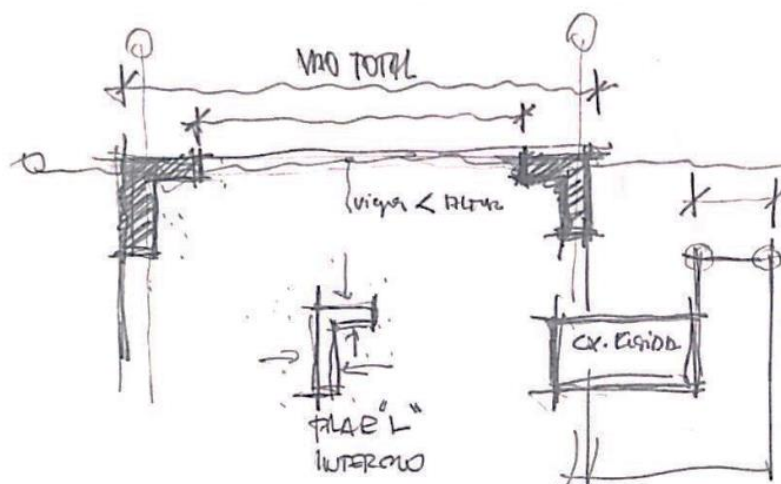
Projetista estrutural

De forma semelhante, o arquiteto explicou a existência das mesmas vantagens expostas pelo projetista estrutural nessa decisão projetual: necessidade de travamento, seções mais esbeltas e a compatibilização do projeto estrutural com o arquitetônico no que se refere à quantidade e espaço necessário para as vagas de garagens, conforme pode ser observado pelo esquema (Figura 44) e explicações:

Aí no projeto arquitetônico ajuda bastante, bastante mesmo. Por que muitas vezes você tem o Lzinho ao travar o edifício. Ele permite seções mais esbeltas. Ai você lá embaixo já vai refletir em carro, que é o grande problema de um edifício multifamiliar e nesse, especificamente, porque esse é um prédio de apartamentos de unidades pequenas. Tem cento e tantas unidades nesse projeto, teria que ter vaga para todo mundo.

Arquiteto

Figura 44 - Esquema desenhado pelo arquiteto para explicação do pilar em L



Fonte: Pesquisa de campo

O arquiteto também demonstrou que o trabalho em conjunto com o projetista estrutural há cerca de 20 anos possibilita uma melhor compreensão sobre o modo de trabalho de cada projetista, promovendo a comunicação com mais facilidade e eficiência, resultando em projetos com maior compatibilidade.

É um detalhe, o pilar em L eu conheço muito bem. O projetista X é um calculista que tem uma parceria conosco há uns 20 anos mais ou menos. É um cara que eu já conheço muito bem. A gente tem certo domínio de lançamento estrutural nos projetos e, o pilar em L é sempre uma solução bem vinda pra ele, principalmente, quando trata dos prédios mais altos. Com o pilar em L, ele consegue fazer travamentos nas duas direções.

Arquiteto

O projetista estrutural e o arquiteto demonstraram ter conhecimento de que essa solução projetual exige uma atenção maior durante a execução. Entretanto, diante das necessidades e vantagens estruturais e arquitetônicas, mantêm o pilar em L em seus projetos sempre que necessário.

É, a gente usa muito aqui pilar em L, apesar de saber que os construtores não gostam, principalmente, quando ele é nesse canto de laje. A gente sabe pela dificuldade de execução.

Arquiteto

A necessidade dos pilares em L, em termos estruturais e arquitetônicos, também foi destacada pelo engenheiro de obra e pelo mestre da construtora. Ambos destacam que esse elemento estrutural já foi adotado em outras obras construídas por essa equipe e projetadas pelos mesmos projetistas, de modo que a equipe vem desenvolvendo e aperfeiçoando alguns equipamentos de proteção coletiva que minimizam os riscos de acidentes/incidentes e facilitam a execução. A adoção da tecnologia, guias e prumo a laser também contribuem para o transporte das ferragens e formas e para maior qualidade na execução, respectivamente. As antecipações e regulações operativas adotadas pela construtora para a execução desses pilares será destacada na descrição da atividade.

A execução dos pilares em L consiste nas seguintes etapas: montagem da armadura pela equipe de armação, montagem das formas pela equipe de carpintaria e concretagem. A montagem da armadura do pilar é realizada no pavimento térreo da obra, posteriormente, ocorre o içamento da armadura do pilar através da grua até o pavimento em execução, posicionamento da armadura com o auxílio da grua e equipe de armação, amarração da armadura do pilar nas esperas pela equipe de armação, utilizando arames e torques, e colocação dos espaçadores de plástico, para garantir o recobrimento da armadura durante a concretagem (Figura 45).

Após a montagem da ferragem do pilar, a equipe de carpintaria realiza a montagem das formas. Os painéis, após a desforma dos pilares do pavimento inferior, são transportados através da grua, para reutilização no pavimento seguinte. Após a montagem das formas dos pilares, é realizada a conferência do posicionamento, dimensões e prumo e ajustes através do rosqueamento das escoras.

Figura 45 - Sequência da atividade de execução de armação e forma de pilares



A montagem das formas dos pilares em L, conforme destacado, é mais trabalhosa e exige mais cuidados que nos demais pilares, exigindo um trabalho conjunto, que envolve a participação do mestre de obra. Para a obtenção do prumo das formas, são realizadas regulações operatórias utilizando cordas, além das escoras utilizadas para promover a sustentação das formas de madeira. As cordas são fixadas em dispositivos de aço fixados na laje durante a concretagem (Figura 46). Esse tipo de solução não é prevista no projeto, é realizada mediante à experiência anterior do mestre na execução de pilares com esse formato, como evidencia a fala do mestre de obra a seguir:

A gente bota uma corda pra ajudar a aprumar o pilar. Pra garantir que ele não vá sair (de prumo). Quando a gente já vem fazendo muitas obras, a gente vê as dificuldades, como é que podia ter colocado um ganchinho chumbado na laje pra amarrar uma corda pra puxar o pilar.
Mestre de obra

Figura 46 - Reforço com cordas utilizado no Pilar em L



A execução do pilar com formato em L demonstra que a equipe de execução necessita antecipar-se, para que a montagem do pilar aconteça de forma mais adequada. Essa antecipação é proveniente de experiências de obras anteriores, em que o mestre de obra prevê a colocação de estruturas de aço que auxiliam no ajuste de prumo do pilar, visto que apenas as escoras previstas no projeto não são suficientes, devidos ao seu peso. Essa decisão é tomada por parte dos projetistas em função estrutural e funcional.

5.2.4 Equipamentos e dispositivos utilizados para facilitar a execução e prevenir acidentes/incidentes

Alguns equipamentos e dispositivos são utilizados para facilitar a execução e melhorar a segurança dos trabalhadores durante a execução da atividade, minimizando a possibilidade de ocorrência de acidentes ou incidentes no trabalho. Entre eles, destacam-se a grua, a linha de vida, as plataformas e as redes de proteção.

5.2.4.1 Grua

A empresa utiliza a grua para transporte de cargas, a qual é um elemento que auxilia no transporte, além de promover uma melhor segurança durante a execução da estrutura do edifício. A Figura 47 mostra a grua sendo utilizada no momento da concretagem das lajes e vigas do 22º pavimento tipo da obra. Ela auxilia no manuseio da mangueira acoplada na tubulação que transporta o concreto do caminhão até o pavimento, e o seu operador permanece dentro da cabine, o que permite ter uma visão geral de um lugar mais alto.

Figura 47 - Utilização da grua para concretagem de lajes



A grua auxilia a equipe de armação para a colocação, no local exato, de cada elemento estrutural, evitando que os trabalhadores façam um maior esforço físico para o levantamento desses elementos, que são, em sua maioria, pesados e de grandes dimensões. A equipe de carpintaria é auxiliada pela grua no momento de transporte das escoras, vigas metálicas e painéis de formas que acontece de um pavimento para o outro, e os trabalhadores se comunicam através de sinais, gestos e também falas para orientar o operador da grua. A grua em atividade não é ruidosa, por isso ela emite um sinal sonoro sempre que está em movimento.

5.2.4.2 Linha de Vida

A linha de vida utilizada nessa obra é formada por um sistema de perfil em aço que passa por três pavimentos através de furos deixados na laje desde o momento da concretagem. O perfil possui um dispositivo de travamento no pavimento mais baixo (Figura 49), e, no pavimento superior, uma abertura onde passa o cabo de aço (Figura 48), que serve como a linha de vida para a fixação do cinto de segurança dos trabalhadores (Figura 50). O engenheiro de obra explica como foi concebida essa solução.

Isso aí foi uma solução em conjunto. Tanto a parte dos engenheiros da obra, com engenheiros de segurança e o pessoal do ministério do trabalho que veio e aprovou. Mas não me recordo quem bolou mesmo assim na época não, eu tava até junto e foi uma ideia em comum com o pessoal.
Engenheiro de obra

Figura 48 - Parte superior do perfil onde é colocado o cabo de aço



Figura 49 - Dispositivo de travamento do perfil



Figura 50 - Trabalhador utilizando cinto preso à linha de vida



Destaca-se que, durante as observações da atividade, essa solução é percebida como positiva e facilitadora para a ancoragem do cinto de segurança dos trabalhadores, além de ser apontada como vantajosa pelo mestre de obra.

5.2.4.3 Rede de proteção periférica

A proteção periférica do pavimento em execução é dada através de redes de proteção, como destaca a Figura 51. Esse sistema é previsto e permitido pela Norma Regulamentadora 18 - Condições e meio ambiente de trabalho na indústria da construção. No item 18.13.12.1, essa norma sugere que as plataformas secundárias podem ser substituídas por sistemas alternativos, como é o caso das redes de proteção tipo trapézio, os quais atendam as exigências de medidas, materiais e resistência.

Figura 51 - Rede de proteção com detalhe de fixação na estrutura



Diferentemente das bandejas confeccionadas com folhas de zinco e treliças metálicas, as redes conferem uma maior segurança para a sua recolocação no andar superior, à medida que a estrutura avança. O engenheiro de obra evidencia a vantagem de utilização das redes de segurança em comparação ao método de bandejas.

A função dela é essa aí. Ela dá mais trabalho de colocar, porém ela substitui a bandeja, ela tem uma abrangência maior porque como você tá vendo (apontando pro computador) ela pega 3 andares, então o que eventualmente caísse por ali ela segura. E a bandeja não, se cair na diagonal alguma coisa.
Engenheiro de obra

O mestre de obra também explicitou as vantagens da rede de segurança em relação ao método de bandejas, em termos de segurança.

E a pessoa botando a bandeja tem muito risco, você pode escapular. E aí não, tem a rede, sobe os perfis na grua. Ai a rede também a própria grua que puxa. Tem obra que é manual aqui é a grua. A grua faz quase tudo né? É bom demais. Com essa grua aí eu dispenso uns 10 trabalhadores ou 15.
Mestre de obra

Em relação a esse dispositivo de segurança, destaca-se a diferença entre o risco de instalação das bandejas e o risco de instalação da rede.

5.2.4.4 Plataforma externa

Outro dispositivo utilizado na obra é a plataforma que auxilia a execução da armação e formas de pilares que ficam na periferia da laje. O acesso a esses pilares através da plataforma permite que o trabalhador trafegue de forma segura durante a colocação da armadura e também das formas. O sistema é composto por uma treliça em aço que fica engastada na laje e no pilar do pavimento abaixo, e, em cima, são dispostas tábuas de madeira juntamente com o guarda corpo. A Figura 52 mostra a plataforma antes da colocação da armadura do pilar, a Figura 53,a a plataforma depois da colocação das formas, e a Figura 54 destaca a vista inferior do sistema de fixação da plataforma vista de baixo.

Figura 52 - Plataforma antes da colocação da armadura do pilar



Figura 53 - Plataforma depois da colocação da armação e formas



Figura 54 - Vista inferior do sistema de fixação da plataforma



O engenheiro explica que modificações aconteceram no sistema de plataforma:

A gente fazia umas outras que tinham umas entradas em U assim e tinha que encaixar na laje e precisaria da grua pra encaixar, essas aí não. A gente faz os buracos nos pilares aí ele já entra com o parafuso aqui que a gente chama de barra de ancoragem aí tem uma treliça aqui que a gente parafusa.

Engenheiro de obra

A concepção desse dispositivo de segurança passou por um processo de melhoria em relação a soluções anteriores. Buscou-se facilitar a colocação do dispositivo de segurança pelo trabalhador através de uma norma forma de utilização da estrutura existente para sistema de fixação.

5.3 DISCUSSÕES DE CONJUNTO

A seguir serão discutidos os aspectos particulares do estudo de caso, buscando sintetizar e estruturar os dados coletados.

5.3.1 Aspectos projetuais

Durante as ações conversacionais, identificou-se que a comunicação entre profissionais acontece de forma aberta, no nível de projeto, entre o projetista estrutural e o arquiteto. Esses

profissionais demonstraram que a comunicação entre eles auxilia a tomada de decisões melhores e também permite conhecer o sistema de trabalho de cada um. Entre a equipe de execução e a equipe de projetos, também existe comunicação para esclarecimento de dúvidas e detalhamentos que possam acontecer durante a execução. Não foi evidenciado a integração da equipe de execução e projeto desde a concepção de novos projetos.

Através da análise das situações, percebe-se que é possível tomar decisões de regulação de problemas baseado em experiências anteriores, como foi ilustrado na situação 3, pois a tarefa de regulação pressupõe a existência de um sistema dinâmico (FALZON, 2008). A experiência na execução de pilares em formato L faz com que sejam previstas as soluções necessárias para a melhor execução do pilar. Foi indicada, em outra pesquisa, que a adoção de um pilar maior, ao invés de pilares colineares menores, favorece a execução (JARKAS, 2012). A Situação 3 poderia contradizer essa indicação, devido à dificuldade de executar um pilar de tamanho maior, entretanto a análise dessa execução evidencia que a repetição dessa solução em projetos anteriores permite que o mestre e trabalhadores façam antecipações e regulações que facilitem a atividade. Isso é possibilitado pela manutenção das equipes de execução de obras e de projeto.

Durante as ações conversacionais, verificou-se que o trabalho de modo colaborativo entre diferentes profissionais promoveu um resultado positivo para a elaboração de soluções de projeto. Visando contemplar, ao mesmo tempo, necessidade arquitetônica e estrutural da edificação, a solução exposta na Situação característica 1- viga para fixação de vidros na fachada mostra que, através da colaboração entre os dois profissionais, foi possível facilitar a execução do projeto na fase de fixação dos vidros. Se não fosse prevista desde a concepção a execução desse detalhe em vidro, seria necessária adoção de alternativas de emergência que provavelmente trariam custo maior para a empresa e dificuldades de execução.

A elaboração de boas soluções provenientes da integração de profissionais também é percebida na existência da linha de vida na obra. Essa solução foi demonstrada através das verbalizações do mestre de obra como elemento positivo em relação à segurança e verificada através das observações realizadas na execução da atividade.

Verificou-se que as decisões de projeto buscam a integração de fatores, como promover segurança, redução de custo, estética arquitetônica e funcionalidade. Apesar de serem encontradas características relativas à construtibilidade no projeto, durante as ações conversacionais, esse conceito não foi diretamente indicado pelos projetistas. As melhorias e aspectos associados foram identificados mediante a observação e discussões informalmente.

Uma das principais características da atividade de projeto na construção civil são a alta variedade e o baixo volume, acontecendo o aumento das incertezas na fase de elaboração dos projetos (FONSECA, 2012). Quando a abordagem da AET é associada a outros quadros de análise, são encontrados resultados importantes para serem incorporados nas fases iniciais de um projeto (JATOBÁ et al., 2016).

O relato exposto pelo arquiteto sobre a melhoria em seus projetos para uma melhor leitura pela equipe de execução demonstra um exemplo de melhoria na construtibilidade. Como sugerido em outra pesquisa (TOOLE, 2005), a experiência que o arquiteto relatou fez com que seu projeto tivesse mais detalhes técnicos e especificações que facilitavam a execução pelos trabalhadores. A construtibilidade busca levar em consideração os procedimentos da execução para o projeto, nesse caso, o modo de leitura pelos trabalhadores.

Os aspectos da construtibilidade estão relacionados à padronização, repetição, simplificação, modularização e premoldagem, sendo importante considerar o critério estético dos arquitetos (KIFOKERIS; XENIDIS, 2017). A Situação 1 demonstra essa consideração da questão estética da arquitetura, em que o aspecto da repetição pode ser verificado na explicação do mestre sobre os pavimentos tipo, aqueles que contêm os apartamentos, os quais, nessa obra, repetem-se 32 vezes. A partir da repetição do projeto, a sua execução torna-se facilitada para os trabalhadores. A facilidade está associada à economia de tempo em planejar, identificar a localização dos painéis, possíveis cortes das formas e a experiência acumulada das características do projeto (JARKAS, 2010a).

Pesquisas anteriores sugerem que a identificação de características do conhecimento prático por cada projetista (arquiteto e projetista estrutural) incluídos no processo de projeto pode influenciar na construtibilidade (FONSECA et al., 2014). Os resultados encontrados permitem fornecer *feedback* aos projetistas no que se refere a melhorias no aspecto de construtibilidade para futuros projetos, além de fornecer informações aos gestores de obras sobre a produtividade e planejamento das atividades de execução de concreto armado (JARKAS, 2010b). O autor destaca a recomendação de realizar esse tipo de estudo analisando outros componentes da estrutura em concreto armado, de modo a compor um sistema de apoio à construtibilidade de projetos e a torná-lo disponível para projetistas.

5.3.2 Aspectos organizacionais

A pesquisa de campo permitiu identificar características particulares do estudo de caso relativas aos aspectos organizacionais da empresa. A construtora organiza equipes de execução que são alocadas de acordo com a etapa de execução da edificação, esse tipo de organização representa uma possibilidade de manutenção de acervo técnico, embora não formalizado. Outro fator identificado na obra refere-se ao tempo em que os trabalhadores estão no quadro da empresa. Em geral, a construção civil caracteriza-se pela rotatividade de trabalhadores e por uma consequente perda do conhecimento técnico informal, que é de posse dos trabalhadores. Mesmo que não exista uma base de dados formal de lições aprendidas (HENDRICK, 2008; KUO; WIUM, 2014; PULASKI; HORMAN, 2005), no caso da empresa da pesquisa, essa perda pode ser favorecida pela organização em equipes fixas por etapas de obra.

Apesar das vantagens existentes devido à manutenção das equipes, como não existe a formalização de conhecimentos adquiridos, muitas informações e experiências acumuladas podem ser perdidas do ponto de vista da empresa, caso aconteça uma desmobilização da equipe, que pode acontecer devido à crise econômica ou saída de algum trabalhador, por exemplo.

Outra particularidade encontrada no estudo de caso é a o papel do mestre de obra como gestor para tomar decisões técnicas importantes. Devido à trajetória de trabalho do mestre de obra na empresa e aos anos de parceria com o engenheiro de obra, verificou-se que muitas decisões tomadas no curso da execução são provenientes de experiências de obras anteriores.

Durante as observações da análise na atividade, percebe-se que a manutenção da equipe de execução durante os anos facilita a comunicação pelos gestos e outros tipos de comunicação não verbal. O desenvolvimento da confiança entre os trabalhadores da mesma equipe também é favorecido pela manutenção das equipes. A percepção desse aspecto aconteceu através das observações realizadas durante o período da pesquisa.

Em relação à construtibilidade, além da repetitividade, padronização, acessibilidade e operação diminuir a complexidade e melhorarem a eficiência da produção (JIANG; LEICHT, 2016), verificou-se, nesse estudo, que essas melhorias acontecem devido à manutenção das equipes ao longo dos anos. Isso significa que mesmo alguns detalhes estruturais que tragam certa complexidade, como o pilar em L e a viga para fixação do vidro,

podem ser superados através da repetitividade e da acumulação de experiência a partir da equipe de execução.

No que se refere à compatibilização de projetos, aspecto do planejamento da obra, percebe-se que o projetista estrutural e o arquiteto realizam essa etapa a partir de diálogo e comunicação. Não foram encontradas evidências de que o engenheiro e mestre de obra participam dessa etapa.

A comunicação que auxilia a atingir resultados melhores em construtibilidade e segurança, incluindo as fontes de conhecimento apropriadas e permitindo o fluxo de informação entre os atores relevantes (PIRZADEH; LINGARD, 2017), também foi verificada nesse estudo de caso. As evidências foram obtidas através dos discursos dos profissionais nos diferentes níveis de atuação.

A criação do Sistema de linha de vida e da plataforma são exemplos de que o conhecimento de como é realizada a execução e a colaboração entre diferentes profissionais foram fundamentais para trazer melhorias em segurança que facilitam o processo de execução. Esse exemplo confirma a afirmação de Fonseca (2012) a respeito de que o que é projetado e como executar o que foi projetado deve ser uma ação coletiva em que se consideram os diferentes pontos de vista, desde a fase de projeto até a situação de execução.

Em relação à construção social, destaca-se que o mestre de obra (interlocutor privilegiado) possuiu um papel importante para o levantamento das situações mais relevantes para a pesquisa. Através da observação de suas atividades, das verbalizações espontâneas e também de outras experiências em projetos anteriores, aconteciam as análises em relação às características da obra.

5.3.3 Aspectos tecnológicos

Os aspectos tecnológicos identificados referem-se às alternativas de auxílio à segurança dos trabalhadores durante a execução da obra e às estratégias utilizadas. O desenvolvimento de procedimentos de utilização da experiência e participação dos executores no projeto de situações de trabalho segura (FONSECA; LIMA; DUARTE, 2014) também é evidenciado nesse estudo de caso. Durante a análise da atividade, foram identificados elementos utilizados no processo de execução da estrutura que trazem melhorias na segurança to trabalho no que se refere a prevenção de acidentes/incidentes.

Os dispositivos de segurança foram identificados através das observações realizadas na obra, exemplificados pela plataforma de pilares, linha de vida e redes de segurança. Durante a execução da viga para fixação do vidro e do pilar em L, a utilização desses dispositivos confere maior segurança para os trabalhadores, além de permitir que executem a atividade com um tempo menor. Quando a situação de trabalho não é levada em conta no projeto, é possível que a eficiência do processo de produção e segurança seja influenciada (FONSECA, 2012). As informações encontradas a respeito de dificuldades de execução e problemas na segurança são resolvidas durante a execução da obra.

Verifica-se que as melhorias em relação à segurança não necessariamente estão presentes no projeto, mas acontecem no nível da execução através dos equipamentos e dispositivos (ZHOU; GOH; LI, 2015b). Em relação aos equipamentos, essa questão é retratada no estudo de caso através da utilização da grua, que facilita a execução, em diversos momentos, da atividade de execução da estrutura da edificação. Através da observação da atividade, identificaram-se os momentos de transporte de formas e escoras entre os pavimentos e içamento das peças estruturais em aço desde o pavimento térreo até o pavimento em execução. A grua contribui para a diminuição da carga de trabalho e riscos de lesões devido ao transporte de elementos pesados. A atividade de execução é facilitada com o auxílio da grua para colocação da estrutura de aço de acordo com o projeto.

Durante a análise da atividade, o mestre de obra explicou que utiliza o equipamento a laser para conferir o prumo da edificação, dispositivo cuja utilização traz uma melhoria para a execução sob o ponto de vista da qualidade geral da edificação, o que implica também em melhorias para execução das próximas etapas. Apesar de promover melhorias na segurança, existem fatores, como a competência do operador e, em seguida, os fatores de gestão da segurança e fator humano, os quais influenciam na ocorrência de acidentes em obras com guias (SHAPIRA; LYACHIN, 2009).

O dispositivo de segurança da rede de proteção foi evidenciado como uma boa solução para a proteção periférica na obra. Outra forma de realizar a proteção periférica é através de um sistema de bandejas de proteção. Saurin (2016) analisou que, apesar de satisfazer as exigências legais de segurança no Brasil, as bandejas de proteção apresentam riscos de queda de trabalhadores durante a sua montagem e desmontagem, então, percebeu-se que a adoção de soluções para melhorar esse processo de montagem pode não contemplar a melhoria de segurança em si (SAURIN, 2016). No estudo de caso, é identificada uma alternativa através da utilização das redes de proteção instaladas na periferia da edificação, em que o processo de montagem e desmontagem de um pavimento para outro é realizado com o auxílio da grua,

diminuindo o risco de acidentes/incidentes e contemplando a melhoria da segurança e exigências legais. Nesses casos, destaca-se que deveria acontecer a formalização do conhecimento para serem utilizados posteriormente.

5.3.4 Relação do estudo de caso com o *framework* teórico

A discussão dos resultados com base no *framework* teórico acontece de acordo com a presença ou ausência dos fatores de construtibilidade e segurança do trabalho no estudo de caso. Além disso, podem ser identificados fatores extras que contribuem para sua composição.

5.3.4.1 Relação do estudo de caso com o *framework* teórico: nível de projeto

Fatores de melhoria presentes na etapa de projeto do *framework* também foram identificados no estudo de caso. Kuo e Wium (2014) e Pirzadeh e Lingard (2017) corroboram com os resultados encontrados nesse estudo de caso, indicando que a integração do conhecimento do processo de construção durante a tomada de decisão do projeto e a concepção de projetos com maior consideração de segurança no local melhoram a construtibilidade e condições de segurança no trabalho. A implementação do PTD através da comunicação e da coordenação do trabalho entre projetistas e trabalhadores da construção, particularmente os registros de segurança de outras experiências (QI et al., 2013), apesar de não acontecer de um modo formal, é exemplificada através das situações deste estudo de caso. O dispositivo de linha de vida existente na obra ilustra que prever furos na periferia da estrutura permite a passagem de guarda corpos ou linhas de vida (PENALOZA; SAURIN; FORMOSO, 2017). É papel dos projetistas administrar as interferências nos projetos, através da compatibilização das informações (DESHPANDE; SALEM; MILLER, 2012).

Realizar revisões e coordenação do projeto possui uma grande influência na melhoria da construtibilidade (ZOLFAGHARIAN; IRIZARRY, 2017). As revisões de projeto promovem oportunidade de melhorias, como acontece, por exemplo, na viga para fixação do vidro (Situação 1), pois a solução prevê, desde o projeto estrutural, que o elemento de acabamento possua o sistema de fixação. Não restringir a comunicação e garantir que aconteça o fluxo de experiência entre os profissionais envolvidos (KIFOKERIS; XENIDIS, 2017) têm potencial de promover melhorias no projeto, como foi verificado através dos resultados do estudo de caso.

Alguns fatores de melhoria retratados no *framework* não foram identificados neste estudo de caso. Em nível de projeto, o conceito de construtibilidade em si e seus princípios (padronização, racionalização, modularização) não foram, intencionalmente, incorporados neste estudo de caso (JARKAS, 2012). Apesar da comunicação e integração entre os profissionais, não existe, neste estudo de caso, compartilhamento do conhecimento formal (KUO; WIUM, 2014) entre a execução e o projeto. Esse compartilhamento de informações acontece apenas através da comunicação entre os profissionais para solucionar alguma dúvida de detalhamento do projeto.

A construtibilidade varia de acordo com o método construtivo utilizado (JARKAS, 2012; KUO; WIUM, 2014). Não foi verificado que a escolha do método construtivo levou em consideração os aspectos de construtibilidade. Princípios de construção enxuta (JARKAS, 2012) na concepção do projeto não foram identificados, como também não foi identificada a utilização da metodologia de projeto BIM através de modelagem 3D/4D (HARTMANN; FISCHER, 2007) na concepção do projeto.

5.3.4.2 Relação do estudo de caso com o framework teórico: nível de planejamento

Embora as informações sobre a forma como aconteceu o planejamento nessa obra não terem sido identificadas de forma direta, alguns dos itens do *framework* que correspondem a essa etapa foram identificados. A Colaboração entre execução, planejamento e projeto (FONSECA; LIMA; DUARTE, 2014; KUO; WIUM, 2014) e comunicação (AKSORN; HADIKUSUMO, 2008) foram considerados aspectos de projeto e organizacionais que contribuem para a melhoria da construtibilidade e segurança. A delegação de autoridade e responsabilidade (AKSORN; HADIKUSUMO, 2008), neste estudo de caso, é destinada ao mestre de obra, que, além de promover melhorias na segurança, promove melhorias na construtibilidade através da sua experiência. A redução de riscos (GAMBATESE; ALOMARI, 2016) e a segurança no trabalho em altura (HU; ZHANG, 2011) na execução é realizada através dos equipamentos de proteção que vem sendo aperfeiçoados ao longo do tempo em função da manutenção das equipes de execução.

Nesse estudo, a integração do conhecimento (KUO; WIUM, 2014) não é realizada percorrendo os diferentes níveis de execução, projeto e planejamento através de *feedbacks* formais (FONSECA; LIMA; DUARTE, 2014; KUO; WIUM, 2014). Verificou-se a utilização do conhecimento de processo (PULASKI; HORMAN, 2005) de posse do mestre de obra e da

equipe de execução evidenciada pelas regulações realizadas na atividade. O envolvimento dos trabalhadores em políticas de segurança (CHENG; KELLY; RYAN, 2015) e o fator de posição do contratante para promover melhorias de segurança (HINZE; HALLOWELL; BAUD, 2013) não foram identificados no estudo, e também não existe a formalização de conhecimentos adquiridos.

5.3.4.3 Relação do estudo de caso com o framework teórico: nível de execução

Na execução da obra, foi identificado o impacto do elemento de projeto para a condição de segurança do trabalhador (GAMBATESE; ALOMARI, 2016), além de se verificar que esse elemento traz dificuldades de execução, que fazem com que sejam adotadas estratégias como foi representada nas situações características. Por exemplo, a colocação de plataformas para execução de pilares periféricos, necessidade de maior cuidado para a execução da viga para fixação de painéis de vidro na fachada e, dificuldade construtiva do console dos pilares.

A Integração do conhecimento de processo de construção no processo de projeto para melhorar a construtibilidade e segurança (PIRZADEH; LINGARD, 2017) foi aproveitada e evidenciada no estudo de caso. Por compreenderem que o console não é uma situação bem aceita pelos construtores, os projetistas demonstraram que é uma solução utilizada apenas quando necessário. A integração do conhecimento entre profissionais de execução e segurança permitiu a elaboração da solução para a linha de vida, utilizada nesta obra, que representa uma melhoria na segurança. A Presença do responsável pela segurança em nível de projeto e execução (CHENG; KELLY; RYAN, 2015) no estudo acontece apenas à nível de execução, destacando-se a importância de sua presença na obra por um período maior.

5.3.4.4 Relação do estudo de caso com o framework teórico: nível organizacional

O sentido de redução da complexidade (MITROPOULOS; MEMARIAN, 2012) não foi apresentado com um sentido negativo neste estudo de caso. Adotar um elemento com certo nível de complexidade é justificado pelas vantagens em melhorar a qualidade estética e a comercialização do empreendimento. Por outro lado, o detalhe da viga para fixação dos painéis de vidro na fachada, apesar de dificultar a execução da estrutura, soluciona uma dificuldade de execução em outra etapa da construção, a fixação dos painéis. Além disso, sob

a perspectiva de execução, a complexidade do elemento foi superada com a adoção de estratégias que ajudam na construção e com outras medidas que auxiliam a segurança do trabalhador. Neste estudo de caso, a fase de planejamento foi a que teve menor relação com o *framework* teórico. O *framework* é composto por uma categoria de papel do gestor. Nas pesquisas encontradas, o gestor é comumente entendido com o engenheiro de obras. Destaca-se a autonomia do mestre de obra com responsável por implementar as regulações no curso da obra, construída pela estratégia de manutenção de equipes, adotada pela empresa, que possibilita além do acúmulo de conhecimento e experiência técnica, o fortalecimento das relações reputação e de confiança, (SALDANHA, 2004), aspectos fundamentais na construção social das equipes de trabalho.

O *framework* propõe outros níveis de retroalimentação, indicando que os fatores de melhoria podem existir ao longo do progresso do projeto. Dessa forma, a troca de informações entre o planejamento e a fase de projeto pode acontecer e evitar problemas sobre o andamento do projeto, como é o caso do Pilar em L, em que a experiência adquirida leva o mestre de obra a fazer uma regulação durante o curso da obra.

Da mesma forma, durante a fase de execução, algumas dificuldades e oportunidades de melhoria podem retornar às fases de projeto e planejamento durante o andamento do projeto. Assim, em termos práticos, o *framework* é útil para melhorar novos projetos e projetos em andamento.

A experiência de projetistas e gestores durante um projeto de construção serve como uma premissa para novos projetos. Como visto nas situações características, o exemplo do console leva a compreender que experiências anteriores com a utilização desse elemento fazem com que ele seja uma solução adotada em último caso.

O desenvolvimento de diretrizes para ajudar outros projetistas, a fim de difundir os conceitos de construtibilidade (KUO; WIUM, 2014), pode ser exemplificado através do processo de coleta e validação das informações realizadas no caso objeto de investigação. A implementação da construtibilidade busca melhorar os projetos em diversos aspectos e introduzir uma gestão colaborativa do ciclo de vida de projeto de construção (KIKOFERIS E XENIDIS, 2017).

Ainda em relação aos aspectos teóricos, percebeu-se que o aspecto colaborativo da ergonomia de concepção e ergonomia participativa ao antecipar situações e otimizar o projeto de forma conjunta. O *design* participativo é identificado no desenvolvimento da solução da viga de fixação de vidros na fachada, pois se caracteriza como uma situação de projeto na

qual foi necessário integrar as perspectivas de diferentes interesses (DARSEES; REUZEAU, 2008) econômico, estético, arquitetônico, estrutural e ainda o apelo comercial da edificação.

A estratégia de organização das equipes da construtora, a comunicação facilitada entre o arquiteto e o projetista estrutural para a compatibilização de projetos e o uso de conhecimento e experiências para antecipar soluções contribuem para promover melhorias em termos de segurança, produtividade e facilidade para construir. No mesmo sentido que propõe a ergonomia participativa, o encontro de experiências dos diversos atores nas diversas fases e etapas do processo produtivo de uma edificação é fator importante para a melhoria dos processos de produção e para a prevenção de acidentes (FONSECA, 2012).

Tendo em vista que o princípio da prevenção através do projeto, baseia-se no conceito de construtibilidade e em processos participativos que consideram a segurança do trabalho desde a fase de projeto (FONSECA, LIMA; DUARTE, 2014), promover *feedback* de experiências reais auxilia os engenheiros e arquitetos na melhoria de projetos (JARKAS, 2010b; FONSECA, LIMA; DUARTE, 2014). Como destacado nos equipamentos e dispositivos de proteção utilizados na obra, os quais passaram por melhorias em sua concepção a partir de experiências vivenciadas em outras obras. No caso da grua, é um equipamento tecnológico o qual facilita o processo de execução e auxilia a prevenção de acidentes e incidentes com os trabalhadores. Destaca-se também a vantagem na utilização de estudos de caso através de entrevistas na obtenção de conhecimento sobre todo o processo de concepção e entrega das edificações, (SAUNDERS et al.; 2016) que pode ser auxiliada pelo alcance retrospectivo das análises ergonômicas a partir das ações conversacionais (VIDAL, 2012).

5.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO

Neste capítulo, foram apresentados os resultados do estudo de caso realizado na pesquisa. Primeiramente foram apresentadas as características da empresa e da edificação objeto do estudo de caso. Em seguida, foram descritas as equipes de projeto e execução.

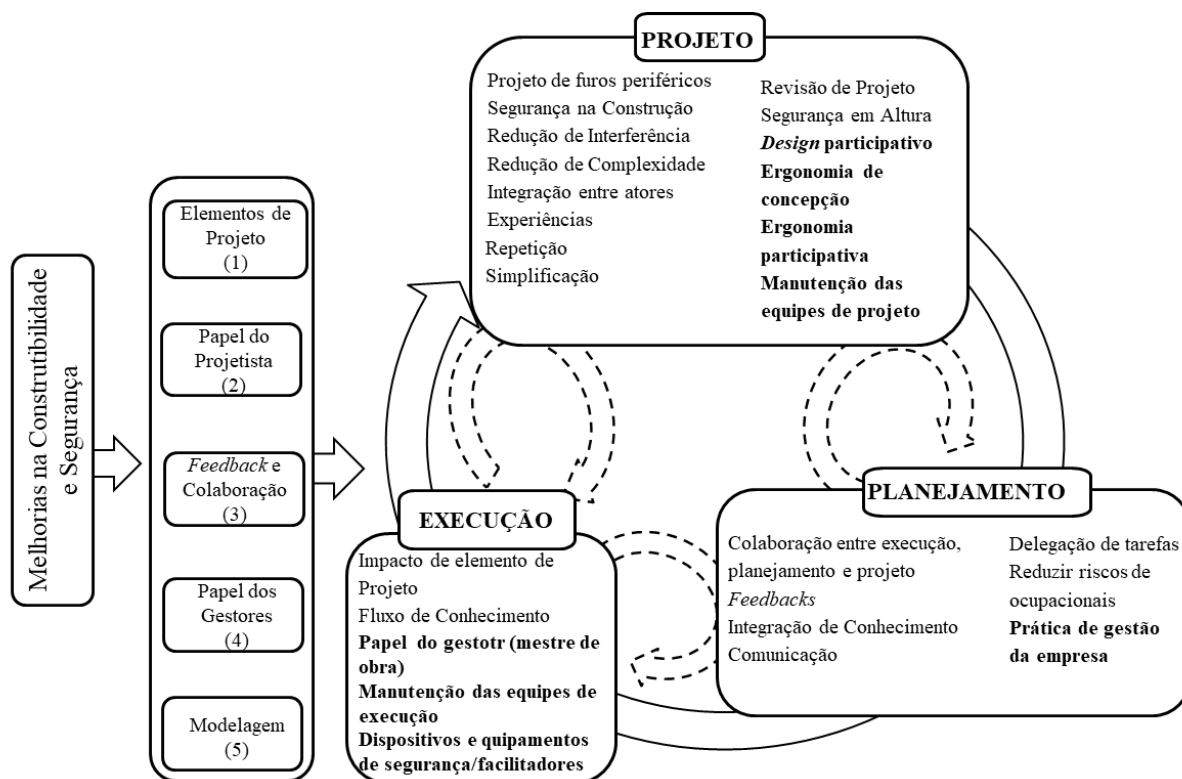
Foram apresentadas as três situações características identificadas na pesquisa de campo, as quais foram apontadas segundo as informações obtidas da análise da atividade e dos relatos dos projetistas, mestre de obra e engenheiro de obra. Posteriormente, os resultados do estudo de caso foram discutidos sob a perspectiva do *framework* teórico. Essa análise

permitiu a identificação de ausência ou presença de fatores de melhoria da construtibilidade e segurança ocupacional no estudo de caso.

Como pontos positivos no sentido de promover melhorias no projeto e atividade de trabalho, destacam-se as seguintes características do estudo de caso: a manutenção de equipes de execução e projeto e a busca de construtibilidade no projeto. Como pontos negativos para promover melhorias no projeto e atividade de trabalho, destacam-se: a relação entre projeto e execução; a importância de formalização de repositório de competências/ memória técnica; e, considerando a possibilidade que essa equipe seja desmobilizada no final dessa obra.

A partir das discussões apresentadas neste capítulo, foi possível representar o *framework* adaptado à realidade do estudo de caso. A Figura 55 apresenta os fatores de melhoria do *framework* teórico que foram identificados no objeto de estudo, sendo destacados em negrito aqueles fatores que foram adicionados a partir da análise dos resultados do estudo de caso: design participativo, manutenção das equipes de projeto, prática de gestão da empresa e manutenção das equipes de execução.

Figura 55 - *Framework* adaptado à realidade do estudo de caso



6 CONCLUSÃO

Neste capítulo, são apresentadas as conclusões da pesquisa. As seguintes seções apresentam o atendimento aos objetivos da pesquisa, as contribuições teóricas e práticas do trabalho, as limitações da pesquisa e, posteriormente, a indicação de oportunidades para futuras pesquisas.

6.1 ATENDIMENTO AOS OBJETIVOS

Para alcançar o objetivo geral desta pesquisa, foi realizada a análise da atividade de execução da estrutura de concreto armado em edifício de múltiplos pavimentos. A partir do estabelecimento de critérios, foram selecionadas situações características envolvendo aspectos de construtibilidade e segurança ocupacional na atividade de execução da estrutura de concreto armado do estudo de caso: viga para fixação de painéis de vidros na fachada, console dos pilares do subsolo, térreo e mezanino e, pilar em L. A discussão dos aspectos projetuais, organizacionais e tecnológicos identificados foi realizada sob a perspectiva da construtibilidade e segurança ocupacional encontrados no estudo de caso e também com os fatores de melhoria encontrados no levantamento da literatura.

A fim de atender o objetivo de identificar, na literatura, os fatores de melhorias em construtibilidade e segurança ocupacional, foi realizada uma revisão sistemática da literatura. Através de busca realizada na base de dados *Web of Science* foram selecionados 50 artigos sobre o tema da pesquisa. Cada artigo foi analisado e partir da sistematização das categorias e fatores de melhoria em função das etapas de projeto, planejamento e manutenção de edificações, foi elaborado um *framework* teórico contendo fatores de melhorias em construtibilidade e segurança ocupacional. Posteriormente, os fatores de melhoria foram verificados quanto à presença ou ausência no estudo de caso realizado, sendo também desenvolvido um *framework* adaptado à realidade do contexto da pesquisa.

Em relação ao segundo objetivo específico, foi alcançado através do estudo de caso na atividade de execução da estrutura de concreto armado de edifícios de múltiplos pavimentos com relação aos aspectos de construtibilidade e segurança realizado de forma situada. As informações sobre a atividade foram validadas e restituídas junto ao mestre e engenheiro de obras. A realização de confrontação dos contrantes projetuais envolvendo aspectos de construtibilidade e segurança identificados na execução de estrutura de concreto armado foi

realizada junto ao arquiteto e projetista estrutural. As três situações características selecionadas e informações gerais foram validadas com esses profissionais. Para atender esse objetivo, foram utilizados roteiros de ação conversacional e também uma apresentação digital contendo fotografias, vídeos e detalhes do projeto que auxiliassem a explicação detalhada das situações.

Para o atendimento do terceiro objetivo específico, foram identificadas estratégias de regulação organizacionais e tecnológicas utilizadas nas atividades de execução da estrutura de concreto armado através da análise da atividade. Posteriormente foram analisadas e discutidas as formas com as quais elas minimizam os contrantes projetuais e os riscos acidentes/incidentes. O tratamento dos dados se deu através de uma matriz de inclusão de comentários, que foram classificados por categorias pertinentes para análise e discussão.

Os resultados obtidos permitem afirmar que o estudo de caso possui particularidades que promovem melhorias em termos de construtibilidade e de segurança ocupacional dos trabalhadores. Os aspectos projetuais se referem à compatibilização de projetos intercomplementares, busca de simplificação do elemento de projeto e desenvolvimento de soluções. Os aspectos organizacionais que favoreceram as melhorias em construtibilidade e segurança ocupacional acontecem através da manutenção de equipes de projeto e execução ao longo dos anos, da colaboração entre os projetistas e executores e da acumulação de conhecimento a partir de outras experiências no processo de projeto e execução. Verificou-se também que a estratégia organizacional de manutenção das equipes de projeto facilita a comunicação entre os profissionais, otimiza o processo de compatibilização do projeto e auxilia a criação de memória técnica, permitindo antecipar soluções em termos de construtibilidade na fase de projeto. Os aspectos tecnológicos repercutiram em melhorias relativas à segurança ocupacional na aceleração da produção, na diminuição do ciclo de produção, na melhor eficiência do processo construtivo, na eliminação de operações intermediárias e na minimização ou eliminação dos riscos de acidentes existentes antes das medidas de construtibilidade adotadas.

6.2 CONTRIBUIÇÕES DA PESQUISA

Este trabalho apresenta contribuições para a literatura e para a prática. Primeiramente, a condução de uma RSL contribuiu para o avanço do conhecimento do campo de pesquisas que relacionam a construtibilidade e segurança nas edificações. A RSL embasou o processo de concepção do *framework* teórico que representa uma contribuição para a literatura, ao abordar, de forma conjunta, o princípio da construtibilidade de promover segurança na execução de estruturas em concreto armado a partir do ciclo de vida do projeto de edificações.

Os focos na análise de atividades permitiram identificar elementos que melhoram informalmente a capacidade de construção e a segurança ocupacional em projetos de construção. A escolha metodológica, de forma participativa, tem contribuições potenciais na promoção de melhorias no projeto, facilitando aos projetistas compreender as implicações das diretrizes de projeto de trabalho para a execução de construções. Os aspectos metodológicos demonstram como a ergonomia pode contribuir na otimização da execução e projeto de edificações.

Além disso, sugere-se que sejam promovidas reuniões de *feedbacks* e criada uma base de dados de boas práticas, ações que apoiam melhorias em termos de construtibilidade e resultados de segurança ocupacional. Com base em uma metodologia participativa, o planejamento de reuniões com o supervisor, engenheiros e funcionários permite destacar as principais soluções e salvar as lições aprendidas com o projeto, usando tais informações em projetos futuros. A particularidade organizacional da empresa do estudo de caso é considerada uma contribuição, pois outros países possuem formatos diferentes de contratação para execução de obras.

Este trabalho apresenta contribuições práticas. Primeiro, os resultados desta pesquisa podem ser integrados ao desenvolvimento de projetos que apresentem condições de trabalho seguras e melhorem problemas de construtibilidade em projetos de construção. Em segundo lugar, o estudo fornece meios para prevenir acidentes ocupacionais na construção civil, através da utilização de dispositivos de segurança.

6.3 LIMITAÇÕES E OPORTUNIDADES PARA PESQUISAS FUTURAS

Algumas limitações estão presentes na pesquisa. A primeira refere-se à metodologia da RSL, pois, embora as palavras utilizadas na busca tenham sido testadas e analisadas

diversas vezes, pesquisas importantes podem não ter sido contempladas. O estudo de caso apresentado é apenas uma parte de um projeto de pesquisa maior que visa a analisar todas as etapas do ciclo de vida do projeto de construção.

Existem também limitações inerentes às pesquisas de estudo de caso, que foi realizado em um empreendimento. De forma específica, a pesquisa limitou-se a analisar a edificação que se encontra na fase de execução da estrutura e que utiliza, como método construtivo, o concreto armado. Compreende-se que o estudo de caso analisa de forma mais focada a realidade de uma unidade, portanto as informações encontradas não podem ser generalizadas para outros contextos de empresas construtoras. A facilidade do acesso ao canteiro de obras permitiu uma análise detalhada e uma maior oportunidade de realizar a construção social.

Em relação às pesquisas futuras, algumas oportunidades podem ser destacadas. Futuras pesquisas podem ser realizadas para complementar e atualizar o *framework* teórico proposto nesta dissertação. Além disso, o *framework* limitou-se às fases de projeto, planejamento e execução, podendo ser integradas as etapas de uso e de manutenção de edificações. *Surveys* podem ser conduzidos, buscando verificar se as categorias e fatores identificados no *framework* teórico podem ser generalizados.

Recomenda-se que pesquisas futuras possam desenvolver um repositório de lições aprendidas com base em dados sobre melhorias de construtibilidade e segurança, como também incluir outras etapas de um empreendimento, como a manutenção e uso da edificação. Por exemplo, uma profunda compreensão do processo de concepção de projeto do edifício e identificação de oportunidades para introduzir o conhecimento obtido a partir de experiências passadas. Podem ser realizados estudos de casos múltiplos, a fim de comparar os resultados obtidos nesta pesquisa e gerar proposições. Propõe-se também uma análise comparativa entre diferentes regiões e/ou outros países.

REFERÊNCIAS

- AEAT, **Anuário estatístico da Previdência Social**. Ministério da Previdência Social. Brasília (DF) : Ministério da Previdência Social/DATAPREV, 2017.
- AKSORN, T.; HADIKUSUMO, B. H. W. Critical success factors influencing safety program performance in Thai construction projects. **Safety Science**, v. 46, n. 4, p. 709–727, abr. 2008.
- ALARCÓN, L. F. et al. Strategies for improving safety performance in construction firms. **Accident Analysis & Prevention**, v. 94, p. 107–118, set. 2016.
- ASSUNÇÃO, A. A.; LIMA, F. de P. A. A contribuição da ergonomia para a identificação, redução e eliminação da nocividade do trabalho. **Patologia do trabalho**, v. 2, p. 1767-1789, 2003.
- BARCELLINI, F., VAN BELLEGHEM, L. ; DANIELLOU, F. Les projets de conception comme opportunité de développement des activités. In : Falzon, P. (coord.) **Ergonomie constructive**. Presses universitaires de France, pp. 191-206, 2013.
- BEHM, M. Linking construction fatalities to the design for construction safety concept. **Safety science**, v. 43, n. 8, p. 589-611, 2005.
- BOOTH, A.; PAPAIOANNOU, D.; SUTTON, A. Systematic Approaches to a Successful Literature Review. **SAGE Publications Ltd.**, Thousand Oaks, CA, United States, 2012.
- BRIDI, M. E. et al. Identificação de práticas de gestão da segurança e saúde no trabalho em obras de construção civil. **Ambiente construído: revista da Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**. Porto Alegre. Vol. 13, n. 3 .p. 43-58, 2013.
- BROBERG, O.; ANDERSEN, V.; SEIM, R. Participatory ergonomics in design processes: The role of boundary objects. **Applied Ergonomics**, v. 42, n. 3, p. 464–472, mar. 2011.
- BROWN, O. J. Macroergonomic methods: Participation. In: Hendrick, H. W., Kleiner, B. M. (Org.). **Macroergonomics: Theory, methods and applications**, New Jersey: Lawrence Erlbaum, 2002, p. 25-44.
- CAUCHICK MIGUEL, P. A. (Org.). **Metodologia de Pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. Rio de Janeiro: Elsevier, ABEPRO, 2010.
- CHAN, A. P. et al. Work at height fatalities in the repair, maintenance, alteration, and addition works. **Journal of construction engineering and management**, v. 134, n. 7, p. 527–535, 2008.
- CHENG, C. W.; LIN, C. C.; LEU, S. S. Use of association rules to explore cause–effect relationships in occupational accidents in the Taiwan construction industry. **Safety science**, v. 48, n. 4, p. 436-444, 2010.

CHENG, E. W. L.; KELLY, S.; RYAN, N. Use of safety management practices for improving project performance. **International Journal of Injury Control and Safety Promotion**, v. 22, n. 1, p. 33–39, 2 jan. 2015.

CHOI, T. N. Y.; CHAN, D. W. M.; CHAN, A. P. C. Perceived benefits of applying Pay for Safety Scheme (PFSS) in construction – A factor analysis approach. **Safety Science**, v. 49, n. 6, p. 813–823, jul. 2011.

CHOUDHRY, R. M. Achieving safety and productivity in construction projects. **Journal of Civil Engineering and Management**, v. 23, n. 2, p. 311–318, 17 fev. 2015.

CHOUDHRY, R. M.; ZAHOOOR, H. Strengths and Weaknesses of Safety Practices to Improve Safety Performance in Construction Projects in Pakistan. **Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice**, v. 142, n. 4, p. 04016011, out. 2016.

CRESWELL, J. W. **Investigação qualitativa & projetos de pesquisa**. 3. ed. Porto Alegre: Penso, 2014.

DAGAN, D.; ISAAC, S. Planning safe distances between workers on construction sites. **Automation in construction**, v. 50, p. 64–71, 2015.

DANIELLOU, F. A ergonomia na condução de projetos de concepção de sistemas de trabalho. In: FALZON, P. (Org.). **Ergonomia**. São Paulo: Blücher, 2008. p. 359–373.

DANIELLOU, F. Questões epistemológicas levantadas pela ergonomia de projeto. In: DANIELLOU, F. (Org.). **A ergonomia em busca de seus princípios: debates epistemológicos**. São Paulo: Edgar Blucher, 2004.

DARSES, F. La conception participative: vers une théorie de la conception centrée sur l'établissement d'une intelligibilité mutuelle. In: J. Caelen. et P. Mallein (Org.). **Le consommateur au cœur de l'innovation : la conception participative**. Editions du CNRS, 2004, p. 25–41.

DARSES, F; REUZEAU, F. Participação dos usuários na concepção dos sistemas e dispositivos de trabalho. In: FALZON, P. (Ed.). **Ergonomia**. São Paulo: Blücher, 2008. p. 405–420.

DÉJUS, T.; ANTUCHEVIČIENĖ, J. Assessment of health and safety solutions at a construction site. **Journal of Civil Engineering and Management**, v. 19, n. 5, p. 728–737, out. 2013.

DESHPANDE, A. S.; SALEM, O. M.; MILLER, R. A. Analysis of the Higher-Order Partial Correlation between CII Best Practices and Performance of the Design Phase in Fast-Track Industrial Projects. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 138, n. 6, p. 716–724, jun. 2012.

DIEESE. **Anuário do Sistema Público de Emprego, Trabalho e Renda 2016: Indicadores da Saúde do Trabalhador com base na Rais: livro 7.**/ Departamento Intersindical de Estatística e Estudos Socioeconômicos. São Paulo: DIEESE, 2017a.

DIEESE. **Anuário dos Trabalhadores: 2016**. 12 ed. Departamento Intersindical de Estatística e Estudos Socioeconômicos. São Paulo: DIEESE, 2017b.

DUARTE, F. J. de C. M. Complementaridade entre ergonomia e engenharia em projetos industriais. In: DUARTE, F. J. de C. M. (Org). **Ergonomia e projeto na indústria de processo contínuo**. Rio de Janeiro: Lucerna, 2002.

ENSSLIN, L. Et al. Avaliação do desempenho de empresas terceirizadas com o uso da metodologia multicritério de apoio à decisão-constructivista. **Revista Pesquisa Operacional**, v. 30, 125-152, 2010.

ENSSLIN, L. et al. BPM governance: a literature analysis of performance evaluation. **Business Process Management Journal**, v. 23, n. 1, p. 71–86, 3 fev. 2017.

FABRÍCIO, M. M.; MELHADO, S. B.; BAÍA, J. L. Brief reflection on improvement of design process efficiency in Brazilian building projects. In: Annual Conference Of International Group For Lean Construction, 7, 1999. **Proceedings**. Berkeley: University of California, 1999.

FABRÍCIO, M. M.; MELHADO, S. B. Projeto simultâneo e a qualidade ao longo do ciclo de vida do empreendimento. In: **Anais do VIII Encontro nacional de tecnologia do ambiente construído**, Salvador, Brasil, 2000.

FALZON, P. (Org.). **Ergonomia**. São Paulo: Blücher, 2008. p. 3-44.

FENG, Y. Effect of safety investments on safety performance of building projects. **Safety Science**, v. 59, p. 28–45, nov. 2013.

FONSECA, E. D. **Níveis de antecipação e o curso da experiência na construção civil: projetando situações de trabalho seguras**. 2012. 197 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.

FONSECA, E. D.; LIMA, F. P. A.; DUARTE, F. From construction site to design: The different accident prevention levels in the building industry. **Safety Science**, v. 70, p. 406–418, dez. 2014.

FORTEZA, F. J. ; SESE, A. ; CARRETERO-GÓMEZ, J. M. CONSRAT. Construction sites risk assessment tool. **Safety science**, v. 89, p. 338-354, 2016.

FREDERICKS, T. K. et al. Occupational injuries and fatalities in the roofing contracting industry. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 131, n. 11, p. 1233-1240, 2005.

GAMBATESE, J. A. Liability in designing for construction worker safety. **Journal of Architectural Engineering**, 4(3), 107–112, 1998.

GAMBATESE, J. A. Safety in designer's hands. **Civil Engineering**, p. 56–59, 2000.

GAMBATESE, J. A.; BEHM, M.; RAJENDRAN, S. Design's role in construction accident causality and prevention: Perspectives from an expert panel. **Safety Science**, v. 46, n. 4, p. 675–691, abr. 2008.

GAMBATESE, J. A.; POCOCK, J. B.; DUNSTON, P. S. (Org.). **Constructability concepts and practice**. Reston, Virginia: American Society of Civil Engineers, 2007.

GAMBATESE, J.; ALOMARI, K. Degrees of connectivity: Systems model for upstream risk assessment and mitigation. **Accident Analysis & Prevention**, v. 93, p. 251–259, ago. 2016.

GANGOELLIS, M. et al. Mitigating construction safety risks using prevention through design. **Journal of Safety Research**, v. 41, n. 2, p. 107–122, abr. 2010.

GUÉRIN, F. et al. **Compreender o trabalho para transformá-lo: a prática da ergonomia**. São Paulo: Edgard Blucher, 2001.

GUO, H. L.; LI, H.; LI, V. VP-based safety management in large-scale construction projects: A conceptual framework. **Automation in Construction**, v. 34, p. 16–24, set. 2013.

HAINES, H. M.; WILSON, J. R. **Development of a framework for participatory ergonomics**. Norwich, England: Health and Safety Executive, 1998.

HALLOWELL, M. R.; GAMBATESE, J. A. Activity-based safety risk quantification for concrete formwork construction. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 135, n. 10, p. 990-998, 2009.

HALLOWELL, M. R.; GAMBATESE, J. A. Construction safety risk mitigation. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 135, n. 12, p. 1316–1323, 2009.

HARTMANN, T.; FISCHER, M. Supporting the constructability review with 3D/4D models. **Building Research & Information**, v. 35, n. 1, p. 70–80, fev. 2007.

HASLAM, R. A. et al. Contributing factors in construction accidents. **Applied Ergonomics**, v. 36, n. 4, p. 401–415, jul. 2005.

HECKER, S.; GIBBONS, B.; BARSOTTI, A. Making ergonomic changes in construction: worksite training and task interventions. In: ALEXANDER D.; RABOURN, R. (Org). **Applied Ergonomics**. New York: Taylor and Francis, p. 162-189, 2001. p. 162–189.

HENDRICK, H. W. Applying ergonomics to systems: Some documented “lessons learned”. **Applied Ergonomics**, v. 39, n. 4, p. 418–426, jul. 2008.

HENDRICK, H. W.; KLEINER, B. M. **Macroergonomia: uma introdução aos projetos de sistemas de trabalho**. Rio de Janeiro: Editora Virtual Científica, 2006.

HINZE, J.; HALLOWELL, M.; BAUD, K. Construction-Safety Best Practices and Relationships to Safety Performance. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 139, n. 10, p. 04013006, out. 2013.

HU, Z.; ZHANG, J. BIM- and 4D-based integrated solution of analysis and management for conflicts and structural safety problems during construction: 2. Development and site trials. **Automation in Construction**, v. 20, n. 2, p. 167–180, mar. 2011.

HUBALT, F.; FERREIRA, L. L. Do que a ergonomia pode fazer análise? In: DANIELLOU, F. (Org.). **A ergonomia em busca de seus princípios: debates epistemológicos**. São Paulo: Edgar Blucher, 2004.

IEA. (2016). **Definition and Domains of Ergonomics**. Site do *International Ergonomics Association*. Acessado em maio de 2017. <http://www.iea.cc/whats/>

IKUMA, L. H.; NAHMENS, I.; JAMES, J. Use of Safety and Lean Integrated Kaizen to Improve Performance in Modular Homebuilding. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 137, n. 7, p. 551–560, jul. 2011.

IMADA, A. S. A macroergonomic approach to reducing work-related injuries. In: Hendrick, H. W., Kleiner, B. M. (Org). **Macroergonomics: Theory, methods and applications**. 2002, p. 151-172.

IBGE. **Pesquisa Anual da Indústria da construção**. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Rio de Janeiro, v. 25, p.1-52, 2015

IBGE. **Pesquisa Anual da Indústria da Construção**. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Rio de Janeiro, v. 26, p.1-34, 2016 .

JACKSON FILHO, J. M. et al. Organizational factors related to occupational accidents in construction. **Work: A Journal of Prevention, Assessment and Rehabil**, v. 41, p. 4130-4136, 2012.

JARKAS, A. M. Buildability factors affecting formwork labour productivity of building floors. Canadian **Journal of Civil Engineering**, v. 37, n. 10, p. 1383-1394, 2010a.

JARKAS, A.M. The impacts of buildability factors on formwork labour productivity of columns. **Journal of Civil Engineering and Management**, v. 16, n. 4, p. 471-483, 2010b.

JARKAS, A. M. Influence of Buildability Factors on Rebar Installation Labor Productivity of Columns. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 138, n. 2, p. 258–267, fev. 2012.

JATOBÁ, A. et al. Designing for patient risk assessment in primary health care: a case study for ergonomic work analysis. **Cognition, Technology & Work**, v. 18, n. 1, p. 215–231, fev. 2016.

JENSEN, L. K.; FRICHE, C. Effects of training to implement new tools and working methods to reduce knee load in floor layers. **Applied Ergonomics**, v. 38, n. 5, p. 655–665, set. 2007.

JIANG, L.; LEICHT, R. Supporting automated constructability checking for formwork construction: an ontology. **Journal of Information Technology in Construction (ITcon)**, v. 21, n. 28, p. 456–478, 2016.

JITWASINKUL, B.; HADIKUSUMO, B. H. W.; MEMON, A. Q. A Bayesian Belief Network model of organizational factors for improving safe work behaviors in Thai construction industry. **Safety Science**, v. 82, p. 264–273, fev. 2016.

KIFOKERIS, D.; XENIDIS, Y. Constructability: Outline of Past, Present, and Future Research. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 143, n. 8, p. 04017035, ago. 2017.

KIM, K.; CHO, Y.; ZHANG, S. Integrating work sequences and temporary structures into safety planning: Automated scaffolding-related safety hazard identification and prevention in BIM. **Automation in Construction**, v. 70, p. 128–142, out. 2016.

KIM, S.; NUSSBAUM, M. A.; JIA, B. Low back injury risks during construction with prefabricated (panelised) walls: effects of task and design factors. **Ergonomics**, v. 54, n. 1, p. 60-71, 2011.

KNOTTEN, V. et al. Design management in the building process-a review of current literature. **Procedia Economics and Finance**, v. 21, p. 120-127, 2015.

KUO, V.; WIUM, J. A. The management of constructability knowledge in the building industry through lessons learnt programmes. **Journal of the South African Institution of Civil Engineering**, v. 56, n. 1, p. 20-27, 2014.

LEAL, M. de L. **Produção artesanal: análise do método de intervenção de design no artesanato potiguar sob o ponto de vista dos atores envolvidos no processo**. 2011. 153 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, UFRN, 2011.

LI, H. et al. Proactive behavior-based safety management for construction safety improvement. **Safety Science**, v. 75, p. 107–117, jun. 2015.

LIAO, P.-C. et al. The relationship between communication and construction safety climate in China. **KSCE Journal of Civil Engineering**, v. 18, n. 4, p. 887–897, maio 2014.

LIMA, F. P. A.; DUARTE, F. M. C. Integrando a ergonomia ao projeto de engenharia: especificações ergonômicas e configurações de uso. **Gestão & Produção, São Carlos**, v. 21, n. 4, p. 679-690, 2014.

LOPEZ, R. et al. Design error classification, causation, and prevention in construction engineering. **Journal of performance of constructed facilities**, v. 24, n. 4, p. 399-408, 2010.

MAHALINGAM, A.; KASHYAP, R.; MAHAJAN, C. An evaluation of the applicability of 4D CAD on construction projects. **Automation in Construction**, v. 19, n. 2, p. 148–159, mar. 2010.

MÄKI, T. Multi-disciplinary discourse on design-related issues in construction site meetings. **Procedia Economics and Finance**, v. 21, p. 231-238, 2015.

MALINE, J. (1997). **Simuler le travail: une aide à la conduite de projet**, Edições ANACT, Montrouge

MARTIN, C. O Ergonomista nos Projetos Arquitetônicos. In: FALZON, P. (Ed.). **Ergonomia**. São Paulo: Blücher, 2008. p. 357-369

MELHADO, S. B. **Gestão, cooperação e integração para um novo modelo voltado à qualidade do processo de projeto na construção de edifícios**. 2001. 235 p. Tese (Livre Docência) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

MELLO, L. C. B. B. **Modernização das pequenas e médias empresas de Construção Civil** : impactos dos programas de melhoria da gestão da qualidade. 2007. 261 p. Tese (Doutorado em Engenharia de Civil). Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, 2007.

MELLO, L. C. B. de B. ; AMORIM, S. R. L. de. O subsetor de edificações da construção civil no Brasil : uma análise comparativa em relação à União Europeia e aos Estados Unidos. **Production Journal**., São Paulo, v. 19, n. 2, p. 388-399, 2009.

MITROPOULOS, P.; ABDELHAMID, T. S.; HOWELL, G. A. Systems model of construction accident causation. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 131, n. 7, p. 816-825, 2005.

MITROPOULOS, P.; CUPIDO, G.; NAMBOODIRI, M. Cognitive approach to construction safety: task demand-capability model. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 135, n. 9, p. 881-889, 2009.

MITROPOULOS, P.; MEMARIAN, B. Task demands in masonry work: Sources, performance implications, and management strategies. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 139, n. 5, p. 581–590, 2012.

MOHAMED, S. Safety climate in construction site environments. **Journal of construction engineering and management**, v. 128, n. 5, p. 375–384, 2002.

NAMIAN, M. et al. Improving Hazard-Recognition Performance and Safety Training Outcomes: Integrating Strategies for Training Transfer. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 142, n. 10, p. 04016048, out. 2016.

OLIVEIRA, O. J.; MELHADO, S.B. **Como administrar Empresas de Projeto de Arquitetura e Engenharia Civil**. 1 ed. São Paulo: Ed. PINI, 2006, 64p.

PARIDA, R.; RAY, P. K. Study and analysis of occupational risk factors for ergonomic design of construction worksystems. **Work**, v. 41, n. Supplement 1, p. 3788-3794, 2012.

PENALOZA, G. A.; SAURIN, T. A.; FORMOSO, C. T. Identification and assessment of requirements of temporary edge protection systems for buildings. **International Journal of Industrial Ergonomics**, v. 58, p. 90–108, mar. 2017.

PERSSON, F. et al. **Celebrating Scholarly Communication Studies: A Festschrift for Olle Persson at his 60th Birthday**. ISSI, 2009

PERTTULA, P. et al. Improving the safety and efficiency of materials transfer at a construction site by using an elevator. **Journal of construction engineering and management**, v. 132, n. 8, p. 836-843, 2006.

PIRZADEH, P.; LINGARD, H. Understanding the Dynamics of Construction Decision Making and the Impact on Work Health and Safety. **Journal of Management in Engineering**, v. 33, n. 5, p. 05017003, set. 2017.

PULASKI, M. H.; HORMAN, M. J. Continuous value enhancement process. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 131, n. 12, p. 1274–1282, 2005.

QI, J. et al. Use of building information modeling in design to prevent construction worker falls. **Journal of Computing in Civil Engineering**, v. 28, n. 5, p. A4014008, 2013.

RAIS. **Relação Anual de Informações Sociais do Ministério do Trabalho e Emprego**. Ministério do Trabalho e emprego, 2017. Disponível em: <http://www.cbicdados.com.br/menu/empresas-de-construcao/estabelecimentos-na-construcao>. Acesso em agosto de 2018.

RAJENDRAN, R. In: GAMBATESE, J. A.; POCOCK, J. B.; DUNSTON, P. S. (Org.). **Constructability concepts and practice**. Reston, Virginia: American Society of Civil Engineers, 2007.

REUTERS, T. **Endnote**. New York: Thomson Reuters, 2011.

ROSA, L. V.; HADDAD, A. N.; DE CARVALHO, P. V. R. Assessing risk in sustainable construction using the Functional Resonance Analysis Method (FRAM). **Cognition, Technology & Work**, v. 17, n. 4, p. 559–573, nov. 2015.

RUBIO-ROMERO, J. C.; RUBIO, M. C.; GARCÍA-HERNÁNDEZ, C. Analysis of Construction Equipment Safety in Temporary Work at Height. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 139, n. 1, p. 9–14, jan. 2013.

SALDANHA, M. C. W et al. The construction of ergonomic demands: application on artisan fishing using jangada fishing rafts in the beach of Ponta Negra. **Work** (Reading, MA), v. 41, p. 628-635, 2012.

SALDANHA, M. C. W. **Racionalização construtiva: um enfoque na execução do revestimento**. 1997. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) -Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 1997.

_____. **Ergonomia de concepção de uma plataforma Line Oriented Flight Training (LOFT) em uma companhia aérea brasileira: a relevância do processo de construção social de projeto**. 2004. 236f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) –Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE/UFRJ, 2004.

_____. **Riscos de Acidentes na Construção Civil: analisando o projeto arquitetônico a partir das atividades de execução, uso e manutenção de edificações**, **Projeto de pesquisa**, Universidade Federal da Paraíba, UFPB, João Pessoa, 2016.

SAMPIERI, R. H.; COLLADO, C. F.; LUCIO, M. P. B. **Metodologia de pesquisa**. 5.ed. Porto Alegre: Penso, 2013

SANTOS, V.; ZAMBERLAN, M. C.; PAVÃO, J. C. Concepção ergonômica de salas de controle: estudos de caso. In: DUARTE, FJCM et al. **Ergonomia e projeto na indústria de processo contínuo**. Rio de Janeiro: Lucerna, 2002.

SAUNDERS, L. W. et al. International benchmarking for performance improvement in construction safety and health. **Benchmarking: An International Journal**, v. 23, n. 4, p. 916-936, 2016.

SAURIN, T. A. Safety inspections in construction sites: A systems thinking perspective. **Accident Analysis & Prevention**, v. 93, p. 240–250, ago. 2016.

SAURIN, T. A. Segurança no trabalho e desenvolvimento de produto: Diretrizes para integração na Construção Civil. **Produção** (Impresso), São Paulo: ABEPRO, v. 15, n.1, p. 127-141, 2005.

SAURIN, T. A.; FORMOSO, C. T. Guidelines for considering construction safety requirements in the design process. In: 14th Rinker International Conference. **Proceedings of CIB W99 International Conference**. Gainesville, USA, 2008. p. 115-129.

SHAPIRA, A.; LYACHIN, B. Identification and analysis of factors affecting safety on construction sites with tower cranes. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 135, n. 1, p. 24-33, 2009.

SOUZA, A. L. R. **Preparação e coordenação da execução de obras: transposição da experiência francesa para a construção brasileira de edifícios**. 2001. 463 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Construção Civil e Urbana) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

SPOSATI, A. (coord.); RAMOS, F.; KOGA, D.; CONSERVA, M.; SILVEIRA JR., C.; GAMBARDELLA, A. **Topografia Social de João Pessoa**, Cedest/IEE/PUCSP, 2009.

TAM, C. M.; ZENG, S. X.; DENG, Z. M. Identifying elements of poor construction safety management in China. **Safety Science**, v. 42, n. 7, p. 569–586, ago. 2004.

TEO, A. L. E. et al. Design for safety: theoretical framework of the safety aspect of BIM system to determine the safety index. **Construction Economics and Building**, v. 16, n. 4, p. 1, 8 dez. 2016.

THIBAULT, J.F. Quand le processus de prescription reflète la performance de l'intervention ergonomique. In: **Actes du 37e Congrès de la SELF**, « Les évolutions de la prescription », Aix-en-Provence, 2002.

TOOLE, T. M. Increasing engineers' role in construction safety: opportunities and barriers. **Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice**, v. 131, n. 3, p. 199-207, 2005.

TOOLE, T. M., & GAMBATESE, J. A. The trajectories of prevention through design in construction. **Journal of Safety Research**, 39(2), 225-230, 2008.

TRANFIELD, D.; DENYER, D.; SMART, P. Towards a methodology for developing evidence-informed management knowledge by means of systematic review. **British journal of management**, v. 14, n. 3, p. 207–222, 2003.

TYMVIOS, N.; GAMBATESE, J. A. Direction for Generating Interest for Design for Construction Worker Safety—A Delphi Study. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 142, n. 8, p. 040160241-11, 2016.

TYMVIOS, N.; GAMBATESE, J. A. Perceptions about Design for Construction Worker Safety: Viewpoints from Contractors, Designers, and University Facility Owners. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 142, n. 2, p. 04015078, fev. 2016.

VIDAL, M. C. **Guia para análise ergonômica do trabalho na empresa (AET): uma metodologia realista, ordenada e sistemática**. Rio de Janeiro: Editora Virtual Científica. 2012.

VIDAL, M. C. **Introdução à ergonomia**. Apostila do Curso de Especialização em Ergonomia Contemporânea/CESERG. Rio de Janeiro: COPPE/GENTE/UFRJ, 2000.

WEINSTEIN, M. G. et al. A roadmap to diffuse ergonomic innovations in the construction industry: there is nothing so practical as a good theory. **International journal of occupational and environmental health**, v. 13, n. 1, p. 46-55, 2007.

WONG, F. W. H. et al. A study of measures to improve constructability. **International Journal of Quality & Reliability Management**, v. 24, n. 6, p. 586–601, 3 jul. 2007.

YIN, Robert K. **Estudo de caso. Planejamento e método**. 2.ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

ZHONG, Y.; LING, F. Y. Y.; WU, P. Using Multiple Attribute Value Technique for the Selection of Structural Frame Material to Achieve Sustainability and Constructability. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 143, n. 2, p. 04016098, 2016.

ZHONG, Y.; WU, P. Economic sustainability, environmental sustainability and constructability indicators related to concrete- and steel-projects. **Journal of Cleaner Production**, v. 108, p. 748–756, dez. 2015.

ZHOU, Z.; GOH, Y. M.; LI, Q. Overview and analysis of safety management studies in the construction industry. **Safety Science**, v. 72, p. 337–350, fev. 2015.

ZOLFAGHARIAN, S.; IRIZARRY, J. Constructability Assessment Model for Commercial Building Designs in the United States. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 143, n. 8, p. 04017031, ago. 2017.

ZOU, P. X. W.; SUNINDIJO, R. Y.; DAINITY, A. R. J. A mixed methods research design for bridging the gap between research and practice in construction safety. **Safety Science**, v. 70, p. 316–326, dez. 2014.

ZUPIC, I.; ČATER, T. Bibliometric Methods in Management and Organization. **Organizational Research Methods**, v. 18, n. 3, p. 429–472, jul. 2015.

APÊNDICES

APÊNDICE A - Roteiro de análise global da empresa

Local:		Contato:
Nome do interlocutor:		Função/Cargo:
Data:	Horário de início:	Horário de término:
Responsáveis pela coleta:		
Observações:		

1. Ano de fundação
2. Tempo da empresa no ramo
3. Questionar se faz parte de grupo (incorporação)
4. Atuação em outros estados
5. Quantidade de obras já executadas na sua história
6. Quantidade de obras em andamento atualmente
 - a. Identificar o bairro, método construtivo, etapa da obra
7. Quadro de funcionários
 - a. Funcionários do escritório da empresa
 - b. Funcionários das obras
 - c. Quadro do SESMT
8. Como funciona a coordenação da realocação dos engenheiros de obra, mestres e encarregados
 - a. Em função da etapa da obra
 - b. Quando inicia ou finaliza um novo empreendimento
9. Questionar sobre como acontece o contrato com os projetistas nessa empresa
 - a. Quadro fixo de projetistas na empresa
 - b. Contrata empresas a cada obra;

APÊNDICE B - Roteiro de análise global da obra

Local:		Contato:
Nome do interlocutor:		Função/Cargo:
Data:	Horário de início:	Horário de término:
Responsáveis pela coleta:		
Observações:		

1. Localização do empreendimento (verificar características do entorno)
2. Público alvo do empreendimento
3. Número de pavimentos, apartamentos, tipologia dos apartamentos
4. Método construtivo utilizado
5. Área construída da edificação
6. Tempo previsto de execução da obra completa
7. Tempo previsto execução da estrutura
8. Equipamentos utilizados para transporte de materiais (elevador/grua/guincho)
9. Existência de CIPA (Comissão Interna de Prevenção de Acidentes) na obra

APÊNDICE C - Roteiro de observação para visita no canteiro de obras

Local:		Contato:
Nome do interlocutor:		Função/Cargo:
Data:	Horário de início:	Horário de término:
Responsáveis pela coleta:		
Observações:		

1. Características relacionadas ao método construtivo
2. Armazenamento dos materiais utilizados na execução da estrutura
3. Observar distâncias entre os locais de disposição de formas e o local de trabalho da carpintaria
4. Observar distâncias entre os locais de disposição de armação e o local de trabalho dos armadores
5. Modo de transporte do concreto (bombeado, transportado através de grua)
6. Concreto usinado ou feito na obra
7. Observar outras atividades sendo realizadas na etapa da estrutura
8. Em qual pavimento encontra-se a execução
9. Localizada em rua movimentada ou pouco tráfego

APÊNDICE D - Roteiro sócio-profissional: engenheiro de obra

Data:		Contato:
Nome do interlocutor:		Função:
Local:	Horário de início:	Horário de término:
Responsáveis pela coleta:		

1. História de formação (curso, instituição, ano)	
2. Escolaridade	
3. Curso de especialização/pós-graduação	
4. Tempo de experiência na profissão	
5. Quais foram as experiências anteriores em outros cargos	
6. Tempo de experiência na empresa	
7. Tipologia de obras com que costuma trabalhar	

APÊNDICE E - Roteiro sócio-profissional: mestre e encarregados

Data:		Contato:
Nome do interlocutor:		Função:
Local:	Horário de início:	Horário de término:
Responsáveis pela coleta:		

1. Escolaridade	
2. Idade	
3. Tempo de experiência na profissão	
4. Experiências anteriores em outros cargos	
5. Experiências profissionais anteriores em outros setores	
6. Tempo de experiência na empresa	
7. Tipologia de obras com que costuma trabalhar	

APÊNDICE F - Roteiro sócio-profissional: operadores

Data:		Contato:
Nome do interlocutor:		Função:
Local:	Horário de início:	Horário de término:
Responsáveis pela coleta:		

1. Escolaridade	
2. Idade	
3. Tempo de experiência na profissão	
4. Experiências anteriores em outros cargos	
5. Experiências profissionais anteriores em outros setores	
6. Tempo de experiência na empresa	
7. Tipologia de obras com que costuma trabalhar	

APÊNDICE G - Roteiro de ação conversacional engenheiro de obra

Local:		Contato:
Nome do interlocutor:		Função:
Data:	Horário de início:	Horário de término:
Responsáveis pela coleta:		

Categorias	Tópicos
Atribuições da atividade	1. Identificar atividades realizadas na rotina de trabalho, horários e dias de maior demanda de trabalho (análise do planejamento, instalações do canteiro, gerenciamento de mão de obra, gerenciamento da produção, gerenciamento da segurança) 2. Questionar se é responsável pela execução de todo o empreendimento
Feedback	3. Em relação à concepção do projeto: como acontece a comunicação com arquiteto, projetista estrutural e projetos complementares 4. Realização de reuniões periódicas com a equipe da execução (mestres, encarregados) para discutir o projeto, dificuldades, melhorias, planejamento; 5. Em relação ao planejamento da obra: a. Como é realizado /Quais profissionais o realizam/ em média, quanto tempo antes de iniciar a obra para estudar o projeto; b. Qual margem de manobra para mudanças de projeto, verificação de compatibilidade de projetos, elaboração dos projetos executivos 6. Citar algum tipo de vivência anterior que auxilia/auxiliou na resolução ou antecipação de problemas ou melhoria do desempenho da execução;
Layout	7. Em relação à execução da obra: Exemplos de dificuldades de projetos (arquitetônico e estrutural) recorrentes 8. Questionar sobre a possibilidade de redução ou eliminação dessas dificuldades através de decisões diferentes de projeto 9. Em relação a outras obras com que trabalhou: identificar dificuldades de construtibilidade

APÊNDICE H - Roteiro de ação conversacional: mestre de obra

Local:		Contato:
Nome do interlocutor:		Função:
Data:	Horário de início:	Horário de término:
Responsáveis pela coleta:		

Categorias	Tópicos
Atribuições da atividade	1. Identificar atividades realizadas na rotina de trabalho, horários e dias de maior demanda de trabalho; 2. Explicar como ocorre a execução da primeira laje (onde ocorrem grande parte dos ajustes); execução das lajes mais altas (dificuldades em função do vento, da altura); mudanças na estrutura em função dos pavimentos (mudanças nos pilares, por exemplo).
<i>Feedback</i>	3. Citar algum tipo de vivência anterior que auxilia/auxiliou na resolução ou antecipação de problemas ou melhoria do desempenho da execução; 4. Realização de reuniões periódicas com a equipe da execução (engenheiros, mestres, encarregados) para discutir o projeto, dificuldades, melhorias, planejamento
<i>Layout</i>	5. Na obra em execução, identificar: a. Detalhes daquele projeto que geram dificuldade de execução b. Facilidades de execução 6. Em outros projetos que já executou, identificar características do projeto que geram: a. Dificuldades de execução da atividade b. Facilidades de execução 7. Questionar sobre a possibilidade de redução ou eliminação dessas dificuldades através de decisões diferentes de projeto

APÊNDICE I - Roteiro de observação da atividade da carpintaria

Local:		Contato:
Nome do interlocutor:		Função:
Data:	Horário de início:	Horário de término:
Responsáveis pela coleta:		

Roteiro de observação: Carpintaria. Versão 1- maio/2017

1. Identificar quantidade de profissionais na equipe
2. Formular fluxo de sequência de execução da atividade
3. Identificar atividades complementares realizadas (elevação de carga, corte de tabuas, fixação de painéis)
4. Observar se, na obra, existe grua para transporte de material e/ou como é feito o transporte de material utilizado por essa equipe
5. Observar a colocação de formas de pilares, vigas e lajes
6. Identificar elementos que promovem a segurança na execução das atividades
7. Identificar momentos de comunicação entre essa equipe e as demais
8. Observar a atividade de desforma de pilares, vigas e lajes

APÊNDICE J - Roteiro de observação da atividade da armação

Local:		Contato:
Nome do interlocutor:		Função:
Data:	Horário de início:	Horário de término:
Responsáveis pela coleta:		

1. Identificar quantidade de profissionais na equipe
2. Formular fluxo de sequência de execução da atividade
3. Identificar atividades complementares realizadas
4. Observar se, na obra, existe grua para transporte de material e/ou como é feito o transporte de material utilizado por essa equipe
5. Observar a colocação da armação em aço de pilares, vigas e lajes
6. Identificar elementos que promovem a segurança na execução das atividades
7. Identificar momentos de comunicação entre essa equipe e as demais

APÊNDICE K - Roteiro de observação da atividade de concretagem

Local:		Contato:
Nome do interlocutor:		Função:
Data:	Horário de início:	Horário de término:
Responsáveis pela coleta:		

1. Identificar quantidade de profissionais responsáveis no momento da concretagem de vigas, pilares e lajes
2. Identificar se é utilizado concreto usinado ou produzido no local
3. Formular fluxo de sequência de execução da atividade
4. Identificar atividades complementares realizadas
5. Observar se, na obra, existe grua para transporte de material e como é feito o transporte de material utilizado pela equipe
6. Identificar momentos de comunicação entre essa equipe e as demais
7. Identificar elementos que auxiliam a segurança na execução das atividades
8. Observar entorno da edificação quando for realizada com concreto usinado, deve-se prever local para espera dos caminhões

APÊNDICE L - Roteiro sócio-profissional: arquiteto e projetista estrutural

Data:		Contato:
Nome do interlocutor:		Função:
Local:	Horário de início:	Horário de término:
Responsáveis pela coleta:		

1. História de formação (curso, instituição, ano)	
2. Escolaridade	
3. Curso de especialização/pós-graduação	
4. Tempo de experiência na profissão	
5. Quais foram as experiências anteriores em outros cargos	
6. Tempo de experiência na empresa	
7. Tipologia de obras com que costuma trabalhar	

APÊNDICE M - Roteiro de ação conversacional: arquiteto

Local:		Contato:
Nome do interlocutor:		Função:
Data:	Horário de início:	Horário de término:
Responsáveis pela coleta:		

Categorias	Tópicos
Atribuições da atividade	1. Identificar atividades realizadas na rotina de trabalho, horários e dias de maior demanda de trabalho; 2. Demanda da construtora: a. Como se dá o <i>start up</i> de um novo projeto b. Como são tratadas as especificações e exigências determinadas pela construtora para um novo empreendimento 3. Questionar sobre a realização de serviço de acompanhamento de obra; c. Importância, necessidade, interesse, vantagens
Feedback	4. Em relação à concepção do projeto: como acontece a comunicação com arquiteto, projetista estrutural e projetos complementares 5. Realização de reuniões periódicas com a equipe da execução para discutir o projeto, dificuldades, melhorias, planejamento; 6. Citar algum tipo de vivência anterior que auxilia/auxiliou na resolução ou antecipação de problemas ou melhoria do desempenho da execução; 7. Funcionamento da realização de troca de informações entre projeto arquitetônico e projeto estrutural 8. Comunicação entre projeto arquitetônico e planejamento/execução a. Modificações de projeto durante o planejamento/compatibilização b. Modificações de projeto durante a execução 9. Compatibilização de projetos c. Profissional responsável d. De que forma é realizada 10. Utilização das informações da execução em novos projetos arquitetônicos
Layout	11. Em relação à execução da obra: exemplos de dificuldades de projetos (arquitetônico e estrutural) recorrentes 12. Questionar sobre a possibilidade de redução ou eliminação dessas dificuldades através de decisões diferentes de projeto 13. Questionar como são consideradas no projeto decisões que simplifiquem operações de construção, facilidade de transporte e instalação.

APÊNDICE N - Roteiro de ação conversacional: projetista estrutural

Nome da empresa:		
Nome da obra que foi projetada por esse interlocutor:		
Endereço:		Contato:
Nome do interlocutor:		Função:
Data:	Horário de início:	Horário de término:
Responsáveis pela coleta:		

1. Demanda da construtora:
 - a. Como se dá o *start up* de um novo projeto
 - b. Como são tratadas as especificações e exigências determinadas pela construtora para um novo empreendimento
2. Realização de troca de informações entre o projeto estrutural e projeto arquitetônico
3. Compatibilização de projetos
 - a. Profissional responsável
 - b. De que forma é realizada
4. Comunicação entre projeto estrutural durante planejamento/execução
 - a. Modificações de projeto durante o planejamento/ compatibilização
 - b. Modificações de projeto durante a execução
5. Existência de procedimento de retroalimentação de informações da execução, uso e/ou manutenção para novos projetos estruturais
6. Realização de serviço de acompanhamento de obra
 - a. Importância, necessidade, interesse, vantagens
7. Questionar como são consideradas no projeto as especificações que simplifiquem operações de construção, facilidade de transporte e instalação
8. Elaboração de diretrizes projetuais baseadas na experiência construtiva da empresa contratante
9. Preocupação com relação à construtibilidade e segurança, ao conceber um projeto.
Pedir exemplos destas questões