



Instituto de Tecnologia
Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil

**Utilização do Building Information Modeling
(BIM) para gestão da segurança do trabalho
em obra de habitações populares.**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Renato de Melo Seixas

2020

Renato De Melo Seixas

**Utilização do Building Information Modeling (BIM) para
gestão da segurança do trabalho em obra de habitações
populares**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Pará, como requisito para obtenção do Título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Mauricio Furtado Maués

Belém, 18 de fevereiro de 2020.

SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL



UTILIZAÇÃO DO BUILDING INFORMATION MODELING (BIM) PARA GESTÃO DA
SEGURANÇA DO TRABALHO EM OBRAS DE HABITAÇÕES POPULARES

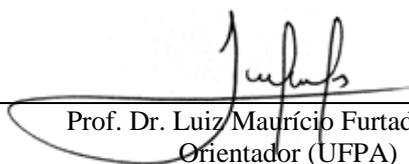
AUTOR:

RENATO DE MELO SEIXAS

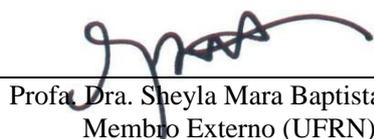
DISSERTAÇÃO SUBMETIDA À BANCA
EXAMINADORA APROVADA PELO COLEGIADO DO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA CIVIL DO INSTITUTO DE
TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO
PARÁ, COMO REQUISITO PARA OBTENÇÃO DO
GRAU DE MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL NA
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM ESTRUTURAS E
CONSTRUÇÃO CIVIL.

APROVADO EM: 18 / 02 / 2020.

BANCA EXAMINADORA:



Prof. Dr. Luiz Maurício Furtado Maués
Orientador (UFPA)

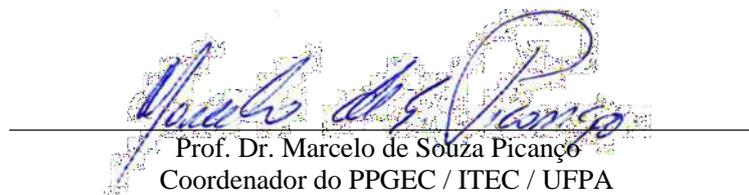


Prof. Dra. Sheyla Mara Baptista Serra
Membro Externo (UFRN)



Prof. Dr. Marcelo de Souza Picanço
Membro Interno (UFPA)

Visto:



Prof. Dr. Marcelo de Souza Picanço
Coordenador do PPGEC / ITEC / UFPA

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)**

D278u de Melo Seixas, Renato
Utilização do Building Information Modeling (BIM) para
gestão da segurança do trabalho em obra de habitações populares /
Renato de Melo Seixas. — 2020.
132 f. : il. color.

Orientador(a): Prof. Dr. Luiz Mauricio Furtado Maués
Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Civil, Instituto de Tecnologia, Universidade Federal do
Pará, Belém, 2020.

1. Segurança no trabalho. 2. BIM. 3. Modelagem. I. Título.

CDD 690.22

CESSÃO DE DIREITOS

AUTOR: Renato De Melo Seixas

TÍTULO: Building Informaton Modeling (BIM) para gestão da segurança do trabalho em obra de habitações populares.

GRAU: Mestre ANO: 2020

É concedida à Universidade Federal do Pará permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestrado e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte dessa dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

Renato de Melo Seixas

Renato de Melo Seixas

Tv. Lomas Valentinas, 991. Edifício Vancouver.

Apartamento: 1301

Pedreira.

66.087-441 Belém – PA – Brasil.

Renato de Melo Seixas

Building Information Modeling (BIM) para gestão da segurança do trabalho em obra de habitações populares

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Pará, como requisito para obtenção do Título de Mestre.

Belém, 18 de fevereiro de 2020.

Prof. Dr. Luiz Maurício Furtado Maués

Orientador
Faculdade de Engenharia Civil – UFPA

Banca Examinadora

Prof^a. Dra. Sheyla Mara Baptista Serra

Examinadora Externa
Universidade Federal de São Carlos - UFSCAR

Prof^o. Dr. Marcelo de Souza Picanço

Examinador Interno
Faculdade de Engenharia Civil – UFPA

Dedico este trabalho, primeiramente, a Deus e à minha família em especial
Aos meus pais Laercio Renato Dumas Seixas (*in memoriam*) e
Carmem de Melo Seixas.

À minha esposa Fernanda Franco Seixas.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela força e oportunidades e principalmente pelo dom da vida e sua misericórdia.

Quero manifestar os meus mais profundos sentimentos de gratidão aos meus pais Laércio Renato Dumas Seixas (*in memorian*) e Carmem de Melo Seixas, que me possibilitaram oportunidades únicas na vida, não medindo esforços para a minha formação como ser humano e profissional me permitindo estar hoje onde estou.

À minha esposa Fernanda Franco Seixas por todo o apoio, compreensão e paciência em relação a minha pessoa durante todo o nosso relacionamento demonstrando enorme dedicação e amor a nossa família que se inicia.

Obrigado ao professor Luiz Mauricio Furtado Maués, o qual acompanho desde a graduação, que me acolheu, orientou, incentivou, conversou e mostrou o caminho para realização deste trabalho, se mostrando grande um exemplo profissional a ser seguido.

Agradeço a UFPA particularmente a Faculdade de Engenharia Civil pela formação profissional propiciada, qualidade de ensino e possibilidades únicas de vivências profissionais e acadêmicas.

Minha gratidão a CAPES/CNPQ pela concessão de bolsa acadêmica o qual contribuiu para o desenvolvimento desta pesquisa.

Agradeço aos amigos Wylliam Bessa Santana, Felipe de Sá Moreira e Carolina Caldas Rosa pelas ajudas, incentivos, conversas e discussões ao longo desta jornada.

RESUMO

A construção civil com suas características peculiares como baixa comunicação entre os projetistas e os responsáveis técnicos pela execução da obra, além de grande rotatividade de operários possui dificuldades para a implantação de uma cultura de segurança ampla e eficaz. O surgimento de novas tecnologias e ferramentas vem contribuindo para a implementação de melhorias de comunicação e segurança contra acidentes no setor, um exemplo é o Building Information Modeling (BIM) que trás para a construção civil a possibilidade da modelagem computacional da obra, onde informações importantes para a equipe técnica e projetistas passam a ser oferecidas com dados detalhados do andamento da obra ainda na fase de projeto, o que possibilita a tomada de decisões e indicação de medidas atenuantes de forma a proteger os trabalhadores. Neste contexto o presente trabalho tem como objetivo realizar a modelagem de uma obra vertical de interesse social localizada na cidade de Belém/PA. A modelagem realizada baseou-se nos padrões estabelecidos pela Norma Regulamentadora Nº 18 (NR 18) e a Norma regulamentadora Nº 35 (NR 35), após finalizada a modelagem os resultados foram confrontados com o cenário real da obra com o intuito de avaliar incompatibilidades com o que se é exigido pelas NRs avaliadas. Os resultados foram apresentados aos responsáveis técnicos pela obra (engenheiro civil e técnica de segurança), apresentando possibilidades de melhorias para o canteiro por parte do autor e avaliando as melhorias que o BIM poderia trazer para a obra avaliada na percepção de seus responsáveis técnicos. Para a realização da modelagem utilizou-se os projetos fornecidos pela empresa responsável pela obra e o planejamento de suas atividades. Para a construção da modelagem utilizou-se os softwares *Revit*, *MS Project* e *Naviswork*. Os resultados mostraram que a obra apresentava incompatibilidades com o que se é exigido pelas normas regulamentadoras avaliadas, falta de projetos, erros de dimensionamento e problemas de execução. Quanto a avaliação dos responsáveis técnicos da obra, eles avaliaram que o uso do BIM em sua obra pode trazer benefícios no dia a dia do seu trabalho além de facilitar a tomada de decisões.

Palavras-chave: Segurança no trabalho. BIM. Modelagem.

ABSTRACT

Civil construction, with its very peculiar characteristics, such as low communication between the designers and site managers, in addition to the high turnover of construction workers, has difficulties in implementing a wide and effective safety culture. The emergence of new technologies and tools has contributed to the implementation of improvements in communication and safety against accidents in this industry, an example is the Building Information Modeling (BIM) that brings to the civil construction the possibility of computational modeling of the construction, where important information for the technical team and designers can be offered with detailed data on the progress of the work still in the design phase, which makes it possible to make decisions and indicate mitigating measures to protect construction workers. In this context, the present work aims to model a vertical work of social interest located in the city of Belém / PA. The modeling performed was based on the standards established by Regulatory Standard N° 18 (NR 18) and Regulatory Standard N° 35 (NR 35), after the modeling was completed, the results were compared with the real scenario of the work to assess incompatibilities with what is required by the evaluated NRs. The results were presented to the site managers (civil engineer and work security technician), presenting possibilities for improvements to the construction site by the author and evaluating the improvements that BIM could bring to the work evaluated in the perception of its technicians. For the construction of the modeling, the Revit, MS Project, and Naviswork software were used. The results showed that the work presented incompatibilities with what is required by the evaluated regulatory standards, lack of projects, sizing errors, and execution problems. As for the evaluation of the site managers, they evaluated that the use of BIM in their work can bring benefits in the day-to-day work and facilitate decision-making.

Keywords: Workplace safety. BIM. Modeling

...A segurança só para alguns é, de fato, a insegurança para todos....
(Nelson Mandela)

Sumário

Capítulo	Página
1 INTRODUÇÃO	20
1.1 Cenário atual da construção civil	20
1.2 Justificativa e problema de pesquisa	21
1.3 Definição do problema da pesquisa	22
1.4 Objetivos	23
1.4.1 Objetivo Geral	23
1.4.2 Objetivos específicos.....	23
1.5 Pressupostos	23
1.6 Estrutura da dissertação.....	24
2 SEGURANÇA DO TRABALHO NA CONSTRUÇÃO CIVIL E O USO DO BIM.....	25
2.1 Segurança do trabalho	25
2.2 Legislação Brasileira	28
2.3 Cenário da segurança do trabalho no Brasil.....	33
2.4 Cenário da segurança do trabalho no Estado do Pará	35
2.5 Design for safety	40
2.6 Building Information Modeling (BIM).....	41
2.7 Dimensões BIM (ND BIM).....	43
2.8 Níveis de desenvolvimento BIM.....	44
2.9 Implementação da metodologia BIM na construção civil e suas dificuldades	45
2.10 Cenário da utilização do BIM no Brasil.....	46
2.11 Cenário da segurança do trabalho e do BIM no contexto internacional	49
2.12 O uso do BIM na segurança do trabalho	50
2.13 Softwares BIM	51
3 MÉTODO DE PESQUISA	54
3.1 Delineamento da pesquisa	54
3.2 Revisão Sistemática da Literatura (RSL)	55
3.3 Escolha da obra adotada na pesquisa e suas características	62
3.4 Estimativas de riscos de acordo com a modelagem e simulação	64
3.5 Análise dos dados.....	64
3.5.1 Modelagem computacional	65

4	RESULTADOS	67
4.1	Caracterização dos EPC	67
4.1.1	Cálculos para execução dos EPC	67
4.1.2	Linha de vida horizontal.....	68
4.1.3	Bandeja de proteção	70
4.1.4	Guarda corpo	74
4.2	Modelagem da obra.....	76
4.2.1	Modelagem 3D no Software REVIT.....	77
4.2.2	Importação do planejamento para o Software MS Project.....	80
4.2.3	Simulação no software Naviswork e comparação com o cenário real.....	81
4.3	Apresentação dos comparativos aos responsáveis técnicos da obra	88
4.4	Propostas de melhorias para a obra	89
4.4.1	Elaboração de um projeto executivo de guarda corpos.....	89
4.4.2	Substituição dos guarda corpos de madeira por guarda corpos metálicos	90
4.4.3	Elaboração de um cronograma de manutenção dos EPC e testes de carga.....	90
4.4.4	Utilização de mini guias para o içamento de materiais	91
4.4.5	Elaboração de um planejamento exclusivo para serviços e tarefas ligadas a segurança do trabalho.....	91
4.4.6	Melhorar o isolamento da obra próximo a vizinhança	94
5	CONCLUSÃO	95
5.1	Discussão de resultados.....	95
5.2	Sugestões para futuras pesquisas.....	97
6	Anexos.....	98
6.1	Anexo I - Projetos originais da obra.....	98
6.1.1	Elevações	98
6.1.2	Cortes.....	98
6.1.3	Projeto de bandejas primárias	99
6.2	Anexo II - Planejamento original da obra	100
6.3	Anexo III - Certificado recebido após treinamento.....	102
7	Apêndices	103
7.1	Apêndice I – Protocolo de Pesquisa	103
7.2	Apêndice II – Artigos selecionados na Revisão Sistemática da Literatura (RSL).....	104
7.3	Apêndice III - Planejamento convertido para o Software MS Project	110
7.4	Apêndice IV - Planejamento exclusivo de segurança do trabalho	113
8	BIBLIOGRAFIA.....	116

Lista de Tabelas

Tabela	Página
Tabela 2.1– Quantidade de acidentes do trabalho no Brasil por ano (com CAT registrada)	34
Tabela 2.2- Acidentes do trabalho por atividades relacionadas a construção civil	34
Tabela 2.3- Acidentes de trabalho no estado do Pará	36
Tabela 2.4– Cargos com maior número de acidentes na construção civil no ano de 2016	37
Tabela 2.5– Cargos com maior número de acidentes na construção civil no ano de 2017	37
Tabela 2.6– Análise de acidentes por atividade de acordo com o CNAE	38
Tabela 2.7– Incidência da natureza de lesão sofrida pelo operário	39

Lista de Figuras

Figura	Página
Figura 2.1 – Dimensões guarda corpo (laje e escada)	30
Figura 2.2 – Bandejas de proteção.....	31
Figura 2.3 - SQLA sistema tipo “V”	32
Figura 2.4 - SQLA sistema tipo “U”	32
Figura 2.5 - SQLA sistema tipo “T”	33
Figura 2.6 - SQLA sistema tipo “S”	33
Figura 2.7 – Idade dos trabalhadores acidentados na construção civil no estado do Pará	36
Figura 2.8 - Municípios com maior número de acidentes 2016	39
Figura 2.9 - Municípios com maior número de acidentes 2017	40
Figura 3.1 – Delineamento da pesquisa.....	55
Figura 3.2 – Estruturação da Revisão Sistemática da literatura	56
Figura 3.3 – Quantidade de trabalhos por base de busca.....	58
Figura 3.4 – Percentual de artigos por bases de busca	60
Figura 3.5 – Anos de publicação dos artigos.....	60
Figura 3.6 – Publicações por país.....	61
Figura 3.7 - Elevações da obra	62
Figura 3.8 – Planta baixa apartamento	63
Figura 3.9 - Estruturação do uso dos Softwares	66
Figura 4.1 – Perfil utilizado.....	68
Figura 4.2 – Tabela de dimensionamento Cabo de aço.....	69
Figura 4.3 – Caracterização do aço utilizado na linha de vida	70
Figura 4.4 – Bandeja obra (2D).....	71
Figura 4.5 – Situações onde se faz necessária a aplicação de treinamentos.....	72
Figura 4.6 - Bandejas – forças atuantes	73
Figura 4.7 – Modelo de ensaio guarda corpo	76
Figura 4.8 – Ensaio de resistência guarda corpo	76
Figura 4.9 – Layout linha de vida.....	78
Figura 4.10 – Ferragem de ancoragem da bandeja de proteção	79
Figura 4.11 – Fixação dos guarda corpos	79
Figura 4.12 – Modelagem 3D inicial do empreendimento.....	79
Figura 4.13 – Modelagem 3D Intermediária do empreendimento	80
Figura 4.14 - Modelagem 3D estágio final do empreendimento.....	80

Figura 4.15 – Simulação 4D das etapas iniciais do empreendimento	82
Figura 4.16 – Utilização das linhas de vida pelos trabalhadores.....	83
Figura 4.17 – Guarda corpo das escadas	83
Figura 4.18 – Comparação entre a modelagem e o cenário da obra dos guarda corpos.....	84
Figura 4.19 - Simulação 4D das etapas finais do empreendimento	85
Figura 4.20 – Plataforma elevatória tipo tesoura.....	86
Figura 4.21 - Projeto original de bandejas primárias.....	86
Figura 4.22 - Cenário real das bandejas de proteção encontradas na obra.....	87
Figura 4.23 – Proposta de execução de guarda corpos metálicos	90
Figura 4.24 – Estrutura improvisada para içamento de materiais	91
Figura 4.25 – Isolamento da obra	94
Figura 6.1 – Elevações em 2D.....	98
Figura 6.2 – Cortes em 2D.....	98
Figura 6.3 – Projeto de bandeja de proteção primária em 2D	99
Figura 6.4 – Certificado recebido após treinamento.....	102
Figura 7.1 - Protocolo de pesquisa	103

Lista de Abreviaturas e Siglas

Neste item são apresentados alguns dos símbolos utilizados nesta tese. Aqueles que não estão aqui apresentados têm seu significado explicado assim que mencionados ao longo do texto desta pesquisa.

Símbolo	Significado
2D	Duas Dimensões
3D	Três Dimensões
4D	Quatro Dimensões
5D	Cinco Dimensões
6D	Seis Dimensões
7D	Sete Dimensões
8D	Oito Dimensões
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
APR	Análise Preliminar de Risco
BIM	Building Information Modeling
CAD	Computer Aided Design
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CAT	Comunicação de acidente de trabalho
CLT	Consolidação das leis trabalhistas
CM	Centímetros
CNAE	Classificação Nacional de Atividades Econômicas
DDS	Diálogo Diário de Segurança
DFS	Design For Safety
DSS	Diálogo Semanal de Segurança

EAD	Ensino a distância
EPC	Equipamento de proteção coletiva
EPI	Equipamento de proteção individual
EUA	Estados Unidos da América
GDL	Geometric Description Language
ISO	International Organization for Standardization
KGF	Quilograma-Força
KG	Quilograma
LOD	Level of Development
M²	Metro Quadrado
M	Metro
MM	Milímetro
MPa	Megapascal
MS PROJECT	Microsoft Project
N	Newton
NBR	Norma Brasileira
NR	Normas Regulamentadoras
PCMAT	Programa de Condições e meio Ambiente de Trabalho na Indústria de Construção
PGR	Programa de Gerenciamento de Risco
PIB	Produto Interno Bruto
PPRA	Programa de Prevenção de Riscos Ambientais
PVC	Polyvinyl Chloride
RSL	Revisão Sistemática da Literatura
RTP	Recomendações Técnicas de Procedimentos

SENAI	Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial
SESI	Serviço Social da Indústria
SINAPI	Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil
SLQA	Sistema Limitado de Queda em Altura
UFPA	Universidade Federal do Pará
UFSCAR	Universidade Federal de São Carlos
U. S	United States

1 INTRODUÇÃO

1.1 Cenário atual da construção civil

A construção civil é tida como uma das principais indústrias em países em desenvolvimento como o Brasil, atuando como uma grande fonte de empregos e renda; porém é caracterizada como uma das indústrias mais perigosas na qual se pode trabalhar, possuindo aproximadamente o dobro de acidentes de trabalho se comparada com outras indústrias, devido ao seu ambiente de trabalho altamente dinâmico e complexo, particularizada por condições ambientais precárias, o que contribui em altas estatísticas de lesões no trabalho, doenças e fatalidades (GANAH; JOHN, 2015; HUSSAIN *et al.*, 2017; JUNIOR; CAMBRAIA, 2013; KAMARDEEN, 2018; MARTÍNEZ-AIRES; LÓPEZ-ALONSO; MARTÍNEZ-ROJAS, 2018).

De acordo com Rocha e Barletta (2018), o setor da construção civil é um dos que mais contribui para a economia brasileira, com uma participação no ano de 2017 de 5,2% do total da mão de obra empregada. No entanto, segundo Brasil (2017a), a construção civil, é um dos setores que apresenta um grande número de acidentes de trabalho no país. Segundo Brasil (2016), no anuário estatístico de acidentes de trabalho, a construção civil brasileira foi responsável por 38,16% dos acidentes de trabalho ocorridos no país no ano de 2016.

Este cenário pode ser caracterizado devido a construção civil ser particularizada como uma indústria com serviços essencialmente artesanais, com pouco uso de tecnologias no seu processo produtivo e mão de obra intensiva, proporcionando elevados números de acidentes que levam o setor a arcar com prejuízos devido: a indenizações, a treinamento de novos trabalhadores e ao pagamento por dias não trabalhados ao trabalhador acidentado (FENG; LU, 2017a).

A construção civil possui características peculiares que dificultam a implantação de uma cultura prevencionista no setor como a natureza temporária dos projetos, muitas vezes a distancia física entre o escritório onde os projetos são criados até a obra onde ele será executado e a grande rotatividade de operários são fatores que influenciam para que poucos trabalhadores recebam a correta formação em segurança, além de que a execução da obra obedecendo as diretrizes de segurança nem sempre é prioridade para as empresas (SWUSTE; FRIJTERS; GULDENMUND, 2012).

Dentre importantes aspectos que estão relacionados à segurança do trabalho em obras de construção civil, o baixo nível de gerenciamento de riscos existentes e pré-existentes nas diversas etapas de uma obra é fator determinante para o alto número de acidentes. Segundo Albert (2017), os

trabalhadores de canteiros de obra, geralmente, não são capazes de identificar e gerenciar mais que 55% dos riscos em seu ambiente laboral.

O papel fundamental da gestão de segurança é reconhecer qualquer possível perigo antes que ocorram acidentes, identificando quaisquer possíveis fatores de risco que são críticos para o ambiente de trabalho, sendo a falta deste controle uma das principais causas de acidentes de trabalho em canteiros (KIM; AHN, 2011; LI *et al.*, 2018).

De acordo com a ISO 45001 (INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, 2018), pode-se entender o conceito de risco de acidentes de trabalho como sendo a possibilidade da ocorrência de situações onde acontecimentos perigosos associados ao ambiente de trabalho, assim como gravidade de lesões ocorridas e problemas de saúde nos trabalhadores relacionados justamente devido a evento(s) ou exposição(ões) a situações maléficas a saúde.

Na construção civil, os projetos executivos possuem como objetivo caracterizar as principais especificações da obra quanto ao desenvolvimento arquitetônico, sistemas (estrutural, hidráulico, elétrico, etc.) e custos, delegando, geralmente, para segundo plano as regras de segurança e os processos de segurança da obra. Tradicionalmente as vertentes mais exploradas para a execução de um empreendimento eram a gestão de custos, gestão da qualidade e a gestão de prazos. Porém mais recentemente com o aumento da competitividade e a mudança de valores para os clientes novas demandas foram adicionadas as tradicionais que são: gestão ambiental e gestão da segurança (CABRITO, 2005).

A prevenção de acidentes na fase de projetos tem se mostrado a fase ideal para influenciar os resultados e na prevenção de riscos, com os projetistas possuindo forte influência na segurança de uma obra, podendo antecipar-se aos riscos, gerando medidas que visem atenuar e até mesmo eliminá-los dentro do canteiro (ESTRADA, 2015a; KAMARDEEN, 2018; KEITH POTTS, 2008).

Em sua pesquisa Behm (2005) analisou 450 relatos de mortes de trabalhadores da construção civil e lesões incapacitantes nos EUA e relatou que em um terço dos casos, o risco que contribuiu para o incidente poderia ter sido eliminado se medidas adotadas em projetos de segurança fossem implementadas.

1.2 Justificativa e problema de pesquisa

A indústria da construção civil é um setor importante para qualquer economia, uma vez que possui ligações com diversas outras indústrias, gerando impactos no que tange a geração de empregos. A construção civil emprega 7% da força de trabalho mundial, mas ocupa cerca de 30% a 40% das lesões fatais no mundo, especialmente pelas características dos trabalhos, que expõem os operários a ambientes insalubres e perigosos, sendo a correta gestão da segurança um componente essencial para um projeto bem-sucedido (ALADAG; DEMIRDÖGEN; ISIK, 2016; SHEN *et al.*, 2015; SUNINDIJO; ZOU, 2012).

De acordo com Carter e Smith (2006), os trabalhadores da indústria da construção civil possuem um risco duas vezes maior de sofrer lesões consideradas graves e cinco vezes mais chances de serem mortos no trabalho se comparados a trabalhadores de outros setores produtivos.

Segundo dados da Previdência Social (2014), enquanto de 2008 a 2012 o número de acidentes do trabalho no Brasil caiu cerca de 6,7%, na construção civil esse número cresceu 19% ,ou seja, o setor foi na contramão da redução dos índices de acidentes e doenças ocupacionais. Fato que pode ser inferido pelo mercado aquecido o setor vivenciou neste período.

Na indústria da construção civil 90% dos acidentes de trabalho ocorrem em locais de trabalho com condições precárias de segurança, com riscos pouco ou nada combatidos, sendo que muitos desses riscos poderiam ser identificados e corrigidos ainda na fase de projeto através de ajustes, porém a falta de percepção de projetistas e engenheiros acaba por gerar um canteiro de obras inseguro (AI *et al.*, 2005; HOSSAIN *et al.*, 2018).

Em seu estudo Sulankivi e Kiviniemi (2009), afirmam que um dos fatores primordiais para a ocorrência de acidentes de trabalho nos canteiros de obra é a falta de treinamento e educação fornecidos pelas empresas aos trabalhadores em questões relacionadas a segurança.

Elaborar as atividades de segurança do trabalho é uma das atividades críticas do planejamento de uma obra, o qual deve ser visto como uma parte ou dimensão dele, onde deve ser incluído além de análise de riscos, o correto treinamento e conscientização da mão de obra operária. O planejamento deve ser idealizado e formalizado com o intuito de maximizar esforços de todos os envolvidos no ambiente de trabalho, além de buscar alcançar a máxima produtividade sem que ocorra o sacrifício da segurança. Uma vez mal executado o planejamento da segurança, pode influenciar diretamente o prazo da obra com atrasos e aumento de custos finais (KIM; CHO, 2015a; KIM; CHO; KWAK, 2016; KIVINIEMI *et al.*, 2011; ZHANG *et al.*, 2015c).

1.3 Definição do problema da pesquisa

Nesta etapa buscou-se definir a problemática na qual se deseja elaborar sugestões que levem a eliminação do problema ou medidas atenuantes que diminuam a sua intensidade. Neste contexto buscou-se a elaboração de perguntas problemas que durante a revisão sistemática da literatura e execução da pesquisa deverão ser respondidas de modo a satisfazer os objetivos. Deste modo foram elaboradas as seguintes perguntas-problema para este trabalho:

- a) É possível no contexto da obra analisada, o BIM facilitar a gestão da segurança do trabalho?
- b) O uso do BIM se mostra eficiente como ferramenta de apoio na prevenção de quedas em altura na obra analisada?
- c) O uso de vídeos baseados em simulações 3D facilita visualização de riscos?

Utilizando-se destas perguntas a Revisão Sistemática da Literatura (RSL) buscou ferramentas e meios dentro da bibliografia encontrada com o objetivo de responde-lás de forma satisfatória, contribuindo assim como guia para o prosseguimento correto desta pesquisa.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo Geral

Realizar uma modelagem em BIM como ferramenta para auxiliar no reconhecimento qualitativo de riscos, em auxílio aos projetos de segurança. Deste modo foram abordados os principais riscos relacionados a altura existentes no canteiro de obra analisado e modelados os principais Equipamento de Proteção Coletiva (EPC) utilizados na obra com o intuito de prevenir quedas em altura que são linha de vida, guarda corpo e bandeja de proteção primária.

1.4.2 Objetivos específicos

- a) Análisar e avaliar as incompatibilidades do cenário atual da obra com as medidas que são definidas e recomendadas pelas Normas Regulamentadoras (NR) da Secretaria Do Trabalho;
- b) Definir os pontos críticos de riscos de acidentes em altura e especificar medidas atenuantes.

1.5 Pressupostos

Para a realização desta pesquisa adotou-se como pressuposto que o BIM pode ser um grande aliado da segurança do trabalho, uma vez que o uso da modelagem fornece aos gestores da obra a possibilidade de tomadas de decisões com maior embasamento técnico, devido visualização dos riscos de forma mais clara e simples.

O uso do BIM pode oferecer uma maior facilidade na identificação de riscos se comparado a planejamentos de segurança baseados em 2D, uma vez que é possível visualizar a simulação do andamento da obra e identificar os riscos antes de sua existência.

1.6 Estrutura da dissertação

A presente dissertação apresenta-se didaticamente dividida em cinco capítulos. O capítulo um apresenta a introdução ao tema, onde são expostas as justificativas para a pesquisa, a importância do tema, além dos seus objetivos gerais e específicos que nortearam o decorrer do trabalho.

No capítulo dois são apresentados conceitos e cenários referentes a segurança do trabalho e BIM no Brasil e no mundo através de bibliografia nacional e internacional encontrada a partir de uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) realizada pelo autor.

No terceiro capítulo é apresentado o método utilizado na pesquisa, onde são descritas as etapas realizadas durante a revisão sistemática da literatura e o delineamento da realização da pesquisa de forma geral.

No quarto capítulo são apresentados os resultados encontrados na pesquisa referente a modelagem e comparação com o cenário real da obra. Neste capítulo é feita a confrontação dos dois cenários e realizada a verificação de incompatibilidades com as exigências da Normas Regulamentadoras (NR) utilizadas.

O quinto capítulo da dissertação contempla a conclusão do trabalho onde os pontos mais importantes da pesquisa são discutidos de forma crítica e são apontadas possibilidades de melhorias para a obra e indicações para futuras pesquisas relacionadas ao tema.

2 SEGURANÇA DO TRABALHO NA CONSTRUÇÃO CIVIL E O USO DO BIM

Neste capítulo serão abordados conceitos encontrados na literatura, através de uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) a qual abrangeu artigos publicados em periódicos nacionais e internacionais, além de dissertações, teses e documentos oficiais incorporados através da técnica de “bola de neve”. Foram analisados trabalhos que tratam dos temas de segurança do trabalho na construção civil e uso do Building Information Modeling (BIM).

2.1 Segurança do trabalho

O progresso econômico e social de uma nação possui uma relação próxima com a indústria da construção civil. Em países em desenvolvimento como o Brasil, a indústria da construção civil possui um papel fundamental na economia. De acordo com Figuerêdo (2017), o setor da construção civil corresponde por 6,2% do total do Produto Interno Bruto (PIB) do Brasil.

De acordo Soemardi (2017), a segurança do trabalho possui como objetivo primordial garantir a segurança do ambiente laboral, permitindo que a existência de riscos no processo da construção sejam eliminados ou que o processo ocorra com riscos mínimos.

Embora a construção civil seja um dos mais importantes setores industriais para o Brasil, é também um dos que mais trazem prejuízos com indenizações e gastos provenientes de acidentes de trabalho, o que traz para o setor além de prejuízos econômicos e repercussões no setor social (SANTANA *et al.*, 2006; SOARES, 2008).

De acordo com Brasil (2017b), em 2017 a Previdência social concedeu um total de 210.593 benefícios acidentários em todo território nacional, estando englobados nestes benefícios aposentadoria por invalidez, pensão por morte, auxílio doença, auxílio acidente e auxílio suplementar.

Segundo Santana *et al.* (2006), em países desenvolvidos onde os avanços na prevenção de acidentes são bastante expressivos estima-se que 4% do Produto interno bruto (PIB) sejam perdidos por doenças e agravos ocupacionais. Já em países em desenvolvimento, como o Brasil, este percentual pode chegar a 10% do PIB.

De acordo Brasil (1991), o Artigo 19 da Lei Nº 8213/91, acidente de trabalho é por definição todo incidente que ocorre pelo exercício do trabalho a serviço da empresa provocando lesão corporal ou perturbação funcional que cause a morte, a perda ou redução, permanente ou temporária, da capacidade para o trabalho.

Segundo Kiviniemi *et al.* (2011), cerca de 40% dos acidentes fatais ocorridos na construção civil acontecem em decorrência de quedas em altura e que os acidentes não fatais ocasionam em média quatro dias de afastamento do posto de trabalho.

Os acidentes de trabalho são classificados de acordo com o seu tipo de ocorrência, sendo classificados em três tipos, que são:

a) Acidentes típicos: São caracterizados como acidentes que ao ocorrer provocam lesões imediatas ao trabalhador, onde a capacidade para o trabalho se reduz logo após o ocorrido. Por exemplo: Cortes, fraturas, queimaduras, etc;

b) Doenças profissionais: São doenças características de determinado ramo de atividade, onde o trabalhador ao se expor de forma gradativa a agentes agressivos no ambiente de trabalho pode vir a contrair determinada enfermidade. Exemplo: Silicose;

c) Acidente de trajeto: São caracterizados como sendo aqueles sofridos pelo empregado fora do local e ambiente de trabalho. Exemplo: Acidentes ocorridos entre a residência e o trabalho.

A construção civil, devido as suas características é tida como uma indústria com ambiente de trabalho insalubre e com sua maioria de atividades artesanais e com mão de obra pouco qualificada, o que agrava a exposição dos trabalhadores a riscos no ambiente de trabalho.

Com o desenvolvimento acelerado da sociedade, principalmente em países em desenvolvimento como o Brasil, os riscos crescem em igual proporção devido a maior complexidade estrutural e tamanho dos projetos, além de métodos construtivos novos e complexos (JUNIOR; CAMBRAIA, 2013).

Segundo Chien (2014), a análise e avaliação de riscos são definidas como um processo que compreende a incerteza de maneira quantitativa, fazendo uso da teoria da probabilidade para avaliar o potencial impacto do risco. O processo de gerenciamento de riscos inicia-se com a identificação dos riscos relevantes e potenciais associados ao projeto de construção, após finalizada a identificação dos riscos se estabelece o processo de análise e avaliação de riscos, que se caracteriza como o processo intermediário entre a identificação e o gerenciamento de riscos. A avaliação deve se concentrar em riscos com altas probabilidades de ocorrência, altas consequências financeiras ou a combinação dos mesmos. Após a análise dos riscos devem ser adotados métodos atenuantes ou eliminatórios, com uma

constante gerencia destes riscos de modo a sempre se antecipar a situações perigosas e assim evitar acidentes no ambiente de trabalho.

A maioria desses riscos são previsíveis e devem ser identificados na fase de projeto e planejamento da obra, já os riscos residuais que são inevitáveis devem ser gerenciados durante a fase de construção e fases subsequentes, de modo a não se desenvolverem ao ponto de gerar acidentes no ambiente de trabalho (HONGLING *et al.*, 2016; ZOU; KIVINIEMI; JONES, 2017).

De acordo com a ISO 45001 (ISO - INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, 2018), o risco para saúde e segurança do trabalho é caracterizado como a combinação entre a probabilidade da ocorrência de um evento ou exposição a situações perigosas relacionadas aos trabalhos e da gravidade das lesões e problemas de saúde que podem ser ocasionados pelo evento ou exposição.

A secretaria do trabalho, na sua portaria 3.214 (BRASIL, 1978a), classifica os riscos ao quais os trabalhadores se expõem em seu ambiente laboral em 5 categorias, sendo estas:

a) Risco físico: São caracterizados como aqueles riscos que possuem capacidade de modificar as características físicas do meio ambiente, uma vez ocorrido causará agressões em quem dele estiver próximo. O risco físico possui três características particulares: (1) exige um meio de transmissão, (2) age em pessoas mesmo que elas não estejam em contato direto com a fonte de risco, (3) Em geral ocasionam lesões crônicas mediatas. São exemplos de risco físico: Ruidos, calor, vibração, etc;

b) Riscos químicos: São caracterizados como riscos provocados por agentes que modificam a composição química do meio ambiente. Assim como nos riscos físicos, os riscos químicos podem gerar danos a saúde do trabalhador mesmo que ele não esteja em contato direto com a fonte. São exemplos de riscos químicos: Uso de tintas a base de chumbos, o manuseio de ácidos, etc;

c) Riscos biológicos: São caracterizados como riscos encontrados situações de manuseio de seres vivos como parte do processo produtivo. Esse risco é mais presente em alguns setores, como indústria farmacêutica e hospitais, porém não está excluída na construção civil, uma vez que entre os riscos biológicos encontram-se a presença de animais transmissores de doenças (ratos e insetos) e/ou animais peçonhentos (cobras e escorpiões), agentes estes possíveis de serem encontrados em canteiros de obra;

d) Riscos ergonômicos: São caracterizados como riscos onde apenas o usuário, que lida diretamente com a fonte geradora de risco é quem sofre os danos por ela causados. Em geral os riscos ergonômicos promovem lesões crônicas aos trabalhadores. Um exemplo de risco ergonômico é a execução do trabalho em condições posturais incorretas.

e) Riscos de acidentes: São caracterizados como riscos provocados por conjuntos físicos inadequados, onde o ambiente de trabalho por algum motivo encontra-se incompatível com a segurança do trabalhador, havendo nele situações de riscos que poderão contribuir para ocorrência de acidentes.

São exemplos de riscos de acidentes: o uso de maquinário sem a devida proteção, o uso de ferramentas inadequadas para determinados serviços, a iluminação precária, etc.

No contexto de todos os riscos aos quais os trabalhadores estão expostos o governo brasileiro criou um acervo de leis, normas regulamentadoras e decretos nos quais medidas mitigadoras para os riscos laborais fossem implantadas e houvesse uma padronização de medidas protetivas.

2.2 Legislação Brasileira

O ambiente de trabalho no Brasil por muito tempo contou com condições de trabalho quase sempre degradantes, rotinas de trabalho extremamente exaustivas e muitos acidentes. O cuidado com questões de saúde e segurança dos trabalhadores surgiu apenas no ano de 1919 por meio do decreto Nº 3.724 de 15/01/1919, que regula as obrigações resultantes dos acidentes no trabalho, porém atividades de fiscalização relativas ao ambiente de trabalho só ocorreram a partir de Novembro de 1930, com a criação do Ministério do Trabalho, pelo presidente Getúlio Vargas (MATTOS; MÁSCULO, 2011).

Em 1º de Maio de 1943 foi sancionado pelo, também, presidente, Getulio Vargas o decreto – lei Nº 5.452 (BRASIL, 1943), que criou a Consolidação das Leis Trabalhistas (CLT) que até os dias de hoje vem sendo adotada como o modelo utilizado para legislar as relações trabalhistas tanto do trabalho urbano quanto do trabalho rural no Brasil.

O Ministério do Trabalho a partir da portaria Nº 3.214 de 8 de junho de 1978 (BRASIL, 1978a) estabeleceu a criação das Normas Regulamentadoras (NR), onde cada uma trata de temas próprios e específicos de diversas áreas de atuação.

As NR podem possuir alcance geral que são aquelas que regulamentam aspectos derivados da relação jurídica prevista em lei, sem estarem condicionadas a outros requisitos, como atividades, instalações, equipamentos ou setores e atividades econômicos específicos e também podem possuir alcance específico que são as normas que regulamentam a execução do trabalho em setores ou atividades econômicos específicos.

A NR 18 (BRASIL, 1978b), principal norma estudada nesta pesquisa, trata especificamente do setor da construção civil, ela surgiu em 1978 e sofreu algumas atualizações até os dias atuais, com o intuito de adequá-la as novas necessidades e atualizar procedimentos, hoje a NR 18 (BRASIL, 2020a) encontra-se com a sua última atualização ocorrida em fevereiro de 2020.

Em sua última atualização a NR 18 trouxe modificações que buscam melhorar a segurança nos canteiros de obra, atualizando procedimentos as novas necessidades da construção civil, entre as mudanças as mais significativas são:

- a) Exclusão do Programa de Condições e meio Ambiente de Trabalho na Indústria de Construção (PCMAT) e do Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA) e a

criação do Programa de Gerenciamento de Riscos (PGR), porém as obras em andamento que já possuem o PCMAT implantado antes da entrada em vigor da nova NR 18 não terão a necessidade de implantação imediata do PGR;

- b) Criação de um anexo específico o qual permite que a capacitação de funcionários do canteiro de obras possa ser realizada pelo método de Ensino a distância (EAD);
- c) Criação dentro do anexo I, do quadro 01, o qual especifica quesitos de carga horária e periodicidade de treinamentos e capacitações, onde a carga horária varia de 4 a 120 horas e exige prática.

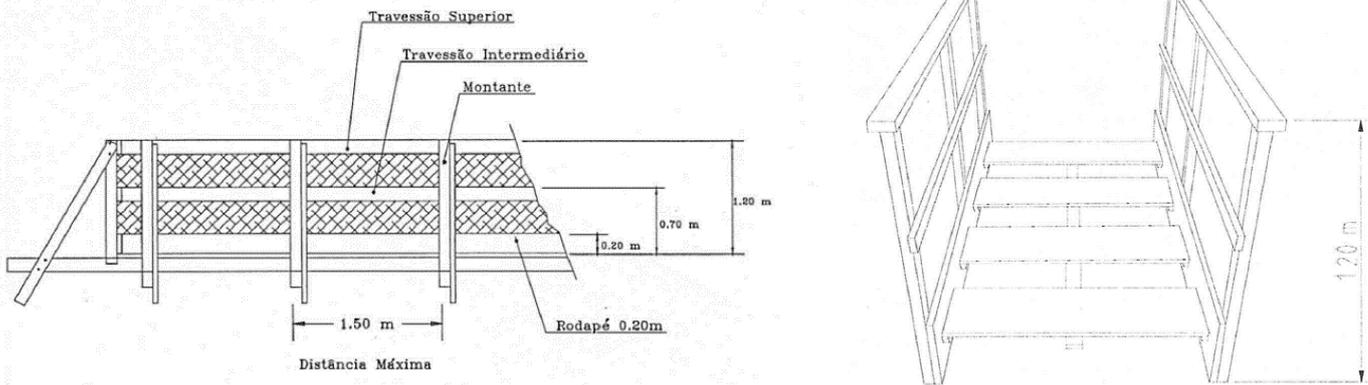
A NR 18, em seu item 18.9 trata de medidas de proteção contra queda em altura, que é o objeto de estudo desta pesquisa, mais especificamente os Equipamentos de Proteção Coletiva (EPC) guarda corpo e bandejas de proteção. No item 18.9.4.2 são fornecidas orientações de como se executar medidas de proteção e as especificações dos guarda corpos e no item 18.9.4.3 são especificadas medidas de proteção e as especificações das bandejas de proteção. As especificações de guarda corpo e bandejas de proteção são as seguintes:

- a) Guarda Corpo

De acordo com FUNDACENTRO (2003), o guarda corpo é caracterizado como um sistema designado para proteção contra quedas de pessoas, materiais, que deve-se constituir de material rígido e resistente apropriadamente fixados e instalados nos pontos de plataformas, áreas de trabalho e circulação de pessoas onde possa existir o risco de queda.

Em seu escopo a Recomendação Técnica de Procedimentos (RTP) 01 da Fundacentro (2003), determina que um guarda-corpo deva possuir três travessões de madeira horizontais, sendo que o travessão inferior deve possuir uma altura de 0,20 m, o travessão intermediário uma altura de 0,70 m e o travessão superior com uma altura de 1,20 m, além disso deve possuir um travessão vertical, denominado de montante, que deve possuir um espaçamento máximo de 1,5 m entre cada um, como mostra a **Erro! Fonte de referência não encontrada.**

Figura 2.1 – Dimensões guarda corpo (laje e escada)



Fonte: FUNDACENTRO (2003)

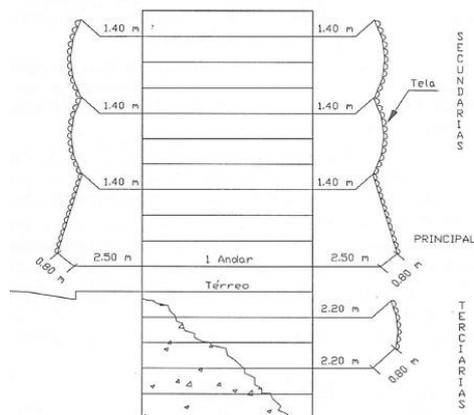
Como requisito complementar a NR 18 especifica-se o uso de telas para o fechamento entre os vãos dos travessões dos guarda corpos, com o intuito de evitar a queda de materiais entre os vãos. Estas telas devem possuir resistência de 150 Kgf/metro linear com malha de abertura compreendida entre 20 e 40mm ou material de resistência e durabilidade equivalente.

b) Bandejas de proteção

De acordo com a NR-18 (BRASIL, 2020a), as bandejas de proteção são caracterizadas como plataformas rígidas e dimensionadas com o intuito de resistir aos prováveis impactos aos quais estarão sujeitas.

Edificações que possuam a partir de 04 pavimentos ou altura equivalente são obrigadas a realizar a instalação de bandejas primárias de proteção em todo o perímetro da edificação e de três em três lajes devem ser instaladas bandejas de proteção secundárias, como mostra a **Erro! Fonte de referência não encontrada..** Sendo que a bandeja de proteção primária deve ser instalada logo após a execução da laje a qual ela será fixada.

Figura 2.2 – Bandejas de proteção



Fonte: FUNDACENTRO (2003)

A NR 18 estabelece que as bandejas de proteção primária devem possuir no mínimo 2,50m de projeção horizontal em relação a face externa da construção e um comprimento de 0,8 m de extensão a 45° da sua extremidade. No caso de edificações em que possuam a necessidade de bandejas secundárias elas devem possuir no mínimo 1,40m de projeção horizontal em relação a face externa da edificação e 0,80m de extensão a 45°.

Quanto a retirada das bandejas de proteção primárias apenas pode ser realizada quando o revestimento externo da edificação que esteja localizado acima dela estiver concluído e enquanto as bandejas de proteção secundárias apenas podem ser retiradas quando a vedação da periferia até a plataforma imediatamente superior estiver concluída.

Além das plataformas primárias e secundárias já mencionadas, há um terceiro tipo que compreende projetos de edifícios que possuam subsolo, que apresenta a necessidade de instalação de bandejas de proteção terciárias que devem ser instaladas de duas em duas lajes, contadas em direção ao subsolo e a partir da laje referente a instalação da bandeja primária de proteção. Essas plataformas devem possuir no mínimo 2,20 metros de projeção horizontal da face externa da construção e um complemento de 0,8 metros de extensão, com uma inclinação de 45° a partir da sua extremidade.

A NR 18 (BRASIL, 2020a), em seu item 18.9.4.4 oferece a possibilidade de utilização de redes de segurança, denominado de Sistema Limitador de Queda em Altura (SLQA), que é uma possibilidade ao uso em substituição das bandejas secundárias de proteção.

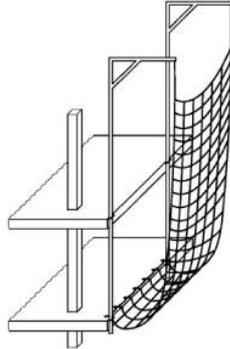
O sistema SQLA é composto por um sistema de redes de segurança as quais podem ser suportadas por estruturas próprias ou diretamente ligadas a estrutura da edificação. Este sistema deve ser construído e instalado no canteiro de obras obedecendo os requisitos e ensaios previstos nas norma espanhola EN 1263-1 (1997) que trata sobre requisitos de segurança e métodos de ensaio e na norma

EN 1263-2 (2004) que trata sobre requisitos de segurança para instalação das redes de segurança ou baseados em normas técnicas de origem nacional que estejam vigentes.

O SQLA pode ser executado de três modos diferentes, com o objetivo de oferecer proteção a diversas situações, entre elas:

- a) Sistema V: É composto por uma rede de segurança com corda fixada a um suporte metálico tipo forca, como mostra a **Erro! Fonte de referência não encontrada.**

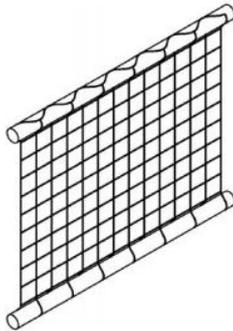
Figura 2.3 - SQLA sistema tipo “V”



Fonte: EN – 1263-1 (1997)

- b) Sistema U: É composto por uma rede de segurança fixada a uma estrutura de suporte ou a edificação para utilização na vertical, como mostra a **Erro! Fonte de referência não encontrada.**

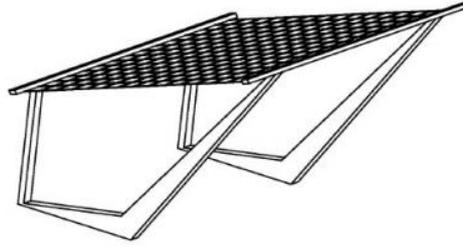
Figura 2.4 - SQLA sistema tipo “U”



Fonte: EN – 1263-1 (1997)

- c) Sistema T: É caracterizado por uma rede sustentada por uma estrutura com o intuito de garantir proteção na horizontal, como mostra a **Erro! Fonte de referência não encontrada.**

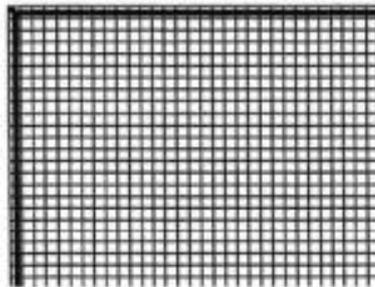
Figura 2.5 - SQLA sistema tipo “T”



Fonte: EN – 1263-1 (1997)

- d) Sistema S: É caracterizado por uma rede de segurança com uma corda perimetral, que é utilizada na horizontal contra quedas em vazio, como mostra a **Erro! Fonte de referência não encontrada.**

Figura 2.6 - SQLA sistema tipo “S”



Fonte: EN – 1263-1 (1997)

Além das NR que regulamentam e são de observância obrigatória para empresas público e privadas, existem as Normas Brasileiras (NBR) que normatizam procedimentos a serem utilizados em determinadas situações encontradas no ambiente de trabalho. As NBR's possuem caráter complementar as NR's, devendo ser cumpridas, uma vez que contribuem com o detalhamento de procedimentos específicos, de modo, a contribuir com o correto cumprimento das NR's.

2.3 Cenário da segurança do trabalho no Brasil

Através de dados disponibilizados por Brasil (2017a) no anuário estatístico de acidentes do trabalho, é feita uma comparação com o número de acidentes no Brasil de uma forma geral, englobando todos os setores produtivos e outro especificamente para a construção civil, para isto buscou-se as atividades classificadas pela Secretaria do Trabalho que estão diretamente relacionadas a construção civil, de acordo com os suas respectivas Classificações Nacionais de Atividades Econômicas -CNAE (BRASIL, 2018).

Na Tabela 2.1 é mostrado o número de acidentes ocorridos no Brasil com Comunicado de Acidente de Trabalho (CAT) registrada, onde são englobados todos os setores produtivos nos anos de 2015, 2016 e 2017, que estão divididos em acidentes típicos, acidentes de trajeto e doenças do trabalho.

Tabela 2.1– Quantidade de acidentes do trabalho no Brasil por ano (com CAT registrada)

Ano	Total	Típico	Trajeto	Doença do trabalho
2015	507.753	385.646	106.721	15.388
2016	478.039	355.560	108.552	13.927
2017	450.614	340.229	100.685	9.700

Fonte: (BRASIL, 2017a) - Adaptado

Na Tabela 2.2 é apresentado o número de acidentes de trabalho ocorridos no setor da construção civil, com Comunicação de Acidentes do Trabalho (CAT) registrada, também, nos anos de 2015, 2016 e 2017.

Tabela 2.2- Acidentes do trabalho por atividades relacionadas a construção civil

ATIVIDADE	ANO			TOTAL
	2015	2016	2017	
Construção de edifícios	12397	9607	7428	29432
Construção de rodovias e ferrovias	3495	2832	2585	8912
Construção de obras de artes especiais	1346	830	504	2680
Construção de rede de abastecimento de água e coleta de esgoto	556	682	576	1814
Fabricação de artefatos de concreto e cimento	2144	1903	1651	5698
Incorporação de empreendimentos imobiliários	4227	3758	2779	10764
Obras de acabamento	1216	1020	795	3031
Obras de engenharia civil não especificadas anteriormente	1798	1279	948	4025
Obras de fundações	518	344	284	1146
Obras de instalações em construções não especificadas anteriormente	798	701	562	2061
Obras de terraplanagem	976	857	554	2387
Obras de urbanização - Ruas, praças e calçadas	587	658	533	1778
Obras de geração e distribuição de energia elétrica e telecomunicações	4321	3570	3343	11234
Serviços de arquitetura	53	47	45	145
Serviços especializados para construções não especificados anteriormente	1882	1565	1350	4797
Total acumulado	36314	29653	23937	89904

Fonte: (BRASIL, 2017a) - Adaptado

Os dados demonstram um número decrescente de acidentes ocorridos na construção civil entre os anos de 2015 e 2017, porém, esses dados não estão relacionados apenas com a melhora na qualidade do ambiente de trabalho nos canteiros, mas pode se inferir que devem em grande parte pelo declínio do setor neste período, onde houve uma diminuição substancial do número de obras em atividade por todo o Brasil.

Observando o cenário apresentado na Tabela 2.2, percebe-se o alto número de acidentes ocorridos na construção civil entre os anos de 2015 e 2017 em todo o território nacional, com a atividade “construção de edifícios” correspondendo sozinha com o percentual de 32,73% do número de acidentes do setor.

2.4 Cenário da segurança do trabalho no Estado do Pará

Com base no cenário nacional encontrado na literatura sobre a segurança do trabalho na construção civil, o autor realizou uma coleta de dados *in loco* na Secretaria de Trabalho do Estado do Pará, antigo Ministério do Trabalho, onde foram fornecidos os dados de acidentes de trabalho especificamente do estado do Pará, em formato *Excel*, com dados referentes aos anos de 2016 e 2017.

Nesta etapa foram coletados primeiramente os dados de acidentes de trabalho dos anos de 2016 e 2017, de todos os setores produtivos e foi realizado um tratamento de dados com o objetivo de filtrar apenas os acidentes de trabalho ocorridos na indústria da construção civil, onde se pode avaliar os números de acidentes de trabalho com um número maior de variáveis e informações se comparado com os dados do anuário da previdência social.

Para realizar esta classificação foi adotada como base a Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE), onde foram escolhidos os setores os quais se adequam ao perfil de atividade dentro da construção civil.

Dentro destes critérios os dados foram tratados através do software *Excel*, agrupados de acordo com as seguintes variáveis:

- a) Classificação de acidentes por atividade de atuação da empresa;
- b) Classificação de acidentes por ano;
- c) Classificação de acidentes por idade do trabalhador;
- d) Classificação de acidentes por profissão;
- e) Classificação de acidentes de acordo com a natureza da lesão;

f) Classificação de acidentes de acordo com o município.

A partir desses dados pode-se ter uma visão mais clara e abrangente dos acidentes que mais ocorrem na construção civil e compará-los com o cenário nacional. A coleta destes dados teve como intuito contextualizar a pesquisa e justificar a necessidade do estudo para o contexto da região.

Na Tabela 2.3, apresenta-se os números de acidentes totais ocorridos no estado entre todos os setores produtivos e o número de acidentes de trabalho ocorrido apenas no setor da construção civil ocorridos no estado do Pará nos anos de 2016 e 2017.

Tabela 2.3- Acidentes de trabalho no estado do Pará

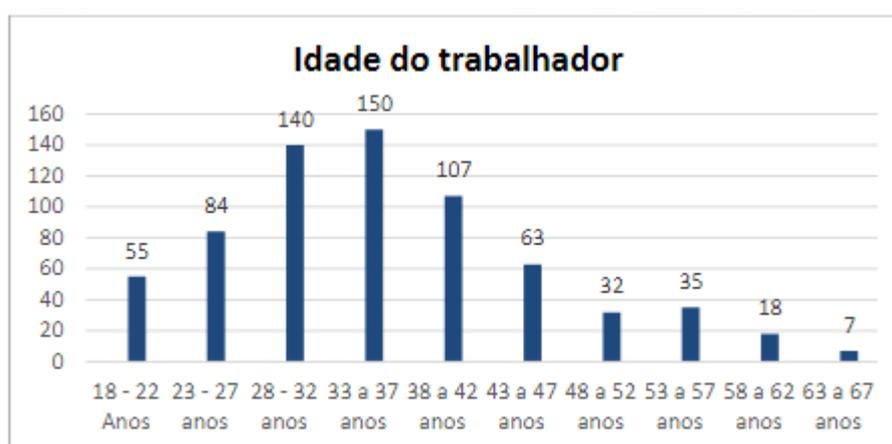
Ano Base	Quantidade total de acidentes no estado	Quantidade de acidentes na construção civil
2016	7310	785
2017	7309	691

Fonte: O autor

De acordo com os dados da Tabela 2.3, o número de acidentes do trabalho na construção civil apresenta um elevado número de acidentes no estado do Pará, correspondendo sozinho por cerca de 10% do total de acidentes ocorridos no estado. Os números de acidentes na construção civil nos anos de 2016 e 2017 representam respectivamente 10,73% e 9,45%.

Em relação a idade dos trabalhadores acidentados na construção civil, como se mostra na Figura 2.7, observa-se que a faixa etária de 33 a 37 anos possui a maior quantidade de registros de acidentes, correspondendo a 22% do total. A faixa etária de 28 a 32 anos se posicionou com 20% dos casos. A faixa etária que vai de 38 a 42 anos foi equivalente a 15% do total de acidentados.

Figura 2.7 – Idade dos trabalhadores acidentados na construção civil no estado do Pará



Fonte: O autor

Na classificação de acidentes por cargo, presente na Tabela 2.4, no ano de 2016 notou-se que o cargo com maior quantidade de acidentes foi o de servente de obras, correspondendo a 40% dos trabalhadores acidentados. Outro cargo que se destacou quanto ao número de acidentes no ano de 2016 foi o cargo de eletricista de manutenção que correspondeu a 15% de todos os acidentes de trabalho relacionados a construção civil e o cargo de pedreiro ocupa a terceira posição entre as profissões com maior número de acidentes no estado do Pará, representando 9% do total de acidentados em 2016.

Tabela 2.4– Cargos com maior número de acidentes na construção civil no ano de 2016

Cargos com maior número de incidência de acidentes - 2016		
1	Servente de obras	202
2	Eletricista de manutenção eletroeletrônica	78
3	Pedreiro	56
4	Carpinteiro	55
5	Carpinteiro de obras	20
6	Operador de motosserra	17
7	Armador de estrutura de concreto armado	15
8	Eletricista de instalações	14
9	Montador de estruturas metálicas	12
10	Armador de estruturas de concreto	11
11	Motorista de caminhão	11
12	Vibradorista	11

Fonte: O autor

Ainda na classificação de acidentes por cargos, apreendido na Tabela 2.5, no ano de 2017 notou-se que o cargo com maior quantidade de acidentes novamente foi o de servente de obras, correspondendo a 39%, essa taxa de casos pode ser justificada pela alta vulnerabilidade desse cargo e diversidade de atividades exercidas por este tipo de profissional no canteiro de obras. O cargo de eletricista de manutenção obteve o percentual de 17% de todos os acidentes de trabalho ocorridos no estado do Pará no ano de 2017. O cargo de pedreiro manteve-se na terceira posição com o percentual de acidentes em 11% no ano de 2017.

Tabela 2.5– Cargos com maior número de acidentes na construção civil no ano de 2017

Cargos com maior número de incidência de acidentes - 2017		
1	Servente de obras	159
2	Eletricista de manutenção eletroeletrônica	69
3	Pedreiro	45
4	Motorista de caminhão	23
5	Montador de equipamentos elétricos (centrais elétricas)	21
6	Eletricista de instalações	20
7	Montador de estruturas metálicas	16

8	Carpinteiro	14
9	Carpinteiro de obras	12
10	Ajudante de motorista	10
11	Operador de motosserra	10
12	Soldador	10

Fonte: O autor

Avaliando os acidentes de acordo com o CNAE das empresas, como é mostrado na Tabela 2.6, observa-se que a maior quantidade de acidentes está ligada ao CNAE de construção de edifícios, correspondendo a 40% dos registros em 2016 e 32% dos de 2017. O CNAE de obras para geração e distribuição de energia e telecomunicações é o segundo com maior quantidade de registros, que corresponderam a 28% das CAT em 2016 e 30% em 2017.

Tabela 2.6– Análise de acidentes por atividade de acordo com o CNAE

CNAE da atividade da empresa	2016	2017
Construção de edifícios	312	222
Construção de rodovias e ferrovias	43	70
Construção de obras de artes especiais	13	9
Construção de rede de abastecimento de água e coleta de esgoto	1	6
Fabricação de artefatos de concreto e cimento	32	24
Incorporação de empreendimentos imobiliários	54	33
Obras de acabamento	6	6
Obras de engenharia civil não especificadas anteriormente	6	24
Obras de fundações	8	12
Obras de instalações em construções não especificadas anteriormente	18	15
Obras de terraplanagem	55	26
Obras de urbanização - Ruas, praças e calçadas	6	1
Obras de geração e distribuição de energia elétrica e telecomunicações	216	205
Serviços de arquitetura	1	6
Serviços especializados para construções não especificados anteriormente	14	32

Fonte: O autor

Fazendo uma análise com relação a classificação dos acidentes natureza das lesões, como mostrado na Tabela 2.7, notou-se que as principais foram do tipo “Corte, laceração, ferida contusa e punctura”, que representaram 23% das lesões em 2016 e 26% em 2017. As lesões do tipo “Fratura”, representam outra grande parcela de lesões, constituindo 17% do total de acidentes em 2016 e 19% em 2017. A categoria de “Contusão e esmagamento” também é destacada, por estar presente em 18% dos registros em 2016 e 13% em 2017, no entanto, nota-se uma queda substancial de acidentes com lesões desse tipo entre 2016 e 2017.

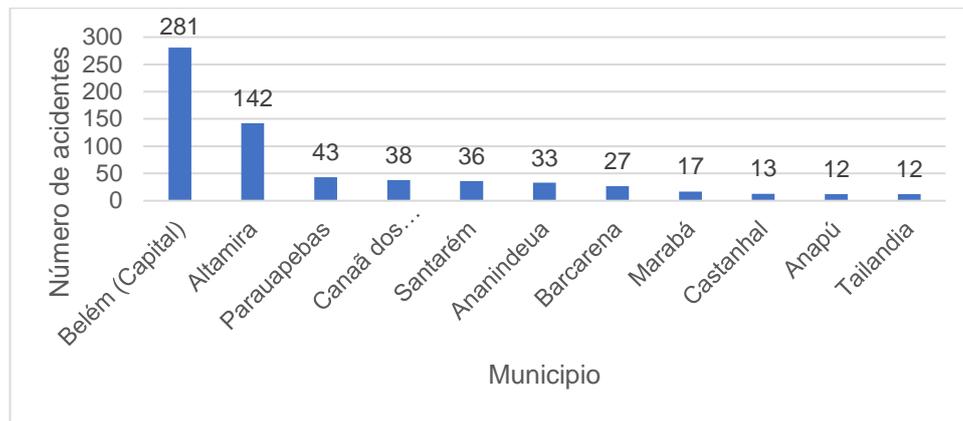
Tabela 2.7– Incidência da natureza de lesão sofrida pelo operário

Descrição da natureza da lesão	2016	2017
Amputação ou enucleação	9	7
Asfixia, estrangulamento e afogamento	0	1
Choque elétrico	7	9
Contusão cerebral	4	4
Contusão e esmagamento	144	89
Corte, laceração, ferida contusa e punctura	182	179
Dermatose (erupção e inflamação da pele)	3	8
Distensão, torção	55	42
Doença	6	3
Envenenamento sistêmico	1	0
Escoriação, abrasão (ferimento superficial)	78	77
Fratura	135	133
Hérnia de qualquer natureza	1	1
Inflamação de qualquer articulação, tendão ou músculo	7	7
Lesão imediata	69	56
Lesões Múltiplas	17	11
Luxação	44	41
Perda ou diminuição de sentido (visão, audição ou olfato)	11	4
Queimadura ou escaldadura - Efeito de temperatura	11	18
Queimadura química	1	1

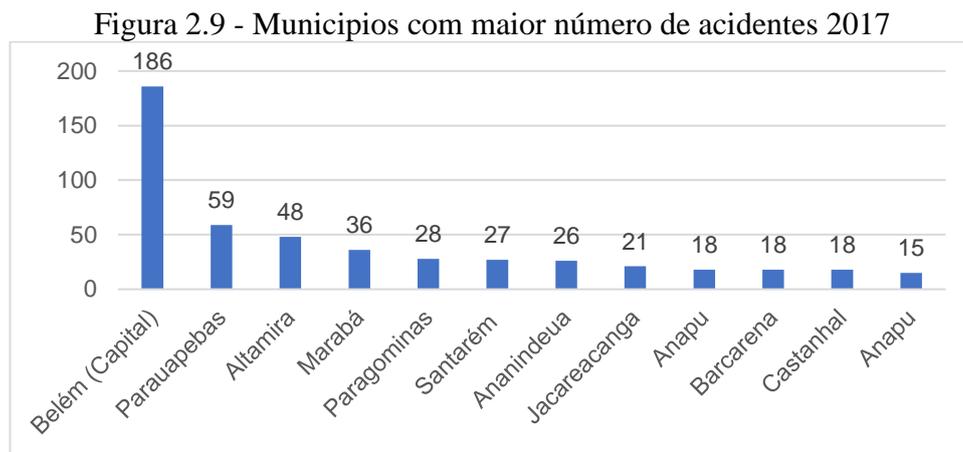
Fonte: O autor

Por fim, foram avaliados os acidentes de trabalho na construção civil analisando os municípios de origem. Como se observa na **Erro! Fonte de referência não encontrada.** e na **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, nos dois anos avaliados constatou-se que a cidade de Belém, capital do estado, possuiu a maior quantidade de ocorrências, correspondendo a 36% do total de acidentes na indústria da construção em 2016 e 26% do total de acidentes na indústria da construção em 2017. A maior parte dos acidentes registrados em Belém estavam ligados ao CNAE de Construção de Edifícios, correspondendo a 56% no ano de 2016 e 47% no ano de 2017.

Figura 2.8 - Municípios com maior número de acidentes 2016



Fonte: O autor



Fonte: O autor

2.5 Design for safety

A indústria da construção civil apresenta regularmente altos números de acidentes do trabalho, que são derivados do fraco desempenho em Segurança e Saúde Ocupacional (SST). Entre os fatores para o fraco desempenho pode-se indicar a baixa preocupação por parte das empresas construtoras com projetos de segurança.

Embora a causalidade dos acidentes ocorridos na construção civil seja multifacetada e complexa devido as características próprias do setor, é consenso que o design é um dos principais contribuintes para acidentes e lesões (MORROW; HARE; CAMERON, 2016; TYMVIOS; GAMBATESE, 2016).

De acordo com Hale (2007), Cerca de 40% a 60% dos acidentes têm pelo menos alguma causa raiz na fase de projeto. Isso significa que se os problemas identificados na etapa de projeto tivessem sido corrigidos, os projetos teriam sido concluídos com mais segurança.

De acordo com Gibb *et al.* (2014), ao realizarem uma revisão detalhada de 100 acidentes na construção ocorridos no Reino Unido, concluíram que em 47% dos casos, pelo menos uma alteração

de projeto, seja estrutural, objetos temporários ou alvenaria teria diminuído a probabilidade do risco de lesão.

A melhor alternativa para evitar a existência de perigos no canteiro de obras, é a concepção de projetos que busquem atenuar situações que possam levar o trabalhador a se expor a riscos durante o decorrer da obra.

Como forma de se buscar corrigir esta problemática pode ser empregado o Design For Safety (DFS), é uma abordagem cada vez mais popular que busca a integração da identificação de perigos e avaliação de riscos ainda no início do processo de elaboração dos projetos com o intuito de prevenir e controlar lesões, doenças e fatalidades na construção, minimizando perigos e riscos ainda no início do processo de design (CHOUDHRY; HELEN LINGARD; BLISMAS, 2009; MANU et al., 2019).

O design for safety é reconhecido internacionalmente como um método viável para reduzir a ocorrência de riscos na construção, ele consiste na possibilidade de realização do projeto de uma obra de forma a contemplar as características de um edifício ou estrutura concebendo medidas que possam facilitar a gestão da segurança durante a construção (CHOUDHRY; HELEN LINGARD; BLISMAS, 2009; GAMBATESE; BEHM; HINZE, 2005).

O DFS é um método que incentiva os profissionais responsáveis pelos projetos de uma edificação a levar, categoricamente, em consideração questões relacionadas a Segurança e saúde dos trabalhadores (SST) durante a fase de projetos buscando eliminar ou reduzir a probabilidade de ocorrência de danos a esses trabalhadores.

A compreensão por parte dos projetistas de que a atenuação ou mesmo a eliminação dos riscos de uma obra deve ocorrer na fase de projeto contribuiu para o surgimento de novas tecnologias que oferecem oportunidades de melhora na gestão da segurança. Entre essas novas ferramentas encontra-se o Building Information Modeling (BIM), que é considerado uma das ferramentas com maior potencial de ajudar a indústria da construção civil a alcançar o design for safety, através da criação de ambientes virtuais que possibilitam a visualização dos riscos de forma mais clara e precisa (DIB; GARVER, 2014; XIAER et al., 2016).

2.6 Building Information Modeling (BIM)

De acordo com Santos (2017), o BIM teve sua origem em 1992, surgindo pela primeira vez na publicação intitulada: “Modelling multiple views on buildings”, publicado na revista Automation e Construction, porém somente a partir de 2006 as pesquisas passaram a ser mais focadas e assertivas com relação a pesquisas relacionadas ao desenvolvimento BIM.

Desde então com o avanço computacional e amplos estudos sobre a ferramenta, o BIM hoje possui uma funcionalidade muito maior se comparado aos assuntos a princípio tratados no seu desenvolvimento no início da década de 90 que projetava soluções apenas para projetos espaciais, estruturas e energia, no período atual o BIM possui uma aplicabilidade mais ampla fornecendo um modelo mais realista e enriquecido de detalhes, abrangendo também, áreas voltadas a segurança do trabalho, sustentabilidade, entre outras vertentes (SANTOS; COSTA; GRILO, 2017; YU *et al.*, 2016; ZHANG *et al.*, 2015a).

O BIM é caracterizado como uma representação digital com alta precisão do cenário de uma obra, a qual retrata a modelagem tridimensional e não geométrica de um projeto, onde são especificadas as características físicas e funcionais da construção, além de ser um processo integrado que permite aos projetistas discutir e explorar o projeto possibilitando a eliminação de incompatibilidades. A utilização do BIM em projetos de construção vem crescendo rapidamente devido os resultados visuais obtidos possibilitarem o acesso de informações do projeto de forma mais consistente, devido a maior riqueza de detalhes, oferecendo uma base sólida para a tomada de decisões, que estão diretamente ligadas a melhora da qualidade de projeto, custos e detalhes de avaliação de riscos e planejamento de segurança (BIOTTO; FORMOSO; ISATTO, 2015; ENSHASSI; AYYASH; CHOUDHRY, 2016; GAO; CHEN, 2017; MELZNER, 2017; SANTOS; COSTA; GRILO, 2017; ZHANG *et al.*, 2015b).

O uso do BIM na construção civil, possui a capacidade de reduzir o tempo gasto em projeto, uma vez que projetos baseados em 2D envolvem muitas atividades demoradas e propensas a erros, especialmente para a leitura de desenhos de engenharia. A utilização de modelos 3D baseados em BIM, fornecem um modelo mais próximo da realidade e rico em detalhes, que pode contemplar todas as fases do ciclo de vida de uma edificação, desde a fase de projeto, passando pela construção e podendo ser utilizado até na fase pós construção em situações de manutenção e reformas (ALIZADEHSALEHI *et al.*, 2017; LATIFFI *et al.*, 2013; ZHANG *et al.*, 2014).

Uma das características que particularizam um projeto executado em BIM de um projeto executado de forma convencional em 2D é a possibilidade da criação de projetos contendo propriedades que vão além da modelagem da sua geometria, incluindo características de materiais, quantitativos, possibilidade de conceber custos e rastrear perdas (KEHL; ISATTO, 2015).

Segundo Sadeghi (2016), a utilização do BIM na indústria da construção civil possui a capacidade de diminuir consideravelmente a ocorrência de acidentes relacionados a questões de segurança, facilitando a visualização de riscos através da modelagem, os tornando mais facilmente percebidos pelos profissionais responsáveis pelos projetos.

De acordo Collins *et al.* (2014), o uso do BIM na construção civil trás como benefícios estimar de forma mais precisa, se comparada aos tradicionais métodos de gestão, o custo da obra, a detecção de conflitos entre projetos antes da fase de execução, fornecendo informações inter-relacionadas e cruzadas, que contribuem para tomadas de decisões gerenciais com maior embasamento técnico.

A utilização do BIM corresponde a um grande avanço, podendo ser utilizado como importante ferramenta de gestão, gerando uma melhora significativa ao setor da construção civil que é frequentemente caracterizada como uma indústria com características primitivas, devido a pouco uso de tecnologias e mão de obra pouco qualificada.

Informações extraídas de projetos baseados em BIM podem ser usadas para comparar cenários de construção bem como apoiar a tomada de decisões no planejamento e controle da produção, podendo melhorar a qualidade das informações de projeto e estabelecer mecanismos e procedimentos pelos quais as informações são comunicadas e compartilhadas entre a equipe do projeto (GETULI *et al.*, 2017; VARGAS; BATAGLIN; FORMOSO, 2018).

O BIM em sua metodologia é subdividido em oito dimensões (ND) as quais são específicas para determinados objetivos. As oito dimensões pertencentes ao BIM conseguem alcançar de forma abrangente os projetos de uma obra e detalhar as suas etapas de forma direta e precisa.

2.7 Dimensões BIM (ND BIM)

Com a crescente utilização do BIM em projetos de construção civil e arquitetura, surgiu a necessidade de se direcionar a sua aplicação de acordo com as necessidades. Neste contexto o uso do BIM foi diversificado em dimensões, onde são classificadas, de acordo com Estrada (2015a), Charef (2018), Mesáros *et al.* (2019), Rodrigues (2018), Masood (2014) e Kamardeen (2010) da seguinte forma:

a) 3D BIM: Utilizado na concepção do projeto para realização de modelagem 3D. Nesta dimensão do BIM é adicionada a coordenada Z às coordenadas X e Y existentes em desenhos 2D. Nesta dimensão do BIM as linhas utilizadas na execução dos desenhos, possuem características próprias, podendo representar características de paredes, peças estruturais, esquadrias, pisos, entre outras, diferentemente dos desenhos 2D onde os desenhos não apresentam características físicas do projeto;

b) 4D BIM: Esta dimensão do BIM possui como diferencial em relação a dimensão 3D BIM a adição do fator tempo, onde pode ser feita a simulação do planejamento de uma obra, o que contribui para a percepção de incompatibilidades entre projetos que podem levar a conflitos durante a execução da obra, podendo ser facilmente detectáveis durante a simulação;

c) 5D BIM: Esta dimensão do BIM é particularizada pela realização da estimativa de custos da obra. Nesta dimensão cada objeto passa a ser vinculado a dados de custo e qualquer mudança no projeto atualiza informações referentes ao custo da obra.

d) 6D BIM: Esta dimensão do BIM, é particularizada pela busca de medidas sustentáveis, referente muitas vezes ao ciclo de vida do projeto avaliado. Esta dimensão do BIM busca contemplar medidas sustentáveis em três vertentes distintas:

- I. Ambiental: referente a busca da reprodução e manutenção dos recursos naturais existentes;
- II. Econômica: referente a capacidade da obra de produzir rendimento e trabalho;
- III. Social: Refere-se à capacidade do ambiente produzir bem-estar aos usuários e trabalhadores.

e) 7D BIM: Esta dimensão é particularizada pela utilização dos aspectos gerais da construção com o intuito de avaliar o ciclo de vida do empreendimento. Nesta dimensão do BIM são avaliados os planos de manutenção dos equipamentos utilizados assim como as suas garantias e informações referentes a fabricantes e fornecedores;

f) 8D BIM: Esta dimensão é particularizada pela avaliação de riscos nos canteiros. Por meio da análise de risco dos elementos construtivos da obra, onde após a análise poderão ser feitas sugestões de melhorias de acordo com as características dos riscos encontrados que podem ser: baixo, moderado e crítico, onde nos casos de riscos críticos são sugeridas modificações no projeto e para os riscos moderados serão sugeridas medidas de monitoramento dos riscos.

Utilizando-se de suas dimensões possíveis o BIM pode ser considerado um importante aliado na elaboração e gerenciamento de projetos da construção civil, permitindo a maior integração entre os projetistas e os responsáveis pela execução da obra.

O Uso do BIM dentro de suas dimensões ainda envolve o nível de detalhamento aplicado a modelagem que é classificado como nível de desenvolvimento, que quanto maior, melhor é a riqueza de detalhes do projeto.

2.8 Níveis de desenvolvimento BIM

De acordo com Teixeira (2017), uma característica presente na utilização do BIM é a possibilidade de se estabelecer níveis de desenvolvimento, onde a medida que as informações vão sendo incluídas na modelagem a mesma atinge níveis de desenvolvimento que serão utilizados para qualificar o projeto quanto a evolução.

Essa característica possui como denominação o termo, em inglês, Level of Development (LOD), que representa o nível de detalhamento e confiabilidade das informações representadas no elemento e está diretamente ligado a quantidade de itens críticos contemplados na modelagem.

Em uma modelagem realizada em BIM o nível de desenvolvimento (LOD) pode variar em uma escala de cinco estágios, onde cada um corresponde ao nível de detalhamento imposto aos elementos ao longo do projeto (MANZIONE, 2013). Deste modo cada nível de detalhamento pode ser caracterizado da seguinte forma:

- a) LOD 100: Corresponde a um modelo conceitual onde a totalidade da massa da construção é tida como um indicativo de área, altura, volume, localização e orientação, onde os elementos modelados podem ser executados em 3D ou demonstrado através de outros dados;
- b) LOD 200: Corresponde a representação por um modelo genérico, na qual o objeto modelado ou a sua respectiva montagem atende a quantidades, formas, localizações e orientações aproximadas da realidade do objeto a ser executado.
- c) LOD 300: Corresponde a uma modelagem com maior número de detalhes e precisão, com desenhos bem definidos, os quais são compostos por conjuntos específicos, quantidades precisas, tamanho, forma, localização e orientação. Nesta fase também podem ser incluídas propriedades não geométricas
- d) LOD 400: Corresponde a uma modelagem onde os elementos são executados como um sistema bem definido, onde objetos ou conjuntos possuem detalhamentos de suas características físicas e funcionais, além de quantidades, tamanhos formas, localizações e orientações precisas. Em caso de necessidade, nesta fase também é possível a inclusão de propriedades não geométricas.
- e) LOD 500: Corresponde a modelagem onde os elementos são executados com o intuito de ajudar em intervenções de manutenção e operação. Nesta etapa são inseridas modificações ocorridas em obra, de forma a retratar a edificação exatamente da forma a qual foi executada.

2.9 Implementação da metodologia BIM na construção civil e suas dificuldades

A indústria da construção civil ao longo de décadas se mostra pouco evoluída tecnicamente se comparada com outras indústrias (VILLELA, 2007). Isso se deve basicamente pela lentidão do setor em aceitar mudanças, principalmente com relação a novas tecnologias e processos construtivos (JUNIOR; AMARAL, 2008). Com serviços muitas vezes manuais e com mão de obra pouco qualificada (FENG; LU, 2017b).

Embora seja uma tecnologia promissora, o BIM ainda encontra dificuldades em sua implementação no ambiente da construção civil. De acordo com Winberg (2010), as principais

barreiras para a implementação do BIM estão relacionadas aos custos de sua implementação, devido a necessidade da utilização de softwares com custo elevado, necessidade de treinamento da mão de obra que irá utilizá-lo e necessidade de hardwares com elevado potencial de processamento.

Segundo Migilinskas (2015), os obstáculos para a implementação do BIM são maiores em pequenos mercados onde as empresas de construção, em sua maioria, são de pequeno porte e não possuem recursos financeiros suficientes para obter e manter softwares e mão de obra qualificada para esta o uso da metodologia BIM.

Outro ponto relevante para a dificuldade de implementação do BIM, é a baixa comunicação entre os agentes responsáveis pelos projetos, onde muitas vezes são feitos por profissionais terceirizados, não havendo troca de informações, o que acaba por gerar inúmeras incompatibilidades entre os projetos (EADIE *et al.*,2013; LI *et al.*,2012).

Segundo Kassem *et al.* (2012), uma das grandes dificuldades na implementação do BIM na construção civil é a baixa demanda de clientes interessados em projetos executados em BIM, o que gera outros problemas para a sua implementação como,o baixo interesse das empresas em utilizá-lo já que haverão altos custos e a mão de obra pouco qualificada no mercado para atuar no ramo.

No cenário nacional esse cenário de dificuldades também é existente, com o BIM ainda possuindo uma baixa aplicação nas empresas. A sua baixa utilização deve-se a diversos fatores, porém medidas governamentais estimuladoras a sua utilização começam a surgir, gerando uma tendência de crescimento de projetos executados utilizando esta ferramenta.

No contexto da problemática abordada por esta pesquisa, uma grande dificuldade encontrada para modelagens BIM abrangendo tópicos relacionados a segurança do trabalho é a consideração de estruturas temporárias como linhas de vida, guarda corpos e bandejas de proteção, que muitas vezes são negligenciados, não aparecendo em desenhos ou modelagens em BIM. Segundo Kim *et al.* (2016), existem graves falhas ao se tratar de efetivamente de estruturas temporárias, sendo as mesmas, muitas vezes, instaladas sem planejamento ou análise suficiente.

2.10 Cenário da utilização do BIM no Brasil

A utilização do BIM no Brasil ainda é relativamente recente tendo início a partir dos anos 2000, onde um número pequeno de empresas passaram a utilizá-lo, porém, um número ínfimo de empresas conseguia o utilizar no processo completo do projeto (BENEDETTO; BERNARDES; PIRES, 2016).

Este cenário já sofreu um impacto positivo com a publicação do Decreto N° 9.983 (BRASIL, 2019c), que instituiu a estratégia nacional de disseminação do Building Information Modelling (BIM),

o qual possui 09 objetivos específicos, que buscam estimular e fornecer condições para o aumento de sua utilização em território nacional.

Com a Publicação do Decreto 9.983 (BRASIL, 2019c), o uso do BIM tende a sofrer um aumento considerável pois ele busca incentivar o seu uso na esfera pública, onde entre os seus objetivos especifica os seguintes que se direcionam para o setor estatal:

- a) coordenar a estruturação do setor público para a adoção do BIM;
- b) criar condições favoráveis para o investimento, público e privado, em BIM;
- c) propor atos normativos que estabeleçam parâmetros para as compras e as contratações públicas com uso do BIM;
- d) desenvolver a plataforma e a biblioteca nacional BIM.

Estimulos esses que tendem a aquecer o mercado de BIM, uma vez que incentiva empresas interessadas em habilitar-se a licitações de obras públicas, a se qualificarem com o intuito de adequar-se as novas exigências.

No ano de 2020 foi publicado o Decreto N° 10.306 (BRASIL, 2020b), que determina a utilização do BIM na aplicação direta ou indireta de obras e serviços de engenharia que forem realizados por órgãos e entidades da administração pública federal, no âmbito da Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modeling, que foi instituído pelo decreto N° 9.983 (BRASIL, 2019c).

O período para implantação das medidas relacionadas a utilização do BIM dispostas no Decreto N° 10.306 é gradual e dividido em três fases, que são:

- a) Primeira fase: Deverá ser implantada a partir de 1° de janeiro de 2021, onde a utilização de projetos realizados em BIM será obrigatória em projetos de arquitetura e engenharia, referentes a novas construções, ampliações e reabilitações de imóveis.

Na primeira fase de implementação de projetos em BIM em obras da esfera federal deverão englobar projetos referentes aos seguintes elementos construtivos:

- Estrutura;
- Instalações hidráulicas;
- Instalações de aquecimento, ventilação e ar-condicionado;
- Instalações elétricas.

Além dos já descritos elementos construtivos contemplados na primeira fase do decreto N° 10.306, é estabelecido que deva haver a avaliação de interferências físicas e funcionais dos diversos

projetos, de modo a haver compatibilização. Também se exige que sejam realizadas a extração de quantitativos e documentação gráfica extraída dos projetos.

- b) Segunda fase: Deverá ser implantada a partir de 1º de janeiro de 2024. Nesta fase o BIM deverá ser empregado na execução direta ou indireta de projetos de arquitetura e engenharia e na gestão de obras referentes a construções novas, reformas, ampliações ou reabilitações, quando consideradas de grande relevância para a disseminação do BIM e o seu uso deverá se dar nas seguintes atividades:
- Os usos previstos na primeira fase;
 - Orçamentação, planejamento e controle da execução de obras;
 - Atualização de projetos e de suas informações como construído (as built), para obras cujos projetos de arquitetura e engenharia tenham sido realizados ou executados com aplicação do BIM.
- c) Terceira fase: Deverá ser implantada a partir de 1º de janeiro de 2028. Nesta fase o BIM deverá ser implementado no desenvolvimento de projetos de arquitetura e engenharia e na gestão de obras relacionadas a construções novas, reformas, ampliações e reabilitações de imóveis, além de obras consideradas de média ou grande relevância para a disseminação do BIM e o seu uso deverá se dar nas seguintes atividades:
- Os usos previstos na primeira e na segunda fase;
 - Gerenciamento e manutenção do empreendimento após a sua construção, cujos projetos de arquitetura e engenharia e cujas obras tenham sido desenvolvidos ou executados com aplicação do BIM.

Quanto o atual cenário de publicações referentes ao uso do BIM no Brasil, um compilado de trabalhos analisados Checcucci (2019), quantificou o número de dissertações e teses relacionados a BIM no Brasil entre os anos de 2013 a 2018. A pesquisadora chegou a conclusão que foram realizados 143 trabalhos neste período, sendo 19 teses de doutorado, 105 dissertações de mestrado acadêmico e 19 dissertações de mestrado profissional. A região com maior número de trabalhos foi a região sudeste com o total de 73 e a região com menor número de trabalhos foi a região norte com apenas uma dissertação de mestrado acadêmico na Universidade Federal do Pará (UFPA).

Estes fatos demonstram que ainda há um longo caminho a ser percorrido no Brasil, para que o uso efetivo dessa ferramenta em benefício das tarefas realizadas na indústria da construção civil em suas diversas atividades de atuação como planejamento, custos, sustentabilidade e segurança do

trabalho que é o objeto de estudo desta pesquisa, seja amplamente difundido e os benefícios utilizados pelos agentes diretamente ligados ao setor.

2.11 Cenário da segurança do trabalho e do BIM no contexto internacional

Nos Estados Unidos, a indústria da construção civil devido a sua alta taxa de acidentes e fatalidades está classificada entre as três indústrias mais perigosas para se trabalhar, sendo entre os anos de 2003 e 2016 a primeira colocada entre todos os setores analisados em número de acidentes fatais (ABUDAYYEH *et al.*, 2006; REEVE *et al.*, 2019).

De acordo com dados do U.S Bureau of Labor Statistics (2018), apenas os setores de, construção civil, transportes e extração foram responsáveis por 47% do total das mortes de trabalhadores no ano de 2017 nos Estados Unidos.

Segundo Takim *et al.* (2016), o maior causador de acidentes fatais na indústria da construção civil americana foram acidentes ocasionados por queda em altura, correspondendo em 2019 por 36,9% dos óbitos ocorridos nessa indústria.

Na União Europeia o número de acidentes na construção civil também é bastante elevado, no período entre 2008 e 2016 a indústria com maior número de acidentes fatais. No Reino Unido as fatalidades ocorridas no setor da construção civil chegam a 27% do total de acidentes registrados em um setor que emprega apenas cerca de 5% da população (GANAH; JOHN, 2015).

Na Ásia países como Cingapura se mostram empenhados na implantação de projetos executados em BIM no setor público. Em Hong Kong 78% dos membros da sociedade de auditores de segurança relataram enormes benefícios do uso do BIM na segurança do trabalho. Na China as principais causas de acidentes ocorridos na indústria da construção estão relacionadas a queda em altura, queda de objetos e acidentes com máquinas (ENSHASSI; AYYASH; CHOUDHRY, 2016; XIONG; TANG, 2017).

Entre os anos de 2008 e 2016 a indústria da construção civil europeia apresentou o maior número de acidentes fatais entre todas as indústrias. Na Turquia o governo possuía como meta exigir que todos os projetos fossem totalmente colaborativos e em formato BIM 3D até o ano de 2016. Na Europa Ocidental 36% dos integrantes da indústria da construção civil se mostravam comprometidos a incluir a metodologia BIM em seus projetos até o ano de 2010 (ALADAG; DEMIRDÖGEN; ISIK, 2016; MARTÍNEZ-AIRES; LÓPEZ-ALONSO; MARTÍNEZ-ROJAS, 2018).

2.12 O uso do BIM na segurança do trabalho

O BIM possui um grande potencial de melhorar o desempenho geral de segurança do projeto, devido contribuir com um planejamento da segurança de uma obra com uma maior riqueza de detalhes contribuindo para a eliminação de possíveis riscos e incertezas. No planejamento de segurança de uma obra o ponto inicial e primordial para um correto trabalho é a identificação dos riscos. (ALBERT; HALLOWELL, 2012; KIM; CHO, 2015b; SHANG; SHEN, 2016; TEO *et al.*, 2016).

Segundo Sulankivi *et al* (2009), realizar um planejamento de segurança adequado de uma obra, além de facilitar a identificação e visualização de riscos pode trazer importantes resultados na diminuição de custos e de atrasos desnecessários.

Vários estudos mostram que a capacidade de um gestor influenciar na segurança do trabalho dentro de uma obra, atenuando ou mesmo eliminando riscos, é paulatinamente perdida à medida que o projeto entra na fase de construção, sendo o BIM uma ferramenta importante no planejamento da segurança, uma vez que a simulação do ambiente de obra, oferece a possibilidade de identificação dos riscos ainda na fase de projetos, permitindo adaptações de layout, dimensionamento de EPIs e EPCs antes mesmo do projeto entrar em fase de execução (ESTRADA, 2015b; ZHOU; WHYTE; SACKS, 2012).

O uso do BIM pode contribuir para monitorar a produtividade e a segurança à medida que o projeto avança, auxiliando no rastreamento de informações importantes, uma vez que as informações de todos os projetos estão interligadas, de modo que possíveis mudanças de projetos podem ser facilmente rastreadas, além de mudanças de materiais e equipamentos que podem ser detectadas mais facilmente (MALEKITABAR *et al.*, 2016; TEO *et al.*, 2017).

Com o uso do BIM a identificação de riscos de uma obra se tornou mais rápida e fácil, porém essa identificação é mais eficiente se realizada ainda na etapa de projeto, permitindo que os projetistas consigam planejar com uma melhor qualidade o layout do canteiro, estabelecendo os melhores lugares para instalações de segurança e fluxos de passagem, tudo isso a um custo menor se comparado a modificações necessárias se os riscos forem identificados durante a execução da obra (ENSHASSI; AYYASH; CHOUDHRY, 2016; ZHUANG *et al.*, 2016).

O uso da metodologia BIM possibilita a criação de ambientes virtuais de construção e hoje, é tida como uma importante ferramenta no planejamento e gestão da segurança, sendo de alta importância para a educação e treinamento de situações de riscos e segurança do trabalho na construção civil (DICKINSON *et al.*, 2011; LIN; SON; ROJAS, 2011; LUCAS; THABET, 2008; SACKS; PERLMAN; BARAK, 2013; WEI; WANG; LEE, 2017).

Diante deste contexto cabe ressaltar que ainda existem obstáculos a serem superados no uso do BIM e que o cenário ideal do seu uso na indústria da construção civil ainda está longe do desejável, sendo necessário o maior interesse dos profissionais técnicos da área pelo assunto e a utilização de softwares que façam uso da ferramenta BIM.

2.13 Softwares BIM

De acordo com Kamardeen (2018), o BIM é caracterizado como um modelo que possui objetivo de corrigir dificuldades ainda existentes nos modelos tradicionais de elaboração de projetos em 2D. Com a utilização do BIM é realizada uma modelagem em 3D visando a compatibilização de projetos desde a sua fase inicial até a execução da obra.

Segundo Clevenger (2014), as tecnologias que utilizam-se da ferramenta BIM possuem a capacidade de auxiliar questões relacionadas a segurança do trabalho em um canteiro nos seguintes aspectos:

- a) Auxiliar na criação de Projetos para segurança;
- b) Contribuir para o planejamento de atividades de segurança;
- c) Contribuir para a elaboração de treinamentos de segurança;
- d) Auxiliar na investigação de acidentes;
- e) Contribuir para a segurança da fase de instalação e manutenção.

No mercado já existem diversos softwares que se utilizam do BIM para criar e gerenciar projetos da construção civil. Segundo Estrada (2015a), mesmo com uma crescente disseminação do BIM pela indústria da construção, muito ainda confundem o BIM a um programa em específico e não a sua verdadeira definição que é uma ferramenta que fornece ao utilizador uma experiência de simulação do projeto final com as características físicas e funcionais da edificação.

Mesmo com uma gama de programas que aplicam a ferramenta BIM, a escolha por um programa específico não é simples, uma vez que existem diversas variáveis que devem ser levadas em consideração, como:

- a) Facilidade de acesso e manuseio do software;
- b) Atendimento as especificações desejadas pelo projetista;
- c) Capacidade do software de interagir com outros que também utilizam a ferramenta BIM;
- d) Custos de aquisição do software.

No mercado existem programas de diferentes desenvolvedores que utilizam o BIM, esses programas embora possuam objetivos similares, possuem características próprias, permitindo que ocorra a escolha de acordo com as especificações desejadas pelos projetistas.

Os principais *softwares* que fazem uso da metodologia BIM utilizados atualmente, com seus respectivos conceitos e especificações técnicas são os seguintes:

a) *GOOGLE SKETCHUP*

Dos *softwares* que utilizam o BIM, o *Sketchup* é um dos mais elementares, sendo caracterizado como um modelador 3D com uso bastante intuitivo. É um software leve e com boa relação custo-benefício, que possui fácil manuseio, porém, é indicado apenas para projetos mais simples, uma vez que para projetos mais complexos ele se mostra bastante limitado onde alguns detalhes de projetos podem não possuir uma boa precisão, onde por exemplo, formas manuais arredondadas podem não possuir uma boa resolução (ENGENIUM, 2014)

b) *GRAPHISOFT'S ARCHICAD*

O Software *Archicad* é um software bastante completo e o mais antigo dos *softwares* que hoje trabalham com o BIM, tendo surgido em 1982 e foi conhecido como o *software* capaz de criar geometrias 2D e 3D e o primeiro software BIM comercial para computadores pessoais (WIKIPÉDIA, 2020).

O *Archicad* dispõe de uma boa flexibilidade permitindo que seja possível trabalhar no projeto tanto em 2D quanto em 3D, não sendo necessário recorrer a outros programas como o *Autodesk Autocad* para corrigir possíveis erros nos projetos 2D e possui a viabilidade de que se execute novos objetos em formato GDL através de programação. Além disso, a versão brasileira, já vem com conteúdo e normas locais.

Como desvantagem o *Archicad* possui baixa precisão em alguns tipos de modelagem como a de terrenos onde a representação 2D não possui nenhuma curva de nível, sendo formados polígonos imprecisos feitos por triângulos.

c) *AUTODESK REVIT*

O software *Revit* é um dos mais antigos criados especificamente para utilizar o BIM, surgido em 1997 e no ano de 2002 foi adquirido pela *Autodesk* que executou importantes melhorias que permitiram que hoje seja um dos mais utilizados para modelagem em BIM (WIKIPEDIA, 2020).

O *Revit* é caracterizado como um *software* de modelagem 3D, que possui ferramentas para projetos de arquitetura, engenharia mecânica, elétrica, hidráulica e estrutural, além de fornecer o detalhamento dos projetos para engenheiros e profissionais da construção civil

permitindo maior agilidade na tomada de decisões. Além disso permite que projetistas de todas as áreas consigam compartilhar e salvar os seus trabalhos no mesmo projeto permitindo um trabalho mais rápido e eficiente (AUTODESK, 2020a).

Como vantagem o *Revit* possui boa interoperabilidade com outros *softwares* que utilizam o BIM e uma interface intuitiva que facilita o manuseio por parte do usuário, além de possuir versões estudantis que facilitam o acesso por parte de estudantes e pesquisadores.

Como desvantagem o software não permite realizar mudanças em projetos 2D, sendo necessário tais mudanças serem feitas no *software Autocad*, diminuindo assim a agilidade no seu uso.

d) AUTODESK NAVISWORK

O *software Naviswork* possui como objetivo melhorar a coordenação BIM combinando os dados do projeto e da construção em um único modelo computacional, além de identificar e contribuir para a resolução de conflitos entre os projetos antes de sua execução (AUTODESK, 2020b).

O *Naviswork* possui inúmeras vantagens práticas para um projeto de construção civil, entre elas se tem a possibilidade do projetista verificar a existência de incompatibilidades e identificar zonas críticas no projeto, essa vantagem se dá pela possibilidade do *software* permitir que o usuário defina o planejamento da realização das tarefas com os componentes 3D do projeto, o planejamento pode ser realizado diretamente no *Naviswork* ou importado de outros *softwares* de planejamento de obras como o *Primavera* ou o *MS Project* (ESTRADA, 2015a).

Após realizada a ligação entre o planejamento da obra e os seus respectivos projetos em 3D, é realizada uma simulação do desenvolvimento da obra, onde se pode acompanhar o andamento dos serviços no canteiro, com a especificação de datas e sequenciamento das tarefas. Esta tarefa contribui para um melhor embasamento técnico para a tomada de decisões, uma vez que é possível identificar conflitos de espaço (vias de fluxo de materiais e pessoas), layout de equipamentos e possíveis falhas de sequenciamento de atividades especificadas no planejamento original.

3 MÉTODO DE PESQUISA

A ciência é caracterizada como um corpo de entendimentos sistematizados, onde através de um conjunto de proposições coerentemente correlacionadas e com um método definido pode-se avaliar criticamente determinada situação ao qual se deseja estudar (FERRARI, 1974; MARCONI; LAKATOS, 2017).

Na ciência para a realização de um estudo científico, há a necessidade da elaboração de um método científico que norteará os procedimentos a serem adotados. Para Gil (2008), o método científico é caracterizado como um conjunto estratégias intelectuais e técnicas adotadas pelo pesquisador com o intuito de solucionar as problemáticas estabelecidas para realização do trabalho visando responder as incertezas definidas no objetivo.

No estudo científico a metodologia científica refere-se ao estudo sistemático e lógico dos métodos empregados nas ciências, seus fundamentos, sua validade e sua relação com as teorias científicas. Apesar de procedimentos metodológicos variarem entre uma área da ciência e outra, consegue-se determinar alguns elementos que diferenciam o método científico de outros, como por exemplo o método empírico (OLIVEIRA, 2011).

De acordo com Alyrio (2009), Fritzen Kinchescki(2015), Gil (2008), Oliveira (2011), Silva (2004), Vergara (1998) e Zanella (2013), a pesquisa científica possui variados tipos de vertentes que variam de acordo com o objetivo da pesquisa estabelecido pelo autor.

Estas vertentes de pesquisa se classificam de acordo com o objetivo, como: pesquisa exploratória, pesquisa descritiva e pesquisa experimental, pesquisa aplicada, pesquisa metodológica e pesquisa intervencionista. As pesquisas também podem ser classificadas de acordo com os procedimentos técnicos utilizados, como: pesquisa bibliográfica, pesquisa documental, pesquisa ex-post facto, estudo de corte, estudo de caso, pesquisa ação, pesquisa participante, pesquisa de modelagem e pesquisa de simulação.

3.1 Delineamento da pesquisa

Esta pesquisa atendendo o objetivo pretendido pelo autor está estruturada metodologicamente em relação aos seus fins como:

I. **Pesquisa exploratória:** Devido a poucos estudos sobre o BIM na região e sua pouca exploração nas obras do estado do Pará, houve a necessidade da busca de maiores informações sobre

o tema, de modo a familiarizar-se com o assunto e diagnosticar situações encontradas no contexto de aplicação da pesquisa;

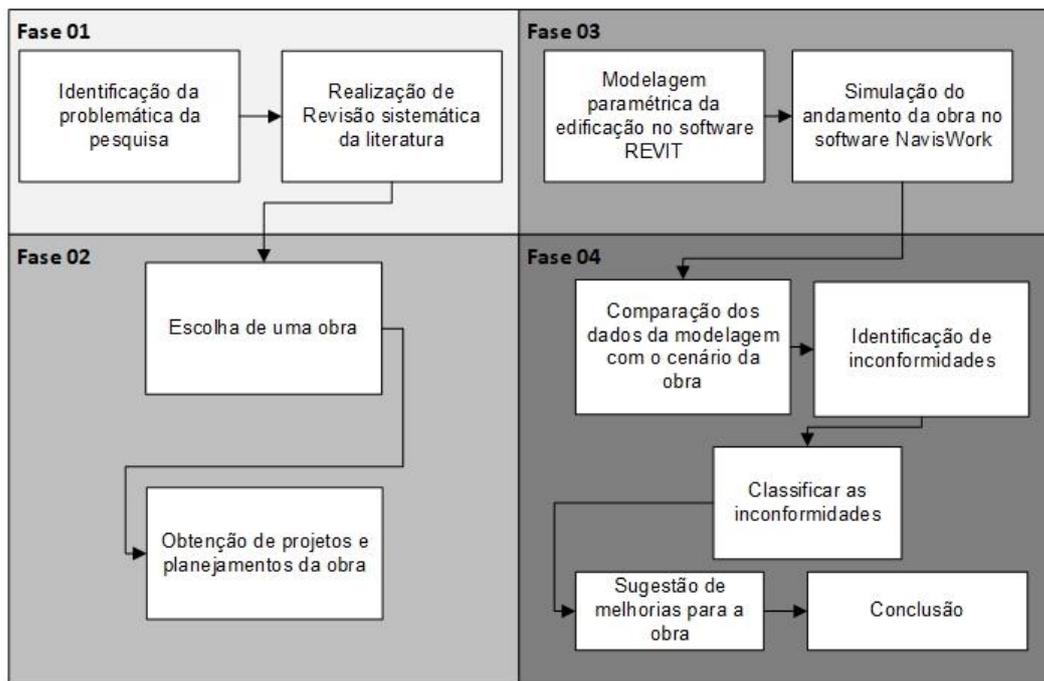
II. **Pesquisa Descritiva:** Devido a busca de informações para descrever sobre o atual cenário encontrado na região, de modo a conhecê-lo e embasar a problemática da pesquisa;

III. **Pesquisa Bibliográfica:** Devido a utilização neste trabalho uma busca na bibliografia nacional e internacional, por meio de uma revisão sistemática da literatura, com o intuito de estruturar a busca por trabalhos relevantes com o tema da pesquisa e conhecer o cenário de estudos sobre o assunto no Brasil e no mundo;

IV. **Modelagem e simulação:** Devido a realização da modelagem do canteiro de obras utilizando softwares com o intuito de avaliar o cenário de riscos e possíveis acidentes de trabalho relacionados à altura de uma obra de interesse social de casas populares;

Para um melhor desenvolvimento metodológico desta dissertação, ela encontra-se dividida didaticamente em quatro fases distintas, seguindo a seguinte ordem apresentada na **Erro! Fonte de referência não encontrada.**

Figura 3.1 – Delineamento da pesquisa



Fonte: O autor

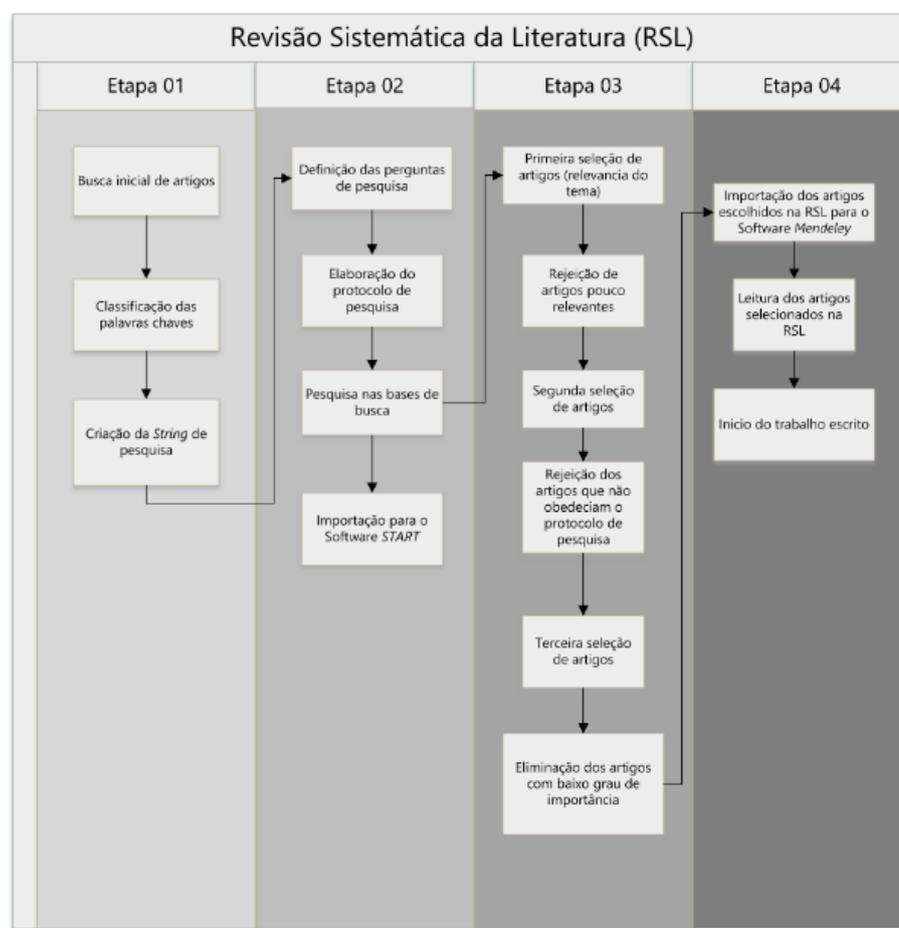
3.2 Revisão Sistemática da Literatura (RSL)

A Revisão Sistemática da Literatura (RSL), possibilita o estudo da arte, ela se caracteriza como um estudo secundário, embasado por um método científico, o qual busca em estudos primários (artigos, dissertações, teses, etc.) sua fonte de dados.

Para a elaboração de uma revisão sistemática da literatura, são necessários seguir as seguintes condições: (1) criar perguntas para a pesquisa, (2) realizar buscas na literatura, (3) Seleção dos artigos, (4) Extração dos dados, (5) Avaliação da qualidade metodológica e (7) Avaliação da qualidade das evidências (GALVÃO; PEREIRA, 2014; PEREIRA; BACHION, 2006; SAMPAIO; MANCINI MC, 2007).

A etapa de Revisão Sistemática da Literatura (RSL) foi dividida didaticamente em quatro etapas, como mostra a **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, com o intuito de facilitar o seu desenvolvimento e garantir a melhor trabalhabilidade dos dados.

Figura 3.2 – Estruturação da Revisão Sistemática da literatura



O autor

- Fase 01

Nesta etapa foi realizada, inicialmente, uma pesquisa pelo autor de condizentes com o tema pretendido para a pesquisa. Os artigos pesquisados deveriam possuir tema relacionado a utilização do BIM em auxílio a segurança do trabalho.

Essa busca teve como objetivo a familiarização com o tema, de modo a criar uma visão crítica e ajudar na percepção de possíveis lacunas relacionadas a problemática a ser analisada, o que acabou servindo como subsídio para a criação das perguntas de pesquisa a serem utilizadas na dissertação.

Para a pesquisa dos trabalhos científicos utilizados nesta etapa buscou-se diversificar as bases de busca com o intuito de fazer uma procura mais abrangente sobre trabalhos relacionados a pesquisa, desta forma optou-se pela utilização das seguintes bases:

- a) Science direct;
- b) Engineering village;
- c) Scopus;
- d) Web of Science.

Nesta etapa, o autor optou por selecionar doze artigos em cada base de busca, totalizando quarenta e oito artigos. Estes artigos foram lidos e serviram de base para a criação das perguntas de pesquisa e para a formação da *String* de pesquisa que foi utilizada na revisão sistemática da literatura.

Em todos os artigos escolhidos foi feita a coleta das palavras chaves e elas foram classificadas em três grupos diferentes, que são:

- a) Palavras relacionadas a construção civil;
- b) Palavras relacionadas a segurança do trabalho;
- c) Palavras relacionadas ao Building Information Modeling (BIM).

Em cada grupo as palavras chaves foram hierarquizadas de acordo com a sua frequência de ocorrência nos artigos. Foram escolhidas as três palavras chaves com maior número de frequência em cada grupo. Todas as palavras chaves escolhidas para a formação da *string* de pesquisa encontravam-se em inglês. No primeiro grupo foram escolhidas as palavras: construction safety; accidents e safety Engineering. No segundo grupo foram escolhidas as palavras: Construction; Construction industry e construction Project. No terceiro e último grupo foram escolhidas as palavras: BIM; Building Information Model (BIM), e BIM (Building Information Modeling).

Após a seleção das palavras-chave, foi realizada a composição da *string* utilizando-se a lógica booleana com seus operadores “OR” e “AND”. Deste modo a string de pesquisa foi estruturada da seguinte forma: ((Construction OR “Construction Industry” OR “Construction project”) AND (“Construction safety” OR Accidents OR “safety Engineering”) AND (BIM OR “Building Information Model (BIM)” OR “Building Information Modeling”)).

- Fase 02

Nesta etapa, foram inicialmente desenvolvidas as perguntas de pesquisa que orientaram o tipo de problemática a ser analisada e o tipo de estudo a ser desenvolvido. As perguntas de pesquisa desenvolvidas procuraram ser o mais objetivas, claras e específicas, uma vez que estas características permitem uma maior clareza do objetivo que se procura ser estudado e quais problemas serão avaliados.

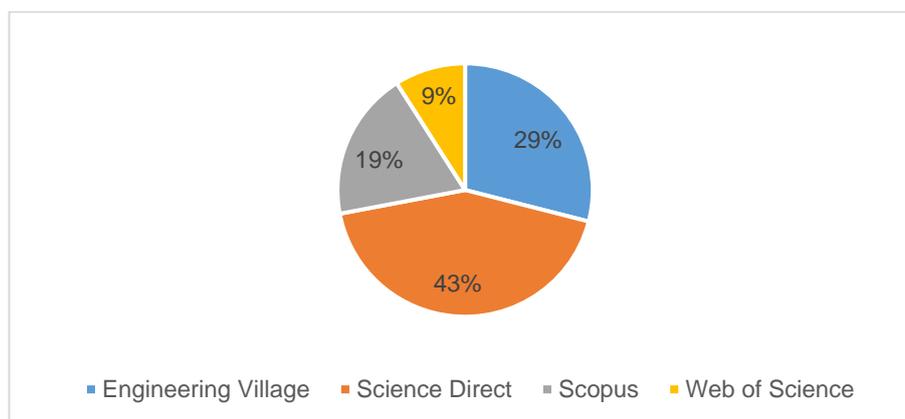
Após definidas as perguntas de pesquisa, utilizou-se o *software Start*, desenvolvido pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCAR), que tem como objetivo ser um gerenciador de revisão sistemática. Durante a utilização do software inicialmente foi criado o protocolo de pesquisa, que consiste em especificar as perguntas de pesquisa, os objetivos da pesquisa, as palavras-chave, os critérios de inclusão e exclusão e quais as bases de busca utilizadas na busca de artigos para a revisão sistemática da literatura.

Após finalizada a criação do protocolo de pesquisa, que se encontra na íntegra no apêndice I desta dissertação, deu-se início a busca por artigos nas bases de buscas escolhidas. Com a pesquisa realizada, exportou-se de cada uma das bases para o *software Start* o resultado das buscas em formato BibTeX, podendo assim dar início a avaliação dos artigos selecionados.

- Fase 03

Nesta fase foi realizada uma análise dos dados encontrados nas quatro bases de busca selecionadas, avaliando a sua relevância para esta pesquisa. A busca por trabalhos através da RSL resultou em um total de 906 trabalhos, sendo o quantitativo de trabalhos encontrados em cada base de busca mostrado na **Erro! Fonte de referência não encontrada.** Estes trabalhos posteriormente passaram por três seleções onde foram avaliados os critérios estabelecidos no protocolo de pesquisa.

Figura 3.3 – Quantidade de trabalhos por base de busca



Fonte: O autor

Da totalidade de artigos encontrados o *software Start* acusou um total de 326 artigos duplicados, ou seja, artigos selecionados mais de uma vez em uma ou mais bases de busca. Este valor correspondeu a 36% do total de artigos encontrados na revisão sistemática da literatura.

A primeira avaliação crítica dos artigos selecionados consistiu na leitura apenas do título dos artigos. Nesta etapa foram eliminados aqueles artigos que apresentavam maior discrepância com o tema abordado na dissertação.

Na segunda avaliação realizada sobre os artigos selecionados, foi realizada a leitura dos resumos e conclusões, além de avaliar se eles atendiam os pressupostos estabelecidos no protocolo de pesquisa estabelecido que são:

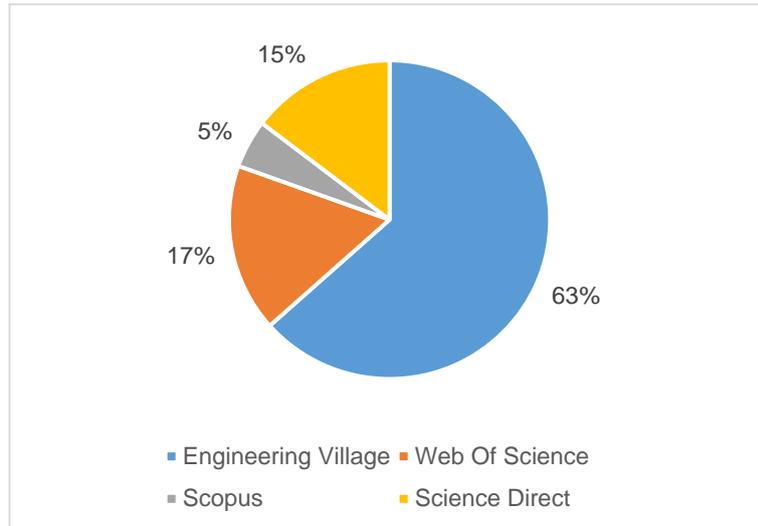
- a) Possuir tema relacionado a BIM;
- b) Possuir tema relacionado a segurança do trabalho na construção civil;
- c) Possuir acesso livre na internet;
- d) Estar publicado em português, inglês ou espanhol;
- e) Estar publicado em periódico ou congresso reconhecido pela CAPES.

Esta avaliação buscou avaliar de forma crítica as pesquisas e selecionar aquelas que estivessem diretamente relacionadas com a proposta desta pesquisa. Ao final da primeira e segunda avaliação dos trabalhos foram eliminados o total de 503 artigos, o que representa 55,51% das pesquisas encontradas e o total de 77 artigos foram aceitos nesta etapa.

Na terceira etapa da seleção de trabalhos foi realizada a leitura integral de todos os 77 artigos até então aceitos e eles foram classificados de acordo com o grau de relevância para esta pesquisa. A classificação concedida aos artigos é proveniente do *software Start* e são as seguintes: very low, low, high e very high. Nesta etapa após a classificação das pesquisas decidiu-se eliminar todos os artigos que tiveram classificação very low. Ao final desta etapa foram eliminados 35 artigos e foram aceitos 41 artigos que foram utilizados na pesquisa.

Fazendo-se uma análise dos 41 artigos aceitos para utilização na pesquisa, que encontram-se na íntegra no apêndice II desta dissertação, notou-se que a maioria teve como origem a base de busca *Engineering Village*, com um total de 63%, com observa-se na **Erro! Fonte de referência não encontrada.**

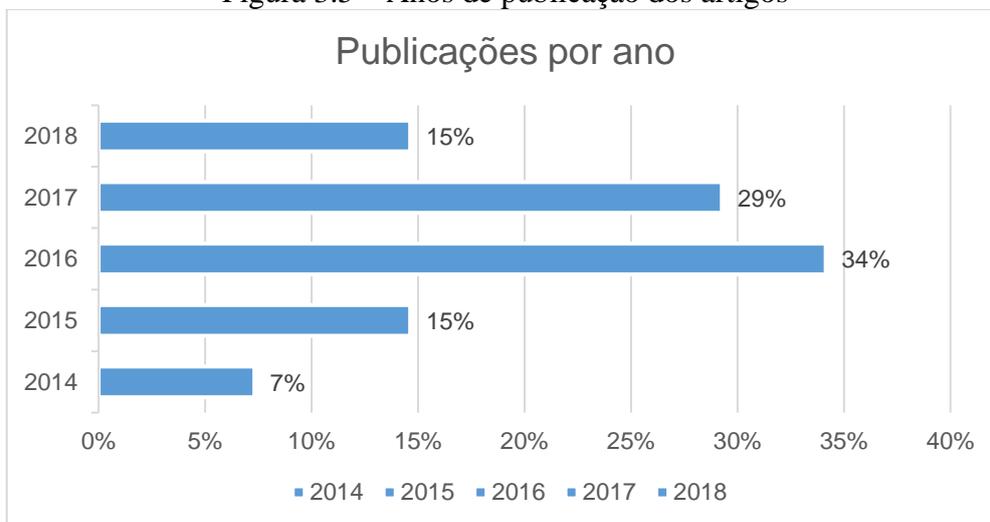
Figura 3.4 – Percentual de artigos por bases de busca



Fonte: O autor

Com relação ao ano de publicação dos trabalhos encontrados e aceitos na última fase de seleção, notou-se que 34% são de artigos publicados no ano de 2016, sendo este o ano com maior número de artigos aceitos como mostra a figura 3.5.

Figura 3.5 – Anos de publicação dos artigos



Fonte: O autor

Com relação aos países dos artigos selecionados percebeu-se que a maioria dos trabalhos possuem como origem Estados Unidos e China com o total de 19 artigos dos 41 aceitos, o que corresponde a um total de 45%, como se pode observar na figura 3.6.

Figura 3.6 – Publicações por país



Fonte: O autor

- Fase 04

Nesta fase foi realizada a importação dos artigos científicos selecionados na RSL para o *software Mendeley*, que funciona como um gerenciador bibliográfico. Para esta pesquisa este *software* foi importante devido a possibilidade da organização dos textos utilizados na pesquisa e pela possibilidade de geração de citações automáticas já enquadradas no formato exigido pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

Após a importação dos artigos foi realizada a leitura de todos os artigos e, de acordo com a leitura e necessidade de novos conceitos e embasamentos foram incorporados novos trabalhos científicos utilizando-se de amostragem não probabilística denominada “bola de neve”, a qual utiliza-se de cadeias de referências.

O método de pesquisa bola de neve é definido por Vinuto (2014), uma forma de amostra não probabilística que utiliza-se de cadeias de referência, ou seja, é um método com um processo permanente de coleta de informações, utilizado principalmente para fins exploratórios onde se deseja obter uma melhor compreensão sobre o tema.

No contexto da pesquisa o uso do método “bola de neve” se deu pela utilização de trabalhos que não foram selecionados na revisão sistemática da literatura. Uma vez que a execução da revisão sistemática da literatura não esgota os conhecimentos necessários sobre o tema abordado, houve a necessidade da busca por trabalhos com importantes contribuições para o tema, normas e leis, o que caracterizou a utilização do método “bola de neve”.

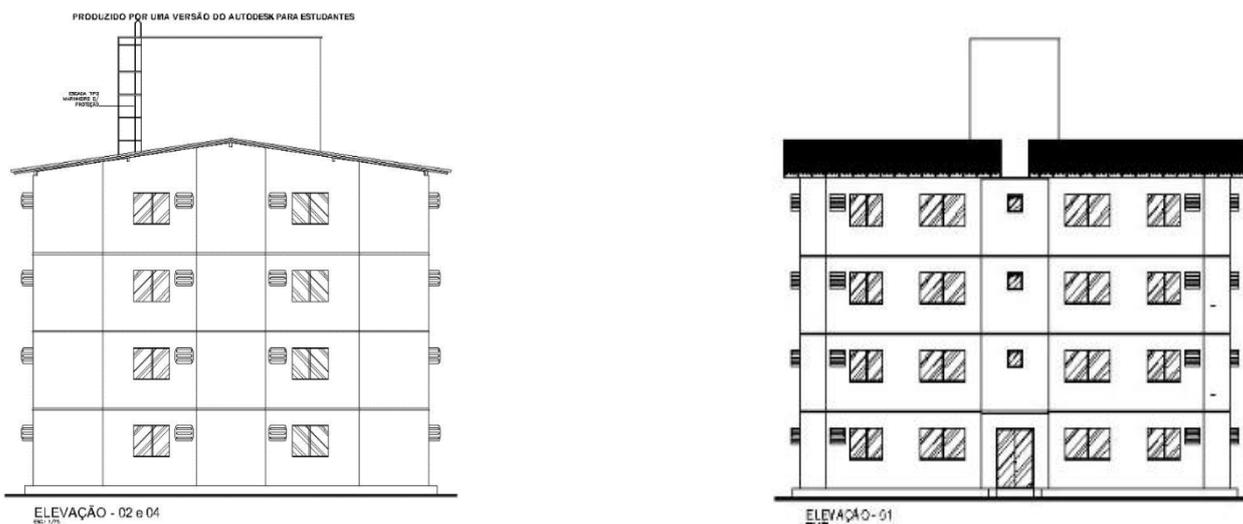
3.3 Escolha da obra adotada na pesquisa e suas características

Para esta pesquisa foi escolhida uma obra vertical de moradias populares. Ela abrigará famílias de baixa renda provenientes de áreas de risco social existentes nas proximidades. A obra em questão está localizada na cidade de Belém, no estado do Pará. Situa-se no bairro do Guamá, o bairro mais populoso da capital paraense.

O canteiro de obras possui um conjunto de torres verticais, sendo treze torres construídas em estrutura de concreto com alvenaria de vedação convencional que possuem quatro andares (térreo mais três andares) e três torres construídas em parede estrutural que possuem três andares cada (térreo mais dois andares).

As torres de alvenaria convencional com quatro andares, foram o objeto de estudo desta pesquisa, elas possuem 04 apartamentos por andar. Na figura 3.7 pode-se observar as elevações em 2D do tipo de edificação que foi modelada. Essas elevações fazem parte do projeto original da obra e encontram-se na íntegra no anexo I desta dissertação.

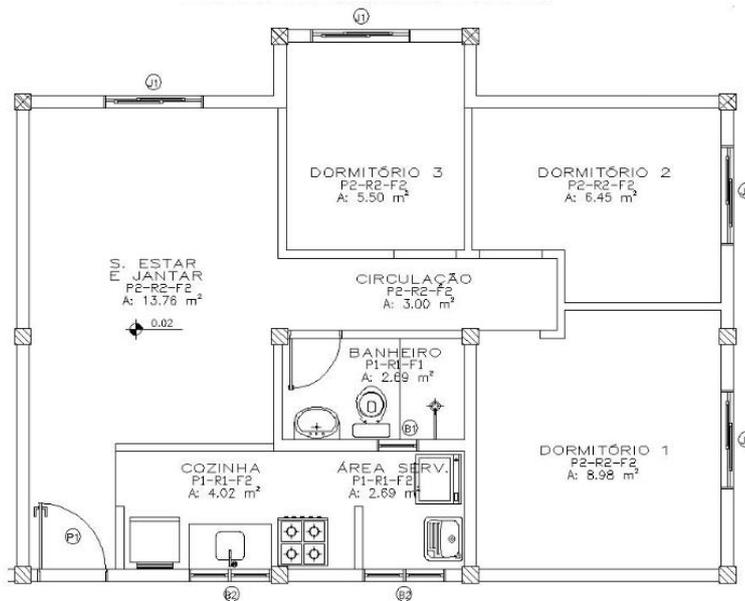
Figura 3.7 - Elevações da obra



Fonte: O autor

A edificação escolhida para a modelagem conta com quatro apartamentos por andar, totalizando 16 apartamentos por edificação, sendo cada um com área de 53 M², na Figura 3.8 pode-se observar a planta baixa de um dos apartamentos tipos do empreendimento. As edificações contam com revestimento externo em pintura e piso em revestimento cerâmico 40x40 cm.

Figura 3.8 – Planta baixa apartamento



Fonte: O Autor

O início das obras do canteiro avaliado data de 2003 e ela já foi diversas vezes paralisada neste período. Segundo o atual engenheiro residente essas paralisações que se deram no decorrer da obra ocorreram por diversos motivos, entre eles: mudança de projetos, problemas operacionais e troca da empresa executora da obra.

Durante a realização da pesquisa apenas se conseguiu acompanhar as etapas de cobertura, alvenaria e acabamento das edificações uma vez que as fases anteriores já haviam sido concluídas no canteiro.

No período da pesquisa a obra encontrava-se com um quantitativo de quarenta e oito operários, dois engenheiros residentes, dois técnicos em edificações. Quanto ao quantitativo de funcionários responsáveis pela segurança do trabalho na respectiva obra tinha-se um técnico de segurança do trabalho, um técnico de enfermagem do trabalho e um engenheiro de segurança do trabalho que era responsável por todas as obras da empresa, o qual realizava de uma a duas visitas semanais a obra avaliada.

Para a realização desta pesquisa optou-se por avaliar apenas o modelo construtivo realizado com paredes de alvenaria convencional devido ao maior número de prédios com este perfil no canteiro de obras e por ser o padrão construtivo mais utilizado na região.

Nesta etapa buscou-se conhecer melhor o contexto físico e operacional da obra, onde se buscou coletar o maior número possível de informações com os responsáveis técnicos sobre projetos, planejamento e quesitos de segurança presentes no ambiente de trabalho.

3.4 Estimativas de riscos de acordo com a modelagem e simulação

Nesta etapa da pesquisa foi realizada a estimativa dos riscos existentes no canteiro de obras a partir do Programa de Condições e meio Ambiente de Trabalho na Indústria de Construção (PCMAT), projetos, fotos e dados obtidos *in loco*. Essa estimativa foi posteriormente confrontada com uma modelagem a qual foi realizada com as especificações determinadas pela NR-18 e pela NR 35, onde pode-se avaliar as inconformidades da obra com o que é exigido.

Utilizando-se dos dados obtidos no anuário da previdência social (BRASIL, 2017b), que retrata o cenário nacional de acidentes de trabalho e dos dados obtidos da Secretária de Trabalho que retrata o cenário no estado do Pará e avaliando os principais acidentes ocorridos em setores relacionados a construção civil que foram definidos pelos seus respectivos CNAE, optou-se por realizar a modelagem de riscos relacionados a quedas em altura.

Para iniciar a modelagem da obra foi utilizado o *software Revit*, no qual se fez a conversão dos projetos originais que se encontravam em formato 2D no *software Autocad*. A verificação dos riscos presentes no canteiro se deu inicialmente através de visitas e também com a modelagem da obra, onde se realizou uma representação 3D permitindo visualizar as características da construção, o que possibilita perceber as suas particularidades.

Após finalizada a modelagem da obra, foi realizada a simulação do andamento da obra, através do *software Naviswork*, que unindo a modelagem 3D realizada no *software Revit*, junto com o planejamento da obra no *software MS Project* produziu um arquivo onde pode ser acompanhado o desenvolvimento da obra dia a dia, permitindo identificar riscos em diferentes etapas da obra, mesmo antes das etapas serem executada.

3.5 Análise dos dados

A análise realizada a partir de visitas ao canteiro de obras para coleta de dados e posterior modelagem de Equipamentos de Proteção Coletiva (EPC) para proteção contra quedas em altura. A

modelagem realizou-se com o intuito de possibilitar a comparação com o cenário atual da obra possibilitando rastrear incompatibilidades existentes na prática.

3.5.1 Modelagem computacional

Para dar início a modelagem computacional da obra, foram necessárias algumas visitas ao canteiro, com o intuito de realizar a coleta de informações referentes a dinâmica diária da obra, além de projetos executivos como projeto arquitetônico, projeto de fundação, projeto estrutural, projetos de segurança e o planejamento.

Para esta pesquisa foi realizada uma análise sobre os principais *softwares* que utilizam o BIM, e optou-se pelo uso de três programas os quais atenderam de forma mais ampla os objetivos da pesquisa, os softwares adotados e a justificativa para a sua escolha são os seguintes:

a) AUTODESK REVIT

A escolha pelo *software Revit* deveu-se pelo fato dele possuir boa intoperabilidade com outros *softwares*, principalmente da empresa *Autodesk* que dispõe de uma gama ampla de *softwares* BIM e possuir versão estudantil que permite a sua utilização para fins acadêmicos sem ônus para o usuário. A versão do *software* utilizada na pesquisa foi o Revit 2019.

b) NAVISWORK

A escolha pelo *software Naviswork* deveu-se pelo fato do mesmo ser de autoria da empresa *Autodesk*, mesma empresa fornecedora do *software Revit*, garantindo boa intoperabilidade entre eles. Embora não seja um impeditivo o uso de softwares de desenvolvedores diferentes, a escolha por ambos os programas da mesma empresa deveu-se entre outros motivos por ambos possuírem versão estudantil. A versão do *software* utilizada para a realização da pesquisa foi o *Naviswork* 2019.

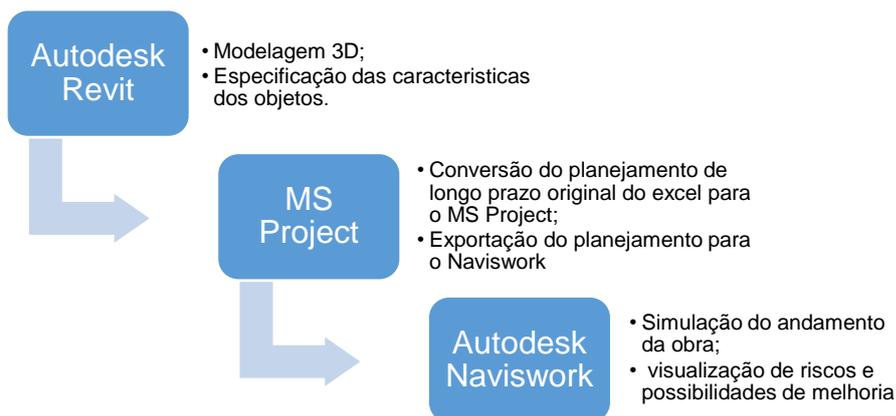
c) SOFTWARE MS PROJECT

O *software MS Project* embora não seja um software que utiliza diretamente o BIM, a sua escolha para integrar a pesquisa deveu-se pelo fato da inclusão do planejamento no *software Naviswork* ser feita de forma mais otimizada. Outros *softwares* como, por exemplo, o *Primavera* possuem intoperabilidade com o software *Naviswork* e por motivo

de familiaridade com o *software MS Project* por parte do autor ele foi escolhido para auxiliar na inclusão do planejamento.

Para a modelagem e simulação da obra, cada *software* possuía uma aplicação diferente a qual cada um complementava o projeto com contribuições distintas e acrescentaram informações importantes de projeto, planejamento e andamento da obra. Cada *software* utilizado apresentou as seguintes contribuições para o trabalho, como mostra a Figura 3.9.

Figura 3.9 - Estruturação do uso dos Softwares



Fonte: O Autor

Esta etapa necessitou de algumas validações *in loco* junto com a equipe técnica da obra, principalmente com relação ao planejamento da obra que por algumas vezes sofreu modificações com o intuito de aproximar a simulação com o andamento real das etapas construtivas do canteiro.

3.5.2 Comparativo com o cenário real da obra e propostas de melhorias

Após finalizada a modelagem em BIM do empreendimento escolhido, foi realizada a comparação do projeto modelado em uma situação ideal, obedecendo as especificações da NR 18 e o cenário real da obra.

A comparação possui como objetivo avaliar possíveis incompatibilidades e falhas na execução de medidas de proteção de queda em altura originalmente projetadas em 2D. A comparação avaliou principalmente requisitos como dimensionamento, espaçamento e estado de preservação dos EPC avaliados.

Finalizada a comparação *in loco* foi realizada a apresentação dos resultados aos responsáveis técnicos da obra para que eles pudessem ser discutidos, foi avaliada a aceitação do engenheiro residente e da técnica de segurança da obra sobre a utilização do BIM e como a sua utilização poderia trazer melhorias para o ambiente da obra e por fim foram indicadas melhorias para os EPC, de acordo com observações realizadas.

4 RESULTADOS

Neste capítulo serão apresentadas as análises referentes a obra escolhida para avaliação, localizada na cidade de Belém, onde se analisou situações de queda em altura. Para a análise utilizou-se os *softwares Revit e Naviswork*.

Para a modelagem houve, inicialmente, a necessidade de conversão dos projetos originais da obra que estavam executados em projetos em formato 2D no software *Autocad* para o formato 3D no software *Revit*. Os projetos originais e o planejamento da obra encontram-se no anexo III desta dissertação.

4.1 Caracterização dos EPC

A modelagem da obra teve princípio a partir da coleta de dados no canteiro de obras, através da análise de projetos, registros fotográficos e conversas com os responsáveis técnicos. Reunidas as principais informações, inicialmente realizou-se modelagem do sistema de linha de vida de acordo com o que se exige na NR 35 (BRASIL, 2019b), em seguida realizou-se a conversão do projeto de bandejas, que era o único de segurança em altura disponível, de um modelo 2D para um modelo 3D e modelou-se os guarda corpos de acordo com o que é exigido a NR-18 (BRASIL, 2020a), uma vez que não havia projeto e estes dados serão comparados com os registros feitos pelo pesquisador *in loco* na obra. Toda a modelagem inicial do prédio escolhido foi realizada no *software Revit*.

4.1.1 Cálculos para execução dos EPC

Em situações onde se faz necessário o trabalho o qual há o risco de queda em altura superior a 2,00 metros a NR 35 estabelece a obrigação de utilização do Sistema de Proteção Coletiva contra Quedas (SPCQ). De acordo com SESI (2017), os SPCQ podem ser classificados de acordo com a sua finalidade podendo ser:

- Restrição de movimento: destina-se a diminuir o limite de movimentação do trabalhador evitando que ele chegue ao local onde há a possibilidade de queda. Como exemplo pode-se ter o guarda corpo e a linha de vida horizontal;
- Retenção de queda: Destina-se a interromper a queda quando ela já teve início, de modo a atenuar as suas consequências. Como exemplo pode-se ter a linha de vida vertical e as redes de segurança.

Na situação analisada na obra foi utilizada a linha de vida horizontal de modo a proteger os operários de queda em altura nas bordas das lajes. O modelo de linha de vida utilizado apresenta-se a seguir.

4.1.2. Linha de vida horizontal

De acordo com Peinado (2019), a linha de vida horizontal pode ser fixada na própria estrutura da edificação ou em estruturas auxiliares dimensionadas para este fim, com o objetivo de limitar a movimentação do operário e assim evitar possíveis quedas. Ainda de acordo com o mesmo autor, a linha de vida horizontal permite que o cabo se movimente ao longo do comprimento da área protegida e é ligado à estrutura por meio de pontos de fixação intermediários e nas extremidades.

Para a execução da linha de vida no canteiro de obras se faz necessário a execução do seu dimensionamento, onde se deve detalhar os materiais utilizados, pontos de ancoragem, altura das linhas de vida e outros pontos a critério do projetista. Os cálculos utilizados na obra para o dimensionamento da linha de vida encontram-se descritos a seguir:

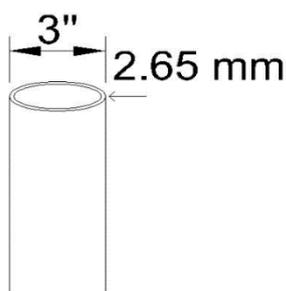
I. Memória de cálculo

I. Características construtivas

- Cabo de aço galvanizado diâmetro 3/8" 6 x 19 AF
- Clips de cabo de aço 3/8"
- Tubo de aço carbono preto diâmetro 3" x 2,65 mm;

II. Dimensionamento dos montantes

Figura 4.1 – Perfil utilizado



Fonte: O autor

$$M = f \times d$$

$$M = 2400 N \times 8,4 M$$

$$M = 20160 N.m$$

$$\sigma f = \frac{M \times c}{I}$$

$$\sigma f = \frac{21160 \times 0,04}{\frac{\pi}{4} \times [(0,08)^4 - (0,074)^4]}$$

$$\sigma_m = \text{Tensão adm. material} = 250 \text{ MPa}$$

$$\sigma_T = \text{Tensão de trabalho} = 93,56 \text{ MPa}$$

$$\sigma_T < \sigma_M$$

OBS: Distanciamento máximo entre os tubos foi definido como sendo de 8,5 metros.

II. Dimensionamento cabo de aço

- Fator de segurança: 4
- Carga acidental máxima: 160 Kgf (dois funcionários por vão)
- Cabo: 3/8” (Carga de ruptura = 5409 Kgf);

A partir dos dados descritos acima e utilizando-se a tabela apresentada na Figura 4.2 presente na NBR ISO 2408/2019 (BRASIL, 2019d), pode-se encontrar e especificação mais adequada para o tipo de utilização a ser dada para ele.

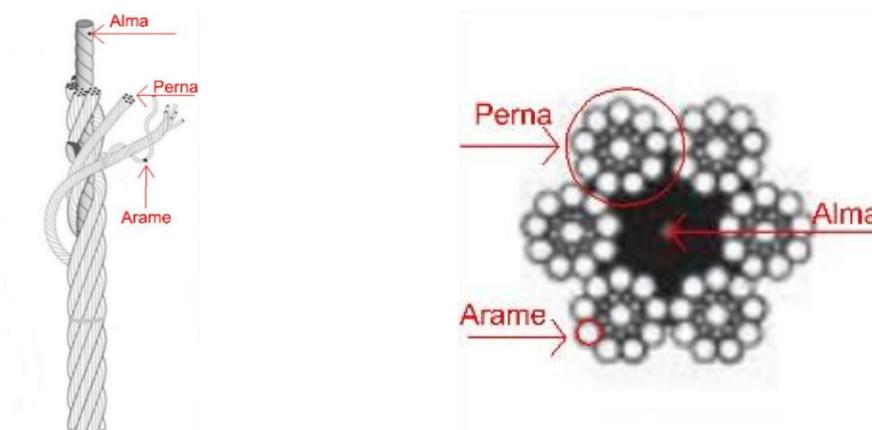
Figura 4.2 – Tabela de dimensionamento Cabo de aço

BITOLA		TABELA DE PESO				TABELA IPS				TABELA EIP'S			
DIÂMETROS		PESO EM Kg POR METRO LINEAR				CARGAS DE RUPTURAS - RESISTÊNCIA 1770 N/mm ² (IPS) em Kgf				CARGAS DE RUPTURAS - RESISTÊNCIA 1960 N/mm ² (EIP'S) em Kgf			
Polegadas	Milímetros	6x7		6x25 e 6x41		6x7		6x25 e 6x41		6x7		6x25 e 6x41	
Pol.	mm	AF / AFA	AA / AACI	AF / AFA	AA / AACI	AF / AFA	AA / AACI	AF / AFA	AA / AACI	AF / AFA	AA / AACI	AF / AFA	AA / AACI
1/16"	1,59	0,012	0,013			151	163			167	181		
5/64"	1,99	0,014	0,015			236	255			261	283		
3/32"	2,38	0,019	0,021			340	367			376	407		
1/8"	3,18	0,034	0,037			604	653			669	723		
5/32"	3,97	0,054	0,061			944	1.021			1.045	1.130		
3/16"	4,76	0,078	0,086	0,088	0,097	1.359	1.469	1.551	1.457	1.505	1.627	1.498	1.613
1/4"	6,35	0,140	0,154	0,156	0,172	2.416	2.613	2.702	2.591	2.676	2.893	2.659	2.869
5/16"	7,94	0,221	0,244	0,244	0,268	3.778	4.085	3.955	4.051	4.183	4.523	4.158	4.486
3/8"	9,53	0,316	0,344	0,344	0,368	5.409	5.825	5.559	5.836	6.026	6.517	5.990	6.462
7/16"	11,10	0,430	0,473	0,480	0,520	7.383	7.983	7.559	7.917	8.176	8.840	8.126	8.767
1/2"	12,70	0,570	0,627	0,630	0,680	9.665	10.451	9.607	10.364	10.702	11.573	10.638	11.476
9/16"	14,30	0,710	0,781	0,790	0,880	12.254	13.250	12.180	13.139	13.569	14.672	13.487	14.550
5/8"	15,90	0,880	0,968	0,980	1,070	15.149	16.381	15.056	16.244	16.775	18.139	16.674	17.988
3/4"	19,10	1,260	1,380	1,410	1,560	21.880	23.638	21.729	23.441	24.207	26.176	24.061	25.957
7/8"	22,20	1,710	1,880	1,920	2,110	29.532	31.934	29.354	31.667	32.702	35.362	32.505	35.066
1"	25,40	2,230	2,450	2,500	2,750	38.660	41.804	38.427	41.454	42.610	46.291	42.552	45.904
1.1/8"	28,60			3,170	3,480			48.719	52.557			53.949	58.199
1.1/4"	31,80			3,910	4,300			60.231	64.977			66.697	71.951
1.3/8"	34,90			4,730	5,210			72.547	78.262			80.334	86.664
1.1/2"	38,00			5,630	6,190			86.007	92.783			95.239	102.743
1.5/8"	41,30												
1.3/4"	44,50												
1.7/8"	47,60												
2"	50,80												
2.1/8"	54,00												
2.1/4"	57,20												

Fonte: (BRASIL, 2019d)

Logo, para o dimensionamento do Cabo de aço utilizado para execução da linha de vida no canteiro, através de dados da NBR 2408, conclui-se que a o cabo que melhor atente as necessidades é o cabo 3/8” AF 6 x 19. O tipo de cabo de aço escolhido possui aspecto semelhante a Figura 4.3

Figura 4.3 – Caracterização do aço utilizado na linha de vida



Fonte: Siva (2019) - Adaptado

O aço presente na Figura 4.3 possui sua construção composta por seis pernas, sendo que em cada perna do cabo são encontrados 19 arames e possui alma de fibra. Segundo dados do fabricante do cabo de aço utilizado na obra, ele possui acabamento galvanizado, o que garante maior resistência contra corrosão e resistência de ruptura de 5500 Kg.

4.1.3 Bandeja de proteção

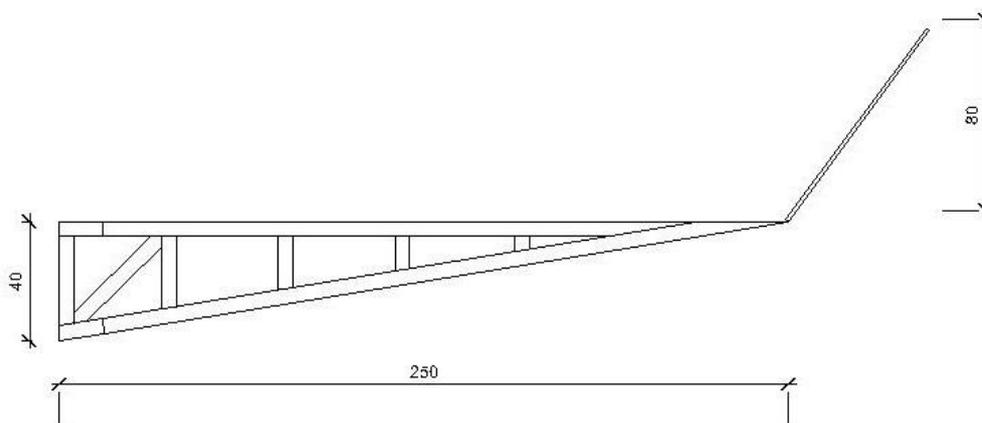
a) Instrução para Execução

Para a execução das bandejas de proteção houve a necessidade de embasamento na Norma regulamentadora Nº 18 (NR 18). Na obra analisada foi executada apenas a bandeja primária devido as suas características de altura.

Para a execução das bandejas de proteção, como se caracteriza por um serviço realizado a uma altura superior a dois metros, deve-se realizar os mesmos cuidados adotados na execução dos guarda corpos, com a utilização de linha de vida horizontal, além de treinamentos ministrados aos operários referente a NR 35, norma que trata sobre serviços realizados em altura.

A bandeja de proteção primária executada na obra e conseqüentemente modelada nesta pesquisa contava com as seguintes características como mostra a Figura 4.4:

Figura 4.4 – Bandeja obra (2D)



Fonte: O autor

O sistema de bandeja foi projetado para que possa suportar no mínimo três vezes o valor de 80kg que é a média de peso adotada pelo projetista como peso dos operários. Durante a execução do sistema de bandejas primárias, todos os operários que tenham acesso a bandeja de proteção deverão estar devidamente atracados a um cinto de segurança conectado a linha de vida, capacete e luva.

As bandejas de proteção primária utilizadas no canteiro de obras foram executadas no com a utilização dos seguintes materiais:

- Perfil U - 50x30x3mm;
- Eletrodo de solda;
- Compensado de madeira resinada com a espessura de 15mm;
- Parafusos.

Para a execução das bandejas de proteção, ainda na fase de concretagem da laje onde ela será colocada, deve ser colocados pontos de ancoragem chamadas de faquetas, onde as mãos francesas do sistema de bandejas devem ser encaixadas.

Foi utilizado o espaçamento entre as mãos francesas que compõem o sistema de bandejas de proteção na obra a cada dois metros por todo o perímetro da edificação, de modo a garantir uma melhor estabilidade ao sistema.

Para a realização de qualquer trabalho que envolva o risco de queda em altura superior a 2,00 metros, se faz necessário que a empresa forneça treinamento baseado nas considerações da Norma Regulamentadora 35 (NR 35) que trata sobre trabalhos em altura.

Com relação aos operários que executaram a colocação das bandejas de proteção primária, eles foram submetidos a treinamentos como exige NR 35, onde se faz necessário o treinamento nas seguintes situações mostradas na Figura 4.5:

Figura 4.5 – Situações onde se faz necessária a aplicação de treinamentos

Treinamento inicial	<ul style="list-style-type: none"> • Carga horaria mínima: 08 horas; • Conteúdo programático: estabelecido pela norma.
Treinamento Bienal	<ul style="list-style-type: none"> • Carga horaria mínima: 08 horas; • Conteúdo programático: A critério do empregador.
Treinamento Eventual	<ul style="list-style-type: none"> • Carga horaria mínima: de acordo com a situação que o motivou; • Conteúdo programático: de acordo com a situação que o motivou.

Fonte: O autor

Na obra analisada foi realizado o treinamento dos operários com carga horária de oito horas, com certificado nominal para o trabalhador contendo conteúdo programático, carga horária, data, local de realização do treinamento, nome e qualificação dos instrutores e assinatura do responsável. Este documento encontra-se no anexo III desta dissertação.

b) Resistência da bandeja de proteção primária

Para a execução das bandejas de proteção primária foi necessário a execução de um projeto, onde foi definida a resistência necessária para este EPC. Os cálculos apresentados para o dimensionamento foram os mesmos utilizados na obra. Os cálculos utilizados podem ser visualizados na memória de cálculo.

- **Memória de cálculos**

1. Valores utilizados:

- 1.1. Sobrecarga + peso do tabuado: 200kgf/m²;
- 1.2. Perfil aplicado: Perfil U (50x30x3 mm);
- 1.3. Comprimento das peças estruturais: 2,50 m;
- 1.4. Tensão admissível: ≤ 250 MPa.

2. Cálculos estáticos

- 2.1. Carga na mão francesa

$$q = \frac{200 \times 2}{2}$$

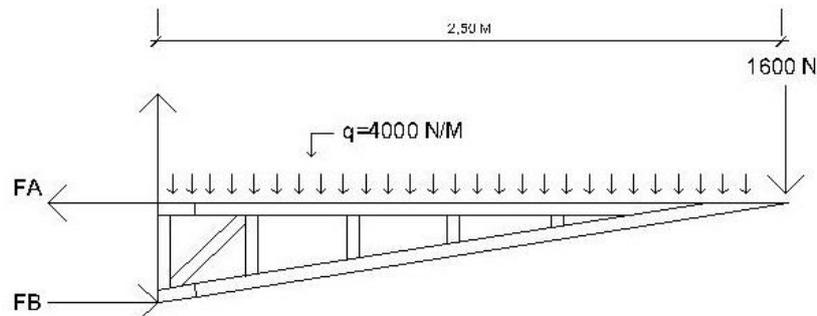
$$q = 400 \text{ Kgf/m}$$

- 2.2. Carga na extremidade

$$qe = 2 \times 80 \rightarrow 160 \text{Kgf}$$

2.3. Esforço de compressão:

Figura 4.6 - Bandejas – forças atuantes



Fonte: O autor

$$\sum MV = 0$$

$$RA - 400 \times 2,50 - 160 = 0$$

$$RA = 1160 \text{Kgf}$$

$$\sum MA = 0$$

$$+400 \times 2,50 \times 1,25 + 160 \times 2,50 - FB \times 0,40$$

$$FB = \frac{1650}{0,40} = 4125 \text{Kgf} = 41250 \text{N}$$

2.4. Tensão admissível nos pontos críticos A e B

- Coeficiente de segurança: 1,64

$$\text{Logo, } T = 41250 \times \frac{1,64}{312} = 217 \text{ MPa, atende a Tensão admissível.}$$

c) Teste de carga

Após finalizada a colocação das bandejas de proteção primária no perímetro da edificação analisada, foi realizado um teste de carga dimensionado pelo engenheiro de segurança responsável pelo projeto e execução do EPC.

Foi realizado o teste, onde admitiu-se que o número máximo de operários que podem ter acesso a bandeja com segurança são 03 pessoas em simultâneo. Neste contexto foi realizado o teste de carga com o intuito de avaliar a resistência da bandeja de proteção a este carregamento.

Para este ensaio foram utilizados sacos de cimento que totalizaram 300 Kg (06 sacos de cimento) aplicados na bandeja de proteção, distantes entre si em 2,0 metros, em três pontos diferentes da estrutura, no qual buscou-se simular uma situação crítica de carregamento nas bandejas.

Após a realização do teste, observou-se que a bandeja primária suportou o carregamento de 300 Kg sobre a estrutura das 03 mãos francesas analisadas, não apresentando rupturas ou deformações

significativas. Suportando o peso de 03 operários em simultâneo em sua estrutura. O autor teve acesso a apenas um laudo de resistência das bandejas de proteção, o mesmo foi realizado em 31 de outubro de 2019, devendo ser repetido a cada 06 meses.

4.1.4 Guarda corpo

a) Instrução para execução

Para a execução do guarda corpo, inicialmente é feita uma Análise preliminar de Risco (APR) da atividade, no PCMAT da obra os riscos associados a esta atividade são os seguintes:

- Ruído derivado de furadeiras e serras circulares utilizadas para corte e fixação da madeira;
- Exposição a poeira vegetal derivada do corte da madeira;
- Contato com materiais perfuros-cortantes;
- Posturas inadequadas.

Deste modo no PCMAT da obra é indicado para os trabalhadores que realizarão a colocação dos guarda corpos a utilização dos seguintes Equipamentos de Proteção Individual (EPI):

- Bota de couro ou PVC;
- Capacete de Segurança com jugular;
- Luva de Raspa;
- Protetor auricular tipo plug;
- Cinto de segurança.

Na obra analisada foi realizado o treinamento dos operários com carga horária de oito horas, com certificado nominal para o trabalhador contendo conteúdo programático, carga horária, data, local de realização do treinamento, nome e qualificação dos instrutores e assinatura do responsável. Este documento encontra-se no anexo III desta dissertação.

A obra analisada não apresentava um projeto de guarda corpo, deste modo foi necessário para a realização da modelagem, o embasamento na Norma regulamentadora N°18 (NR 18), a qual trata especificamente sobre o setor da construção civil. A norma trata em seu subitem 18.9.4.2 sobre as especificações necessárias para a utilização correta deste EPC em um canteiro de obra.

O guarda corpo deve possuir três travessões, onde a altura do travessão inferior corresponde a uma altura mínima de 0,20 metros, rente à superfície, o travessão intermediário deve possuir uma altura de 0,7 metros e o travessão superior uma altura de 1,2 metros. Obedecendo o que pede a NR 18 foram incluídos os montantes, que são caracterizados como um elemento vertical o qual se ancora ao piso e os travessões do guarda corpo como forma de aumentar a rigidez da estrutura e garantir mais segurança na utilização. O montante deve ser fixado distante um ao outro com um espaçamento

máximo de 1,5 metros, a distância adotada na obra e que foi reproduzida na modelagem corresponde a um espaçamento de 1,5 metros entre cada montante.

Foi utilizado na modelagem o uso de redes de proteção, com o intuito de fechar as aberturas existentes entre os travessões. Na obra foi utilizada uma tela de polietileno com 1,2 metros de altura, sem a existência de emendas no comprimento vertical. Segundo dados do fabricante da tela de proteção, ela possui uma resistência a tração de 80 Kgf/5cm.

Estas medidas foram obedecidas para a execução do guarda corpo durante a execução da modelagem no *software Revit*. O guarda corpo utilizado na obra e reproduzido na modelagem é executado em peças de madeira com tábuas com 15 centímetros de largura.

b) Resistência do guarda corpo

De acordo com NR 18, as peças que compõem o guarda corpo devem possuir uma resistência mínima com o objetivo de garantir segurança para os operários. No corpo da norma são definidas as seguintes resistências mínimas para o guarda corpo:

- Travessão inferior: 22kgf/m;
- Travessão intermediário: 66kgf/m;
- Travessão Superior: 90Kgf/m.

Embora a obra não possua um projeto formal de guarda corpos, foi realizado no canteiro, um teste de carga embasado na NBR 14718 (BRASIL, 2019a) que trata sobre guarda corpos para edificação, com o intuito de verificar a sua integridade mediante esforços.

De acordo com Costella (2014), o ensaio é considerado um teste dinâmico onde o guarda corpo submetido ao esforço deve atender aos seguintes requisitos:

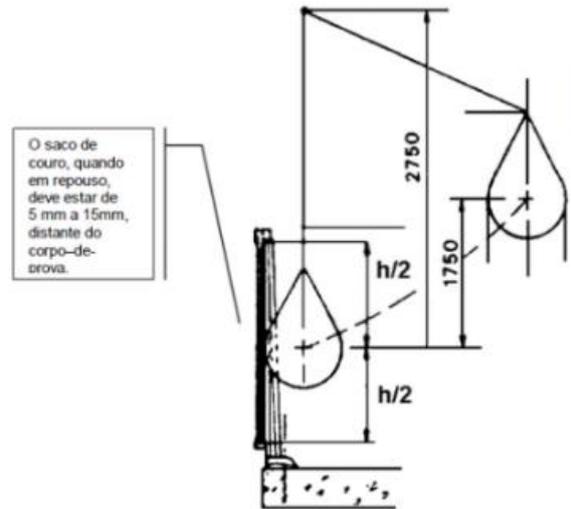
- a) Não deve ocorrer ruptura ou destacamento das fixações;
- b) Não deve ocorrer queda do painel ou de perfis, no caso de guarda corpo do tipo gradil;
- c) Caso ocorra ruptura de qualquer componente, esta não deve implicar risco de queda do agente causador do impacto.

Sendo permitido neste ensaio que o guarda corpo sofra apenas as seguintes consequências:

- d) Afrouxamento de fixações;
- e) Deformações nos acessórios constituintes do guarda corpo;
- f) Ruptura de algum acessório desde que ele permaneça no guarda corpo.

O ensaio realizado consiste em impactos realizados sobre o guarda corpo com um saco de 40Kg em movimento de pêndulo, causando um impacto com energia de 700 Joules aplicado no centro geométrico do painel do guarda corpo, como mostra a Figura 4.7.

Figura 4.7 – Modelo de ensaio guarda corpo



Fonte: NBR 14718 (BRASIL, 2019a)

Este ensaio deve ser repetido no canteiro de obras a cada seis meses, como forma de verificar a resistência do guarda corpo aos esforços. Foram avaliados dois laudos do presente ensaio realizado pela empresa sendo o primeiro datado de novembro de 2018 e o segundo de agosto de 2019 em ambos a empresa o ensaio o guarda corpo conseguiu obter resistência e deformações satisfatórias. Na Figura 4.8 Figura 4.8 apresenta-se uma imagem do presente ensaio realizado no canteiro.

Figura 4.8 – Ensaio de resistência guarda corpo



Fonte: O autor

4.2 Modelagem da obra

A modelagem da obra teve início a partir da coleta de dados no canteiro de obras, através da análise de projetos, registros fotográficos e conversas com os responsáveis técnicos pelo empreendimento. Para a modelagem da obra se optou pelo nível de desenvolvimento BIM (LOD) 300, onde os elementos do modelo são graficamente representados como um sistema específico, onde os objetos ou a sua montagem em termos de quantidade, tamanho, forma, localização e orientação estão definidos e os elementos estão localizados com precisão em relação à origem do projeto.

Reunidas as principais informações, inicialmente realizou-se a conversão do projeto de bandejas, de um modelo 2D, originalmente executado no *software AutoCAD* para um modelo 3D executado no *software Revit* e modelou-se os guarda corpos de acordo com o que é exigido a NR-18, uma vez que não havia projeto e estes dados foram comparados com os registros feitos pelo pesquisador *in loco* na obra. Toda a modelagem 3D inicial da edificação escolhida foi realizada no *software Revit*.

4.2.1 Modelagem 3D no Software REVIT

Nesta etapa da pesquisa realizou-se uma modelagem paramétrica das linhas de vida, dos guarda corpos e da bandeja de proteção primária da edificação analisada. A partir dos projetos arquitetônicos, estrutural e de fundação deu-se início a modelagem do prédio escolhido para a análise, um prédio de quatro andares (térreo mais três) em estrutura de concreto e alvenaria de vedação convencional.

A modelagem realizada buscou obedecer aos itens exigidos pelas normas NR 18 que trata de serviços realizados na indústria da construção civil e da NR 35 que trata de trabalhos realizados em altura, além das informações presentes no Programa de Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria de Construção (PCMAT) da obra, montando um modelo ideal o qual deverá ser comparado com cenário o real da obra e a partir deste demonstradas as principais incompatibilidades observadas na obra.

Essa modelagem foi levada ao canteiro, assim como vídeos de simulação do andamento da obra realizados no *software Naviswork*, onde estes dados foram apresentados aos responsáveis técnicos de engenharia e de segurança do trabalho, com o intuito de confrontar com o cenário real da obra e avaliar junto aos responsáveis pela obra a possibilidade de melhorias e atitudes no canteiro através dos dados apresentados.

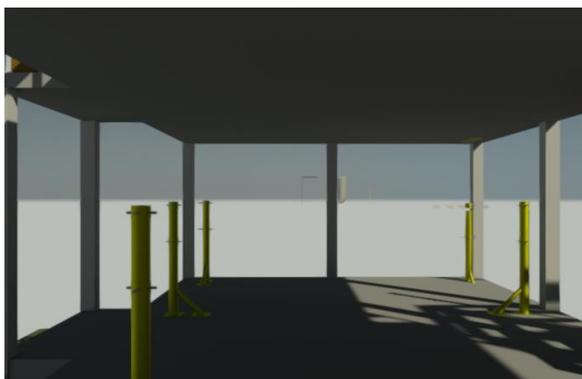
Para a realização da modelagem foram incluídos os elementos existentes no edifício, fundação, estruturas, estruturas temporárias (linha de vida, bandeja de proteção primária e guarda corpos), alvenarias e telhado. Buscando-se avaliar os riscos em altura existentes nas respectivas fases.

Partindo da sequência utilizada no planejamento referente aos EPC avaliados nesta pesquisa, foram executadas todas as estruturas com as suas respectivas linhas de vida, bandejas de proteção primária e guarda corpos. Somente após a finalização da totalidade das estruturas, que se deu início ao fechamento das bordas de laje com alvenaria, sendo iniciada cronologicamente a partir do térreo até a cobertura.

Inicialmente na modelagem, após iniciadas as estruturas e realizada a retirada do escoramento das lajes, foi realizada a colocação das estruturas das linhas de vida, que foram utilizadas para garantir a correta segurança contra quedas em altura nos serviços de colocação de bandeja de proteção primária e guarda corpos na primeira laje e guarda corpos nas demais lajes.

A colocação das estruturas da linha de vida obedeceu ao cálculo e espaçamento máximo já demonstrado anteriormente, na Figura 4.9, pode-se observar o layout das estruturas da linha de vida utilizada.

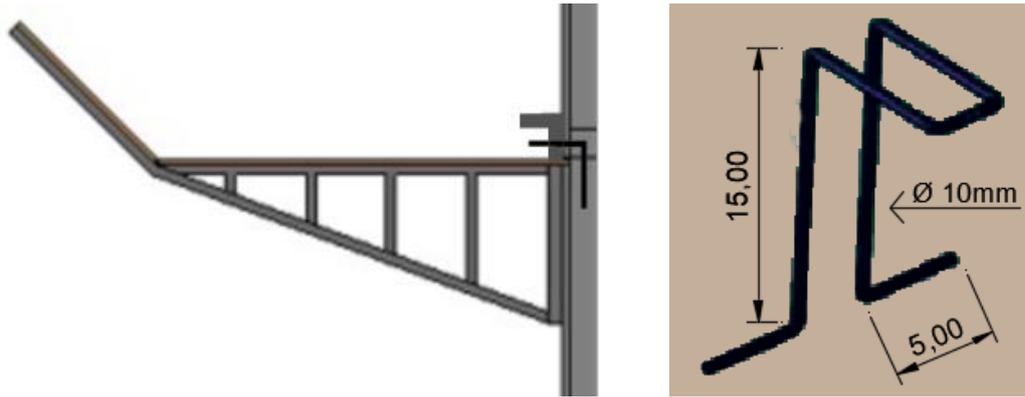
Figura 4.9 – Layout linha de vida



Fonte: O autor

Após concluída a colocação da linha de vida nas lajes é realizada a colocação das bandejas de proteção primária. Para a instalação da bandeja primária, deve-se fixar na estrutura do vigamento da laje no momento da concretagem, as ferragens para ancoragem das mãos francesas. Onde as mãos francesas, que são os componentes estruturais da bandeja de proteção primária, devem ser encaixadas. O modelo da ferragem para ancoragem da mão francesa utilizado no canteiro está presente na Figura 4.10.

Figura 4.10 – Ferragem de ancoragem da bandeja de proteção



Fonte: O autor

Finalizada a colocação das bandejas de proteção primária, deve-se dar início a colocação dos guarda corpos. Os mesmos devem obedecer aos parâmetros exigidos pela NR 18 (BRASIL, 2020a), já especificados anteriormente. Uma das possibilidades de fixação dos guarda corpos na estrutura da laje pode ser visualizada na Figura 4.11, onde ele deve ter suas peças de madeira fixadas na laje, tendo como uma opção a utilização de placas metálicas parafusadas na laje.

Figura 4.11 – Fixação dos guarda corpos



Fonte: O autor

Na Figura 4.12 pode-se observar o registro de desenvolvimento inicial da obra projetado no *software Revit*, ainda sem a inclusão do fator tempo, que será incluído posteriormente no *software MS Project* para posterior simulação no *software Naviswork*.

Figura 4.12 – Modelagem 3D inicial do empreendimento

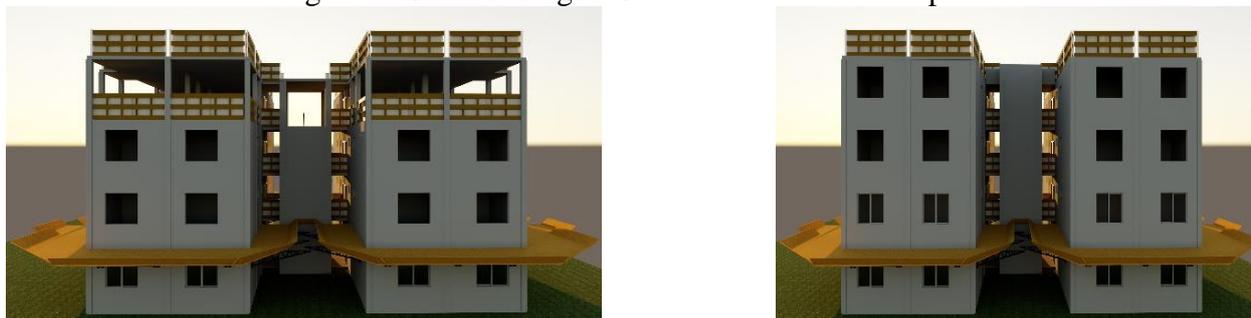


Fonte: O autor

Nesta fase inicial são observadas a execução da estrutura da edificação e arranjo de estruturas temporárias de proteção contra queda em altura. De acordo com o planejamento fornecido pela empresa construtora, cronologicamente são executadas todas as estruturas e colocados todos os guarda corpos na edificação. Após finalizada a etapa de estrutura, a equipe responsável pela execução da alvenaria de fechamento inicia os seus trabalhos.

Na Figura 4.13, pode-se observar o início dos fechamentos das bordas das lajes com a substituição dos guarda corpos pela alvenaria de vedação definitiva. O fechamento das bordas de laje segue a execução cronológica dos andares mais baixos para os andares mais altos.

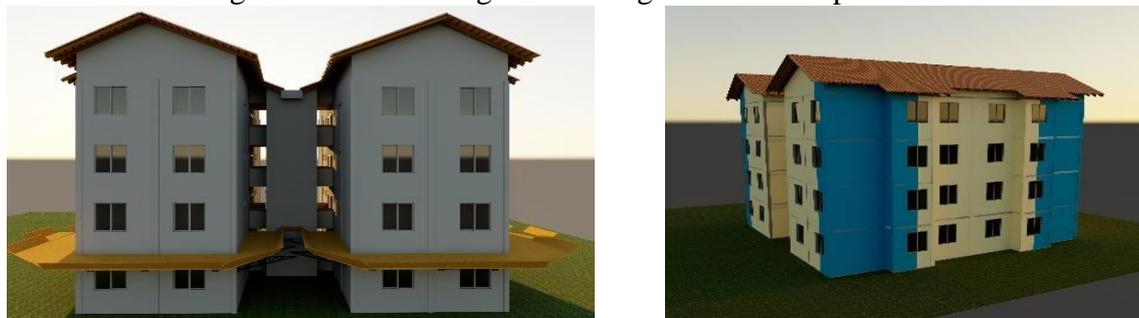
Figura 4.13 – Modelagem 3D Intermediária do empreendimento



Fonte: O autor

Na Figura 4.14, pode-se observar a obra em sua etapa final, com a finalização dos fechamentos de vedação em alvenaria, assim como a estrutura de telhamento e pintura externa da edificação concluídos.

Figura 4.14 - Modelagem 3D estágio final do empreendimento



Fonte: O autor

Após finalizada a etapa de modelagem no *software Revit* foi realizada a importação do planejamento da obra para o *software MS Project* e incluir-lo no *software Naviswork* com o intuito de agregar o fator tempo a simulação do andamento da obra em questão.

4.2.2 Importação do planejamento para o Software MS Project

O planejamento original da obra, que encontra-se na integra no anexo II desta dissertação, encontrava-se no *software Excel*, sendo então necessário realizar a importação deste planejamento para o *software MS Project*, que encontra-se na integra no apêndice III desta dissertação. **Erro! Fonte de**

referência não encontrada., de modo a compatibilizar o planejamento com o formato de arquivo aceito pelo *software Naviswork* o qual realizou a simulação do andamento da obra.

No planejamento da obra, o período de trabalho estabelecido pela empresa, definido por convenção coletiva, estabelece o período de trabalho de segunda-feira à quinta-feira no horário de 7:00 às 17:00h e na sexta feira de 7:00 às 16:00h.

O planejamento da duração de cada atividade estava definido através de índices de produtividades encontrados no Sistema Nacional de Preços e Índices para a Construção Civil (SINAPI), índice elaborado pela Caixa Econômica Federal, que é a financiadora da construção e também alguns índices de produtividades foram definidos de acordo com dados de produtividade da empresa estabelecidos de atividades similares encontradas em outras obras por ela executada.

Durante as visitas ao canteiro de obras e o acompanhamento de algumas atividades como alvenaria e telhamento e de acordo com informações coletadas com o engenheiro residente foi observado que a duração dos serviços estimada no planejamento estava adequada, porém devido a dificuldades operacionais encontradas pela empresa relacionadas a mão de obra, o planejamento havia sido recentemente atualizado, ocorrendo o aumento de prazo para a sua finalização.

Para ser realizada a importação do planejamento para o *software Naviswork* houve a necessidade de algumas modificações no planejamento original fornecido pela empresa responsável pela obra. Essas modificações consistem basicamente na inserção das atividades relacionadas a execução das estruturas temporárias referente a guarda corpos e bandejas de proteção as quais não eram contempladas originalmente no planejamento. Os ajustes realizados foram necessários para que na modelagem da obra no *software Naviswork* se conseguisse verificar o andamento da obra com os elementos de proteção avaliados nesta pesquisa, que são guarda corpo e bandeja de proteção.

4.2.3 Simulação no software Naviswork e comparação com o cenário real

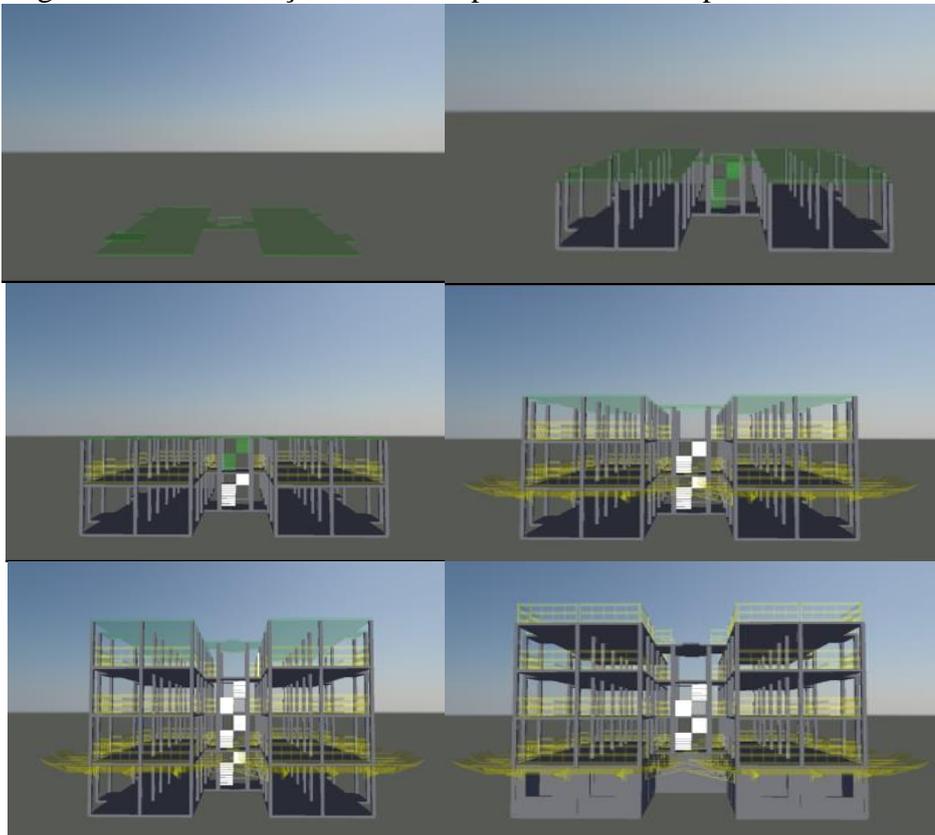
O *software Naviswork*, possui uma grande importância para o planejamento da segurança do trabalho dentro de uma obra, uma vez que possibilita a visualização de riscos pela visualização do andamento da obra antes de sua execução, contribuindo para que a tomada de decisões seja realizada de forma mais rápida, com uma maior quantidade de dados e com melhor visualização do problema.

A simulação do andamento da obra foi realizada através do *software Naviswork* em sua versão 2019. A modelagem consistiu em agregar o fator tempo, utilizando o planejamento executado no *software MS Project* ao projeto 3D executado no *software Revit*. A combinação do planejamento com o projeto da edificação em 3D é realizada pelo *software Naviswork*.

Com a simulação realizada no *Naviswork* foi realizada a comparação *in loco* entre o cenário adotado para a pesquisa onde foram seguidos os padrões exigidos pela NR 18 e NR 35 para os EPC linha de vida, guarda corpo e bandeja de proteção e o cenário real encontrado na obra, podendo-se visualizar incompatibilidades com o que se é exigido e possibilidades de melhorias para o canteiro.

Na Figura 4.15 pode-se visualizar as fases iniciais da obra onde a estrutura é executada e a linha de vida, o guarda corpo e a bandeja de proteção primária são executados. Na sequência de imagens da simulação realizada, as imagens de coloração verde representam os elementos construtivos que serão construídos e ficarão em caráter permanente e em coloração amarela estão representados os elementos de caráter temporário como os guarda corpos que serão substituídos pela alvenaria de vedação no decorrer da obra e bandejas de proteção que serão retiradas após a finalização do telhamento.

Figura 4.15 – Simulação 4D das etapas iniciais do empreendimento



Fonte: O autor

A comparação realizada entre a modelagem BIM referente utilização das linhas de vida com a realidade encontrada no canteiro de obras, não apresentou incompatibilidades com o que se é exigido pela NR 18, com os trabalhadores utilizando este EPC de forma correta, como mostra a Figura 4.16.

Figura 4.16 – Utilização das linhas de vida pelos trabalhadores



Fonte: O autor

Com relação a modelagem dos guarda corpos e o cenário da obra, uma vez que não havia um projeto executivo original, a comparação foi realizada apenas com os dados da modelagem e da avaliação *in loco*, não havendo a possibilidade de se realizar a confrontação entre a modelagem com as exigências normativas e o projeto da empresa.

Durante a avaliação *in loco* pode-se observar o cenário real da obra, onde se encontrou incompatibilidades com as exigências da NR 18. Em relação aos guarda corpos quase que a totalidade encontrava-se fora dos padrões que especificam que um guarda-corpo deva possuir três travessões de madeira na horizontal, sendo que o travessão inferior deve possuir uma altura de 0,20 m, o travessão intermediário uma altura de 0,70 m e o travessão superior com uma altura de 1,20 m, além disso deve possuir travessões verticais, denominados montantes, que devem possuir um espaçamento máximo de 1,5 m entre cada um destes.

Muitos dos guarda corpos apresentavam problemas relacionados a manutenção como quebras das peças de madeira que o constituíam e peças sem a estabilidade necessária para proteger os trabalhadores contra riscos de queda. A maioria dos guarda corpos de escada também apresentavam quebras nos travessões que o compõem. Na Figura 4.17, observa-se o cenário ideal modelado e o cenário real encontrado no canteiro.

Figura 4.17 – Guarda corpo das escadas



Fonte: O autor

Também foram encontradas improvisações nos guarda corpos das extremidades das lajes, onde em alguns casos foram encontradas peças de compensado servindo de guarda corpo, como mostra a Figura 4.18.

Figura 4.18 – Comparação entre a modelagem e o cenário da obra dos guarda corpos



Fonte: O autor

As redes de proteção exigidas pela NR 18 para proteger de queda de materiais entre os vãos dos guarda corpos em grande parte encontravam-se danificadas ou inexistentes, sendo mais um ponto que eleva o risco no ambiente laboral.

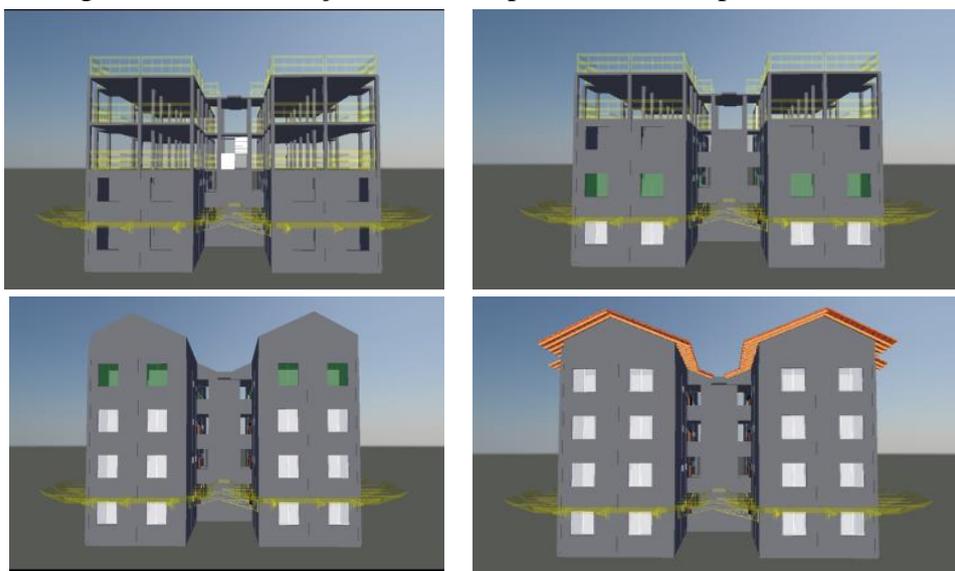
Durante a simulação do andamento da obra no *software Naviswork* percebeu-se que, de acordo com o planejamento fornecido pela empresa executora do empreendimento, foram executadas todas as

estruturas do prédio com a colocação de guarda corpos em todos os pavimentos e somente após finalizada a etapa de estrutura no ultimo andar foi realizada a execução da alvenaria de vedação.

Com a visualização da simulação 4D realizada concluiu-se que poderia ocorrer uma otimização de serviços na obra se houvesse a sincronização de um projeto de guarda corpo com o planejamento, de modo a evitar a execução dos guarda corpos ao mesmo tempo em quatro pavimentos. Neste caso seria recomendado após o período de cura do concreto e retirada do escoramento da laje, a equipe responsável pela alvenaria já iniciar os seus trabalhos permitindo que o material utilizado nos guarda corpos fosse desmontado, transportado e remontado nos andares superiores os quais ainda não houvesse guarda corpos. Acarretando uma diminuição de gastos com materiais, além de diminuir a quantidade de resíduos que seriam gerados ao final do processo, devido a menor utilização de peças de madeira.

Na Figura 4.19, pode-se observar as etapas finais do desenvolvimento da obra. Nesta fase os guarda corpos são retirados da modelagem dando lugar a alvenaria de vedação que é inserida na nesta etapa.

Figura 4.19 - Simulação 4D das etapas finais do empreendimento



Fonte: O autor

Segundo a NR 18 (BRASIL, 2020a), para a retirada da bandeja de proteção primária deve-se esperar a finalização do revestimento externo superior a bandeja, o que garante proteção aos operários diante queda de objetos e materiais. Porém na obra em questão optou-se pela utilização de plataforma elevatória tipo “tesoura”, como mostra a Figura 4.20 para a execução deste serviço. Deste modo a bandeja de proteção primária foi retirada antes da execução do revestimento externo como pede a

norma, todavia sem impactos na segurança, uma vez que a área próxima a plataforma elevatória era isolada durante a execução do serviço.

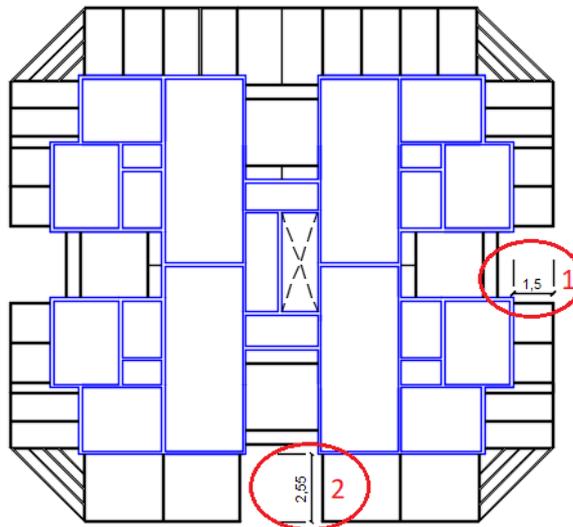
Figura 4.20 – Plataforma elevatória tipo tesoura

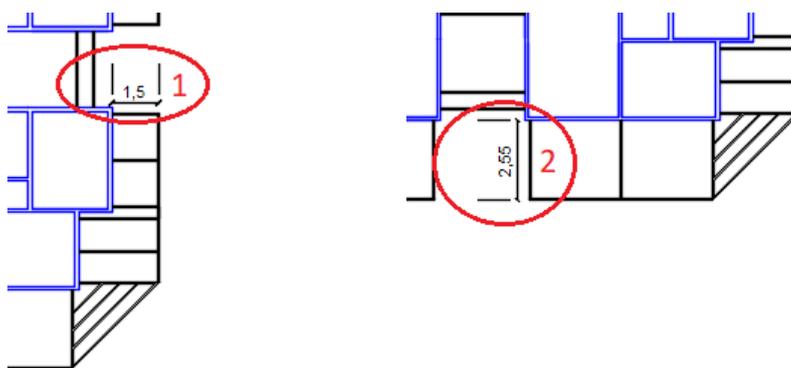


Fonte: Degraus – aluguel de equipamentos (2020)

Na comparação inicialmente realizada entre a modelagem e o projeto de bandejas de proteção original executado em 2D, que encontra-se na Figura 4.21, constatou-se que o projeto atendia as especificações exigidas com apenas o equívoco de que em partes onde a estrutura possuía ressaltos as bandejas primárias possuíam medidas inferiores a 2,50m, não atendendo em sua totalidade o que é exigido em norma.

Figura 4.21 - Projeto original de bandejas primárias





Fonte: O autor

Na Figura 4.21 observa-se o projeto de bandejas de proteção primária, que foi o único tipo de bandeja utilizado na obra devido as suas características de altura, percebe-se destacado de vermelho os pontos de destaque onde o ponto enumerado um, apresenta uma inconformidade com o especificado, pois onde há o ressalto na estrutura devido detalhe arquitetônico do projeto, a bandeja de proteção primária possui uma dimensão inferior ao recomendado possuindo apenas 1,50 m. No ponto enumerado dois, identifica-se o tamanho correto da bandeja especificado pela NR 18 que é de 2,50m

Na Figura 4.22 pode-se observar imagens do cenário referente as bandejas de proteção na obra. Com relação a falha encontrada no projeto, a mesma não foi encontrada *in loco*, onde segundo o engenheiro residente, o erro foi constatado e corrigido no momento da execução das bandejas. Foi constatado que em algumas partes do perímetro da edificação as bandejas de proteção encontravam-se com sinais de falta de manutenção, apresentando pontos de solda danificados com sinais de torção e perfis quebrados, o que diminui ou mesmo anula a proteção que estes dispositivos possam vir a ter em caso de necessidade.

Figura 4.22 - Cenário real das bandejas de proteção encontradas na obra





Fonte: O autor

Durante a pesquisa tomou-se conhecimento que a empresa construtora foi autuada durante uma visita de inspeção da empresa fiscalizadora do contrato, que é responsável por avaliar o desenvolvimento da obra. Foram constatadas inconsistências na execução das bandejas de proteção com relação ao projeto. As incoerências, de acordo com laudo fornecido pela empresa construtora, são as seguintes:

- a) Mãos francesas executadas com perfis metálicos de espessuras diversas variando de 1mm até 4mm, não obedecendo especificações em projeto;
- b) Pontos de ancoragem das peças no concreto das paredes/lajes não foram executados em sua totalidade comprometendo a segurança do conjunto;
- c) Mãos Francesas executadas com pontos de solda realizados sem critérios técnicos, o que acaba por enfraquecer a sua estrutura.

Finalizada a etapa de modelagem da obra e efetuada a comparação entre o modelo feito em BIM e o cenário encontrado no canteiro, apresentou-se os resultados aos responsáveis técnicos da obra para que eles pudessem ser avaliados.

4.3 Apresentação dos comparativos aos responsáveis técnicos da obra

Foram apresentados aos responsáveis técnicos pela obra (engenheiro residente e técnica de segurança) os resultados obtidos através da modelagem dos EPC de queda em altura (guarda corpo e bandeja primária) em imagens e o vídeo contendo a simulação do andamento da obra e a análise comparativa da modelagem com o cenário real do canteiro.

Os dados inicialmente foram apresentados a técnica de segurança que afirmou que algumas das dificuldades presentes na execução do seu trabalho poderiam ser atenuadas com o uso do BIM. As possibilidades de melhorias apontadas por ela foram as seguintes:

- a) Possibilidade de reportar necessidades com mais facilidade para seus superiores, tornando a visualização mais fácil, ajudando no seu trabalho de convencimento sobre a necessidade de melhorias e serviços relacionados a segurança do trabalho;
- b) Possibilidade de realização de Diálogo Diário de Segurança (DDS) e Diálogo Semanal de Segurança (DSS) onde a demonstração dos riscos ao qual os trabalhadores estão expostos poderia facilitar na educação deles e tornar o seu trabalho mais didático e simples.

Com relação ao engenheiro civil responsável pela obra, os comparativos foram apresentados de forma semelhante ao apresentado para a técnica de segurança da obra. Após a sua análise dos dados apresentados foram pontuados os seguintes pontos onde o BIM poderia trazer benefícios na sua rotina de trabalho:

- a) Melhor visualização de problemas nos projetos e no planejamento como, por exemplo, a falta de otimização durante a execução dos guarda corpos, sendo os mesmos executados em todos os andares em simultâneo, sendo uma das principais observações apontadas por ele;
- b) Possibilidade de quantificar a quantidade de materiais necessários para os guarda corpos, extraíndo essas informações diretamente do modelo BIM e assim ser realizada um melhor planejamento financeiro. No cenário real da obra os quantitativos relacionados aos EPC estudados nesta pesquisa não foram mensurados no planejamento físico-financeiro, sendo uma falha da equipe técnica da obra, uma vez que eles também podem ser obtidos na composição do Sistema Nacional de Preços e Índices para a Construção Civil (SINAPI), sendo adquiridos de acordo com a necessidade da obra, sem uma programação previa por parte dos gestores.

4.4 Propostas de melhorias para a obra

4.4.1 Elaboração de um projeto executivo de guarda corpos

Uma grande dificuldade encontrada pelo autor durante a pesquisa foi a falta de um projeto executivo de guarda corpos, existiam algumas informações referentes a este EPC no PCMAT da obra, porém muitas informações eram inexistentes como detalhamento de ancoragem e especificações dos materiais. A falta deste projeto no canteiro de obras pode ocasionar dificuldades para a execução deste EPC, podendo levar a erros de execução que afetariam a segurança dos operários.

Foi recomendado ao engenheiro residente da obra a elaboração de um projeto de guarda corpos que pudesse contemplar detalhadamente informações sobre este EPC, podendo inclusive

utilizar-se da modelagem realizada. Embora o guarda corpo já esteja executado no canteiro, a concepção de um projeto pode auxiliar em futuras intervenções de manutenção preventiva dos guarda corpos existentes, além de intervenções corretivas nos guarda corpos fora de padrão.

4.4.2 Substituição dos guarda corpos de madeira por guarda corpos metálicos

Foi observado durante a simulação no *software Naviswork* um alto número de guarda corpos de madeira utilizados no canteiro. Constatou-se que poderia haver uma otimização na utilização deste EPC, se durante o planejamento os projetistas especificassem o uso de guarda corpos metálicos para a obra.

De acordo com SENAI (2006), a construção civil utiliza dois terços de toda madeira natural extraída, sendo em sua maioria destinadas de florestas não remanejadas da forma adequada, o que causa um grande dano ao meio ambiente.

Neste contexto, se faz a recomendação, para futuras obras da empresa, da troca de guarda corpos executados com peças de madeira por guarda corpos metálicos. Este tipo guarda corpo além de garantir uma maior durabilidade, fornece uma maior resistência e segurança se comparado ao guarda corpo de madeira. O seu processo de instalação e desinstalação é mais rápido devido ser um produto pré fabricado, além disso ele pode ser utilizado diversas vezes gerando uma quantidade menor de resíduos a serem descartados. Um modelo de guarda corpo metálico que poderia ser instalado na obra encontra-se na Figura 4.23.

Figura 4.23 – Proposta de execução de guarda corpos metálicos



Fonte: O autor

4.4.3 Elaboração de um cronograma de manutenção dos EPC e testes de carga

Foi realizada a sugestão para a equipe técnica da elaboração de um cronograma referente a manutenção dos EPCs, principalmente os avaliados nesta pesquisa, os quais encontravam-se em sua maioria em um estado ruim de conservação, consequentemente, apresentando ineficiência para os esforços os quais deveriam suportar.

A realização do teste de carga de acordo com a NBR 14718 (BRASIL, 2019a), deve ser repetido a cada seis meses ou se caso ocorram modificações nos EPCs. Na obra analisada obteve-se

acesso a três relatórios de teste de carga, sendo dois referentes a ensaio de teste de carga em guarda corpo e um teste de carga referente a bandeja de proteção primária.

Esta sugestão possui como objetivo manter a integridade destes equipamentos dentro do dia a dia da obra fazendo com que a eficácia dos EPC não seja diminuída com o passar do tempo, gerando riscos para os trabalhadores

4.4.4 Utilização de mini guas para o içamento de materiais

Durante as visitas na obra foi verificado que muitos dos insumos utilizados chegavam ao andar em que seriam usados através das escadas, sendo necessário muitas vezes mais de um trabalhador para a realização desta movimentação de materiais.

Foi observado que alguns tipos de materiais como tijolos e areia eram içados através do uso de roldanas instaladas em estruturas improvisadas nas lajes da edificação, como mostra a Figura 4.24.

Figura 4.24 – Estrutura improvisada para içamento de materiais



Fonte: O autor

De acordo com Gabriel (2018), utilização de mini guas em um canteiro de obras oferece a vantagem de içamento de maior capacidade de carga que pode levar a uma significativa diminuição de prazos de execução possibilitando um abastecimento mais ágil e em maior quantidade.

A sugestão da utilização de mini guas no canteiro feita ao engenheiro residente da obra, não obteve boa aceitação, uma vez que foi alegado que a empresa enfrenta dificuldades financeiras e o seu uso seria inviável financeiramente para a empresa.

4.4.5 Elaboração de um planejamento exclusivo para serviços e tarefas ligadas a segurança do trabalho

Uma falha importante diagnosticada pelo autor e apontada aos responsáveis técnicos da obra, foi a falta de um planejamento que atendesse as necessidades dos serviços de segurança do trabalho no canteiro.

No planejamento original da obra, não existia nenhuma referência à itens relativos à segurança do trabalho como realização de Diálogos Semanais de Segurança (DSS), treinamentos de montagem e desmontagem de EPC e realização de testes de carga.

O parecer sobre a necessidade deste tipo de planejamento foi bem aceita pelos responsáveis técnicos da obra e deste modo foi elaborada pelo autor da pesquisa uma proposta de planejamento dos serviços referentes a segurança do trabalho, que se encontra na íntegra no apêndice IV desta dissertação.

Os serviços contemplados no planejamento realizado pelo autor consideram apenas as atividades de queda em altura avaliados nesta pesquisa, podendo ser ampliado pelos responsáveis técnicos da empresa de acordo com as suas necessidades. Foram inseridos na proposta de planejamento de segurança do trabalho executado os seguintes serviços:

I. Realização de palestras

A realização de palestras no canteiro de obras adotada no planejamento proposto já estava definida no Programa de Condições e Meio Ambiente de Trabalho (PCMAT) da obra e possuía temas pré-selecionados, porém não existe um planejamento formal que contemple esta atividade.

A realização destas palestras ocorre de forma quinzenal, sendo realizadas as sextas feiras antes do expediente de trabalho e possuem duração média de 30 minutos.

A palestra realizada na primeira quinzena de cada mês possui a utilização de temas variados de saúde e segurança do trabalhador e a palestra realizada na segunda quinzena de cada mês é obrigatoriamente realizada com o tema referente a riscos de trabalhos em altura, baseando-se nos conceitos da NR 35.

II. Realização de DSS;

A realização dos Diálogos Semanais de Segurança (DSS) na obra é feita todas as segundas, antes do expediente, com duração variável de 15 a 30 minutos, de acordo com a complexidade do tema abordado.

Os DSS realizados no canteiro de obras, ocorrem semanalmente de forma contínua, porém, não há nenhum tipo de planejamento formal por parte dos responsáveis técnicos da obra sobre a realização deste evento.

Na obra avaliada o DSS é realizado pelo técnico de segurança. O DSS deve ser realizado de forma objetiva e com a utilização de exemplos para melhor entendimento dos operários, devido a sua importância para a segurança do trabalho essa atividade foi incluída no planejamento elaborado.

III. Treinamentos

O planejamento original da obra não contempla as atividades de treinamentos da mão de obra, este item possui importante relevância para a saúde e segurança dos trabalhadores, uma vez que os habilitam para a execução dos seus trabalhos com procedimentos técnicos padronizados. Neste contexto optou-se por incluir a previsão de treinamentos no planejamento elaborado.

Como nesta pesquisa o principal foco de análise de risco de acidente de trabalho são os trabalhos realizados em altura, foi incluído no planejamento a previsão do treinamento baseado na NR 35.

IV. Planejamento do processo de montagem e desmontagem de linha de vida;

Necessária para a realização com segurança de trabalhos com riscos de queda em altura superior a dois metros, a linha de vida está diretamente vinculada a realização dos serviços avaliados nesta pesquisa, como a execução de guarda corpos e bandejas de proteção.

Deste modo para que seja realizada a execução dos EPCs avaliados nesta pesquisa se faz necessário antes de seu início a instalação da linha de vida para garantir a segurança dos operários. Devido a sua importância foi incluída no planejamento específico de serviços de segurança proposto pelo autor.

V. Planejamento do processo de montagem e desmontagem de EPC (guarda corpo e bandeja de proteção);

A montagem e desmontagem dos EPCs de queda em altura envolvem muitos riscos e devem possuir um planejamento no decorrer da obra. O seu correto planejamento permite eliminar restrições para a sua execução com antecedência, uma vez que atrasos na execução destes EPCs podem levar a riscos aos trabalhadores, multas e embargo por parte da Secretaria do Trabalho, além de atrasos no prazo final da obra.

VI. Execução de testes de carga.

A execução dos testes de carga é de grande importância no contexto da obra, para avaliar a eficiência dos EPC instalados e validar a sua eficácia. Sua realização deve ocorrer logo após finalização da instalação dos EPC, de modo a garantir a segurança dos operários e possibilitar a correção de possíveis falhas antes que trabalhadores se exponham ao risco.

O não planejamento desta atividade, pode gerar atrasos em sua execução e a exposição a riscos evitáveis, deste modo entende-se a sua importância para o planejamento de serviços de segurança do trabalho da obra.

VII. Verificação das condições de segurança dos EPC

De modo a manter os EPC com sua eficácia garantida, se faz necessário a implementação de um planejamento formal de vistorias para verificação de suas condições de segurança e preservação.

Foi proposta pelo autor uma verificação semanal das condições dos EPC que deve ser realizada de forma contínua durante toda a existência destes equipamentos no canteiro de obras. Esta verificação deve ser realizada preferencialmente pelo técnico de segurança do trabalho.

Para a realização deste cronograma de planejamento foi utilizado *software MS Project*, onde buscou-se determinar o sequenciamento cronológico das atividades a serem realizadas no decorrer da obra.

4.4.6 Melhorar o isolamento da obra próximo a vizinhança

Durante as visitas ao canteiro, foi verificado que o isolamento do seu perímetro encontrava-se deficiente, como mostra a Figura 4.25. Não existindo uma barreira física eficaz para a contenção de pessoas externas a obra. Em uma das visitas ao canteiro foi observado a presença de criança em seu interior, fato preocupante para a ocorrência de acidentes.

Figura 4.25 – Isolamento da obra



Fonte: O autor

Foi realizada a sugestão para o engenheiro residente da obra de imediato fechamento do perímetro lateral do canteiro, com a utilização de tapume, que representa um material de baixo custo e rápida execução, com o intuito reforçar a segurança de impedir o acesso, principalmente de crianças ao ambiente interno da obra.

5 CONCLUSÃO

5.1 Discussão de resultados

Ao final da pesquisa os objetivos gerais foram atendidos, uma vez que ao analisar os projetos disponibilizados pode-se fazer uma análise mais global do empreendimento, melhorando a visualização dos riscos através da simulação do andamento da obra e realizar a modelagem BIM, enriquecendo de informações o projeto de bandejas primárias e concebendo um projeto de guarda corpos que era inexistente.

Quanto aos objetivos secundários os resultados foram satisfatórios, uma vez que ao realizar a análise através da modelagem BIM baseada nos conceitos exigidos pela NR 18 e NR 35 pode-se avaliar as principais incompatibilidades existentes entre um modelo ideal realizado na modelagem e o modelo real encontrado no canteiro de obras. Também com o auxílio da modelagem e o confronto dos cenários ideal e real pode-se observar os principais pontos críticos de risco no canteiro, onde se observou guarda corpos que não obedeciam as especificações de dimensionamento exigidas na NR 18, além erros no projeto de bandejas primárias que especificavam em alguns pontos dimensões menores as exigidas na NR 18 que apenas foram corrigidas no momento da execução do EPC.

Como contribuição para a obra foi fornecido para a empresa executora da obra os projetos de guarda corpo, que era inexistente no canteiro até então e o projeto de bandejas primárias, o qual especificava as corretas dimensões, além de sugestões de melhorias, indicado aos responsáveis técnicos da obra medidas que podem atenuar os riscos dentro do ambiente de trabalho.

Durante a realização da pesquisa houve dificuldades na obtenção de alguns dados referentes a obra analisada, principalmente com relação aos projetos e processos de segurança do trabalho. A não existência do projeto de guarda corpo foi uma dificuldade importante encontrada no desenvolvimento da pesquisa.

Com relação aos resultados encontrados no canteiro de obras concluiu-se que o empreendimento avaliado apresentou negligências com relação aos projetos de segurança do trabalho, o que acarretou em riscos aos operários, autuação por parte da empresa fiscalizadora do empreendimento e possivelmente aumento de custos e tempo com retrabalhos para correção de serviços executados de forma incorreta, aumento do volume de materiais, e conseqüentemente uma menor produtividade no canteiro.

Os guarda corpos executados na obra foram um grande problema encontrado no decorrer da pesquisa, uma vez que a obra não possuía um projeto executivo para os mesmos e não havia uma padronização na sua execução, sendo quase que a sua totalidade executada fora dos padrões exigidos.

Grande parte dos guarda corpos encontrados apresentavam danos em suas estruturas e nas redes utilizadas junto a eles para evitar a queda de objetos entre os vãos ou com utilização de adaptações, como partes do guarda corpo executadas com folhas de compensado de madeira, o que pode trazer riscos a segurança dos trabalhadores uma vez que não são materiais recomendados pela NR 18 e não são submetidos a testes de carga, como confirmado pela técnica de segurança da obra.

As bandejas de proteção, de um modo geral, também apresentavam problemas em sua execução, porém em uma quantidade menor se comparadas aos guarda corpos. Embora existisse um projeto executivo para as bandejas de proteção primárias houve falhas executivas decorrentes do não cumprimento de especificações, como a utilização de perfis com dimensões diferentes das especificadas. Também foram observadas falhas de manutenção nas bandejas de proteção primária, que geraram o rompimento dos perfis que compunham a estrutura da mão francesa e a existência de algumas das madeiras, que compunham as bandejas, quebradas.

Ao final da pesquisa em questão pode-se perceber que a falta de projetos de segurança e de manutenção foram fatores primordiais para a baixa eficiência dos Equipamentos de Proteção Coletiva (EPC) existentes no canteiro. Foi identificado também que havia uma baixa comunicação entre os projetistas e a equipe de execução da obra (engenheiro residente e operários) o que pode ter sido uma variável importante para que ocorressem as falhas executivas.

Pode-se concluir com esta pesquisa que a utilização do BIM na construção civil, pode trazer ganhos significativos para a segurança do trabalho. Esta utilização deve, preferencialmente, ser realizada ainda na fase de projetos onde a possibilidade de melhoria na segurança do trabalho possui máxima eficiência, devido a uma maior integração dos projetos possibilitando que incompatibilidades e erros sejam facilmente detectáveis antes de sua execução.

Por fim, esta pesquisa atingiu o seu objetivo que era possibilitar uma maior sensibilidade por parte dos agentes envolvidos na obra com relação a ferramenta BIM, demonstrando que o seu uso pode facilitar o trabalho e melhorar a eficácia dos projetos, uma vez que permite a otimizar etapas executivas e trazer benefícios para o empreendimento de forma geral. Como forma de contribuição para a sociedade, os dados presentes nesta dissertação serão fornecidos aos responsáveis técnicos da obra, de modo que possam contribuir para uma melhoria na qualidade e na segurança do ambiente laboral de diversos trabalhadores.

5.2 Sugestões para futuras pesquisas

Para o desenvolvimento de trabalhos futuros sugerem-se melhorias e incrementos que podem beneficiar o empreendimento e os trabalhadores com outras variáveis não pesquisadas neste trabalho, que são:

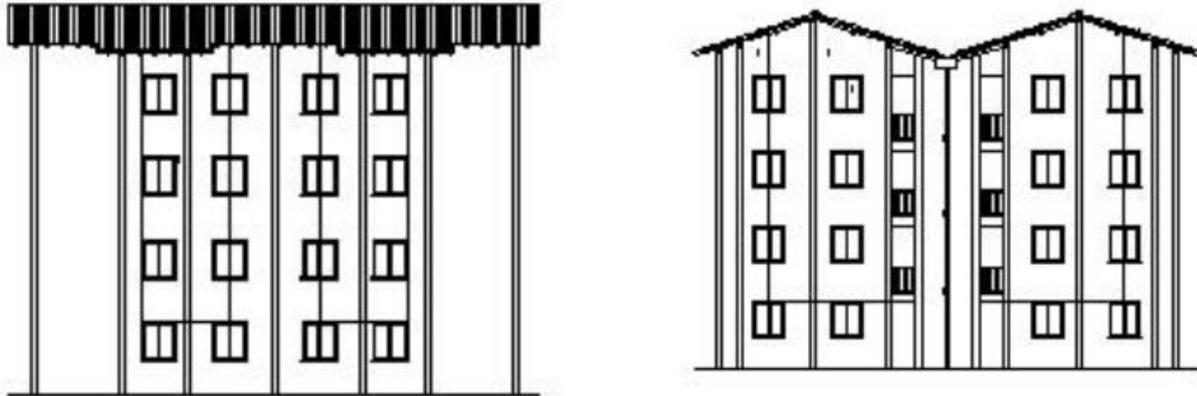
- a) Utilizar-se da modelagem do projeto de segurança do trabalho realizada e com a utilização das simulações 4D no *software Naviswork* realizar Dialogos Diários de Segurança (DDS) e/ou ou Diálogos Semanais de Segurança (DSS) demonstrando as atividades a serem executadas e os riscos que os trabalhadores estarão expostos. Podendo assim avaliar no decorrer da pesquisa o nível de conscientização preventivista adquirida por parte dos trabalhadores da obra e possíveis vantagens da utilização do BIM para esta atividade;
- b) Avaliar e modelar outros EPC contra queda em altura como plataformas de trabalho e andaimes.

6 Anexos

6.1 Anexo I - Projetos originais da obra

6.1.1 Elevações

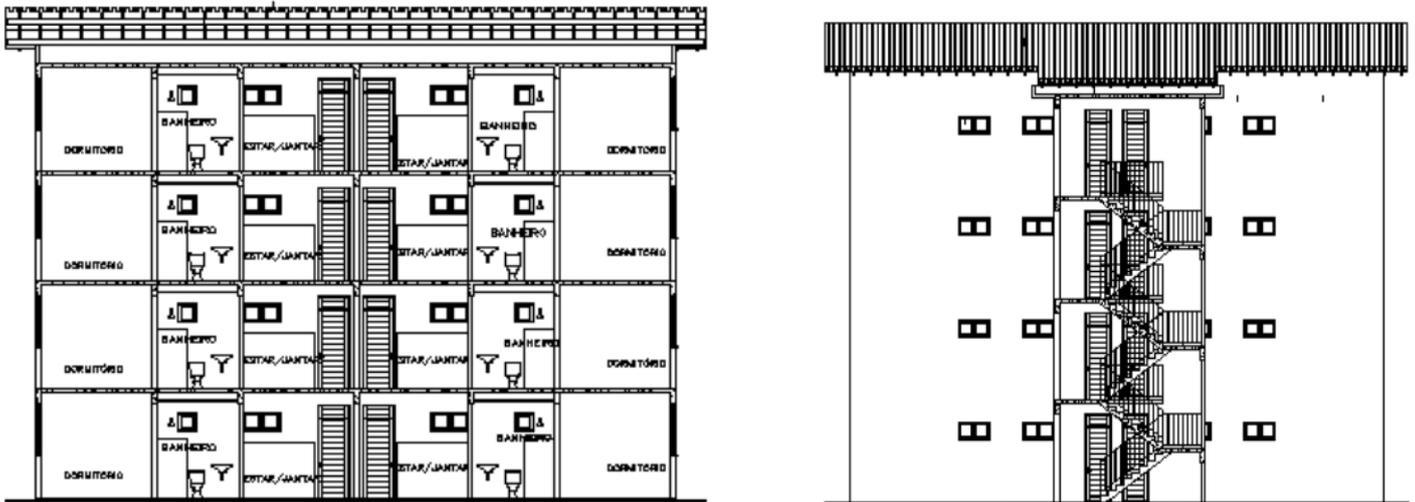
Figura 6.1 – Elevações em 2D

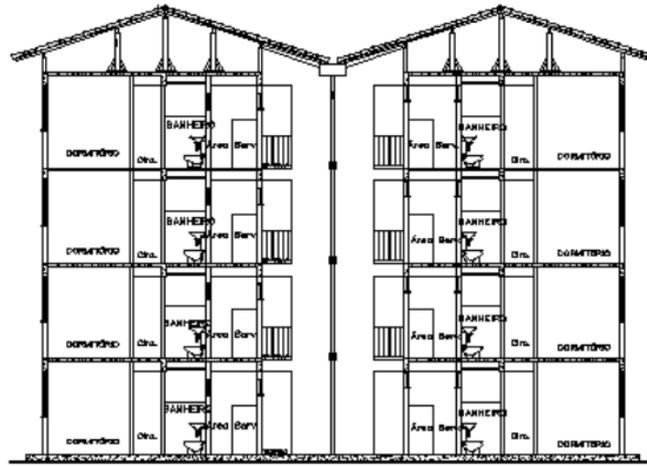


Fonte: o autor

6.1.2 Cortes

Figura 6.2 – Cortes em 2D

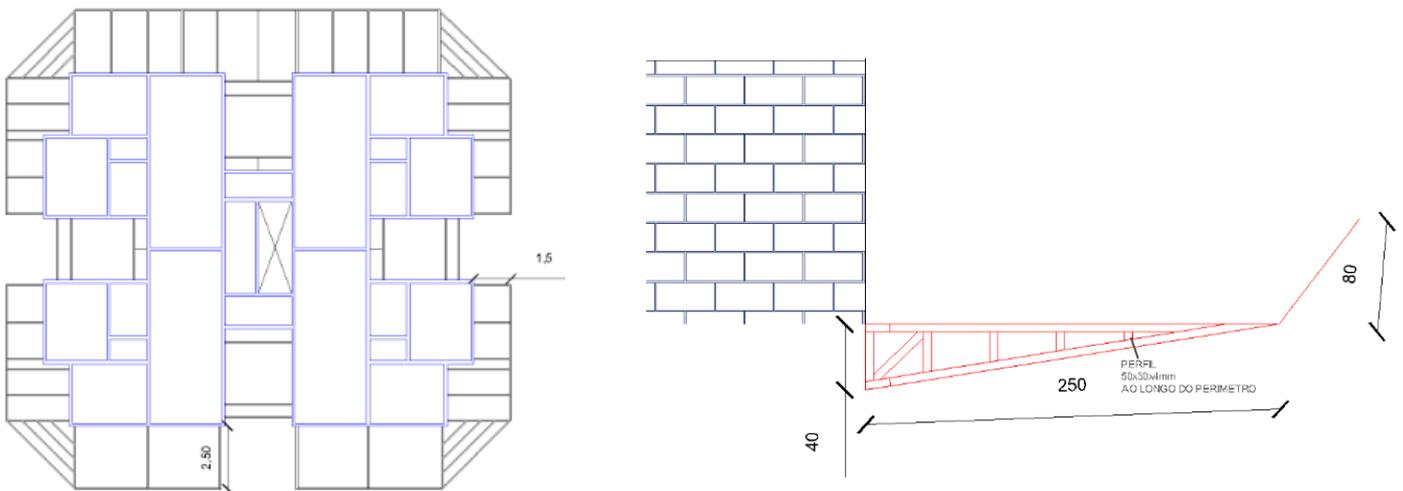




Fonte: o autor

6.1.3 Projeto de bandejas primárias

Figura 6.3 – Projeto de bandeja de proteção primária em 2D



Fonte: o autor

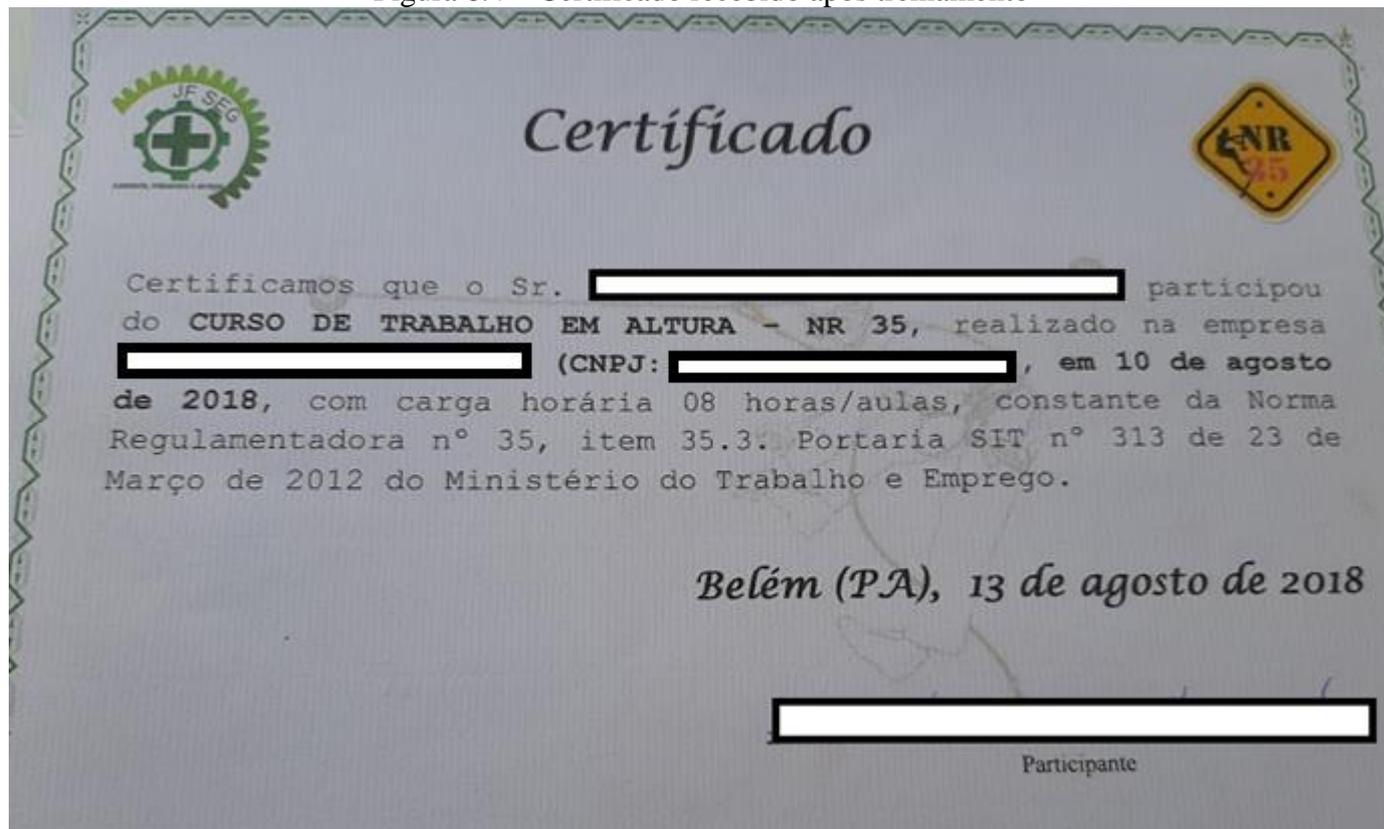
6.2 Anexo II - Planejamento original da obra

GOVERNO DO ESTADO DO PARÁ					
MUNICÍPIO:	BELÉM				
OBRA:	CONJUNTO HABITACIONAL RIACHO DOCE II				
CRONOGRAMA FISICO					
EDT	Nome da Tarefa	Duração		Início da Linha de Base1	Término da Linha de Base1
0	CRONOGRAMA RIACHO DOCE	265	dias	01/04/2019	22/12/2019
1	RESIDENCIAL RIACHO DOCE	265	dias	01/04/2019	22/12/2019
1.1	RIACHO DOCE II	230	dias	06/05/2019	22/12/2019
1.1.1	BLOCO 1	211	dias	06/05/2019	03/12/2019
1.1.1.2	ESTRUTURA	43	dias	06/05/2019	18/06/2019
1.1.1.2.1	ESTRUTURA 1º pav	7	dias	06/05/2019	13/05/2019
1.1.1.2.2	ESTRUTURA 2º pav	17	dias	14/05/2019	31/05/2019
1.1.1.2.3	ESTRUTURA 3º pav	17	dias	01/06/2019	18/06/2019
1.1.1.3	ALVENARIA INTERNA E EXTERNA	27	dias	19/06/2019	16/07/2019
1.1.1.3.1	Térreo	1	dias	19/06/2019	20/06/2019
1.1.1.3.2	1º Pav	5	dias	21/06/2019	26/06/2019
1.1.1.3.3	2º Pav	7	dias	27/06/2019	04/07/2019
1.1.1.3.4	3º Pav	7	dias	05/07/2019	12/07/2019
1.1.1.3.5	Cobertura	3	dias	13/07/2019	16/07/2019
1.1.1.4	REBOCO/EMBOÇO	26	dias	17/07/2019	12/08/2019
1.1.1.4.1	Térreo	5	dias	17/07/2019	22/07/2019
1.1.1.4.2	1º Pav	5	dias	23/07/2019	28/07/2019
1.1.1.4.3	2º Pav	5	dias	29/07/2019	03/08/2019
1.1.1.4.4	3º Pav	5	dias	04/08/2019	09/08/2019
1.1.1.4.5	Cobertura	2	dias	10/08/2019	12/08/2019
1.1.1.5	INSTALAÇÕES HIDROSANITÁRIAS	33	dias	21/06/2019	24/07/2019
1.1.1.5.1	Térreo	6	dias	21/06/2019	27/06/2019
1.1.1.5.2	1º Pav	8	dias	28/06/2019	06/07/2019
1.1.1.5.3	2º Pav	8	dias	07/07/2019	15/07/2019
1.1.1.5.4	3º Pav	8	dias	16/07/2019	24/07/2019
1.1.1.6	INSTALAÇÕES ELÉTRICAS	47	dias	21/06/2019	07/08/2019
1.1.1.6.1	Térreo	8	dias	21/06/2019	29/06/2019
1.1.1.6.2	1º Pav	10	dias	30/06/2019	10/07/2019
1.1.1.6.3	2º Pav	10	dias	11/07/2019	21/07/2019
1.1.1.6.4	3º Pav	10	dias	22/07/2019	01/08/2019
1.1.1.6.5	Hall, prumadas e cobertura	5	dias	02/08/2019	07/08/2019
1.1.1.7	INSTALAÇÕES DE TELEFONE E ANTENA	12	dias	25/07/2019	09/08/2019
1.1.1.7.1	Térreo	3	dias	25/07/2019	28/07/2019
1.1.1.7.2	1º Pav	3	dias	29/07/2019	01/08/2019
1.1.1.7.3	2º Pav	3	dias	02/08/2019	05/08/2019
1.1.1.7.4	3º Pav	3	dias	06/08/2019	09/08/2019
1.1.1.8	SPDA	21	dias	15/10/2019	05/11/2019
1.1.1.9	INSTALAÇÃO DE COMBATE A INCÊNDIO	21	dias	25/07/2019	15/08/2019
1.1.1.11	FORRO DE PVC	7	dias	07/08/2019	14/08/2019
1.1.1.11.1	Térreo	1	dias	07/08/2019	08/08/2019

1.1.1.11.2	1º Pav	1	dias	09/08/2019	10/08/2019
1.1.1.11.3	2º Pav	1	dias	11/08/2019	12/08/2019
1.1.1.11.4	3º Pav	1	dias	13/08/2019	14/08/2019
1.1.1.12	TRATAMENTO (IMPERMEABILIZAÇÃO)	5	dias	14/10/2019	19/10/2019
1.1.1.13	LAJE COM CAMADA NIVELADORA	4	dias	12/08/2019	19/08/2019
1.1.1.13.1	Térreo	1	dias	12/08/2019	13/08/2019
1.1.1.13.2	1º Pav	1	dias	14/08/2019	15/08/2019
1.1.1.13.3	2º Pav	1	dias	16/08/2019	17/08/2019
1.1.1.13.4	3º Pav	1	dias	18/08/2019	19/08/2019
1.1.1.15	REBOCO LISO ESTANHADO, H = 1,60 M	2	dias	20/08/2019	22/08/2019
1.1.1.16	FACHADA	29	dias	23/07/2019	21/08/2019
1.1.1.17	PINTURA SEM EMASSAMENTO EM PAREDES	16	dias	10/08/2019	26/08/2019
1.1.1.17.1	Térreo	4	dias	10/08/2019	14/08/2019
1.1.1.17.2	1º Pav	4	dias	12/08/2019	16/08/2019
1.1.1.17.3	2º Pav	4	dias	17/08/2019	21/08/2019
1.1.1.17.4	3º Pav	4	dias	22/08/2019	26/08/2019
1.1.1.18	PINTURA SEM EMASSAMENTO NO TETO	7	dias	17/08/2019	24/08/2019
1.1.1.18.1	Térreo	1	dias	17/08/2019	18/08/2019
1.1.1.18.2	1º Pav	1	dias	19/08/2019	20/08/2019
1.1.1.18.3	2º Pav	1	dias	21/08/2019	22/08/2019
1.1.1.18.4	3º Pav	1	dias	23/08/2019	24/08/2019
1.1.1.19	SERRALHEIRIA - CORRIMÃO C/ GUARDA-CORPO	5	dias	13/09/2019	18/09/2019
1.1.1.20	ESQUADRIAS EM MADEIRA	14	dias	09/08/2019	23/08/2019
1.1.1.20.1	Térreo	3	dias	09/08/2019	12/08/2019
1.1.1.20.2	1º Pav	3	dias	12/08/2019	15/08/2019
1.1.1.20.3	2º Pav	3	dias	16/08/2019	19/08/2019
1.1.1.20.4	3º Pav	3	dias	20/08/2019	23/08/2019
1.1.1.21	ESQUADRIAS EM ALUMINIO	7	dias	16/08/2019	23/08/2019
1.1.1.21.1	Térreo	3	dias	16/08/2019	19/08/2019
1.1.1.21.2	1º Pav	3	dias	12/08/2019	15/08/2019
1.1.1.21.3	2º Pav	3	dias	16/08/2019	19/08/2019
1.1.1.21.4	3º Pav	3	dias	20/08/2019	23/08/2019
1.1.1.22	LOUÇAS, METAIS E ACESSÓRIOS	11	dias	20/08/2019	31/08/2019
1.1.1.22.1	Térreo	2	dias	20/08/2019	22/08/2019
1.1.1.22.2	1º Pav	2	dias	23/08/2019	25/08/2019
1.1.1.22.3	2º Pav	2	dias	26/08/2019	28/08/2019
1.1.1.22.4	3º Pav	2	dias	29/08/2019	31/08/2019
1.1.1.23	PEITORIS	11	dias	05/08/2019	16/08/2019
1.1.1.23.1	Térreo	2	dias	05/08/2019	07/08/2019
1.1.1.23.2	1º Pav	2	dias	08/08/2019	10/08/2019
1.1.1.23.3	2º Pav	2	dias	11/08/2019	13/08/2019
1.1.1.23.4	3º Pav	2	dias	14/08/2019	16/08/2019
1.1.1.24	COBERTURA (ESTRUTURA E TELHAMENTO)	15	dias	01/07/2019	16/07/2019
1.1.1.25	LIMPEZA E REVISÃO FINAL	10	dias	23/11/2019	03/12/2019

6.3 Anexo III - Certificado recebido após treinamento

Figura 6.4 – Certificado recebido após treinamento



Fonte: o autor

7 Apêndices

7.1 Apêndice I – Protocolo de Pesquisa

Figura 7.1 - Protocolo de pesquisa

Protocol

Objective:* ?

Identificar e analisar riscos de acidentes de trabalho e sua mitigação pelo uso da metodologia BIM na construção civil por meio de publicações científicas qualificadas; buscando avaliar o estado da arte de modo a caracterizar e se conhecer as principais variáveis estudadas nesta linha de pesquisa.

* This field must be filled in

Main question:* ?

É possível no contexto da obra analisada, o BIM facilitar a gestão da segurança do trabalho?

Use PICOC Criteria

* This field must be filled in

[Add Secondary Question](#)

Sec. question: ✖ ?

As incompatibilidades de segurança do trabalho são facilmente visualizadas em projetos BIM?

Use PICOC Criteria

Sec. question: ✖ ?

O uso de vídeos baseados em simulação 3D facilita a visualização de riscos?

Use PICOC Criteria

Protocol

Keywords and Synonyms* ?

Keywords: [Add](#) [Remove](#)

Construction industry
accidents
construction Project
construction safety
safety Engineering

[Up](#)
[Down](#)

* This field must be filled in

Sources Selection Criteria Definition* ?

Criterion: [Add](#) [Remove](#)

Possuir acesso livre na internet
Possuir tema relacionado a BIM
Possuir tema relacionado a segurança do trabalho na construção civil
Estar publicado em português, inglês ou espanhol
Estar publicado em periódico ou congresso reconhecido pela CAPES

[Edit](#)
[Up](#)
[Down](#)

* This field must be filled in

Studies Languages: ?

Inglês
Português
Espanhol

Sources Search Methods: ?

A revisão sistemática será executada apenas em bases de buscas de dados digitais, com a utilização de strings de pesquisa.

Protocol

Source list* ?

Source: [Add](#) [Remove](#)

Engineering Village
Web of Science
Scopus
Science Direct

[Up](#)
[Down](#)

* This field must be filled in

Study selection criteria (inclusion and exclusion) ?

Criterion: [Inclusion](#) [Add](#) [Remove](#)

(I) Estar publicado em Português, inglês ou espanhol
(I) Estar publicado em revista ou artigo de congresso reconhecidos pela CAPES
(E) Configurar-se apenas como um resumo sintético de um evento ou conferência
(E) Tratar do uso do BIM ou segurança do trabalho em setores diferentes da construção civil
(E) Possui período de publicação superior a 5 anos

[Edit](#)
[Up](#)
[Down](#)

* This field must be filled in

Fonte: o autor

7.2 Apêndice II – Artigos selecionados na Revisão Sistemática da Literatura (RSL)

Item	Nome artigo	Autor	Ano	país	Classificação	Revista
1	Building Information Modeling (BIM) Use in Turkish Construction Industry	Aladag, Hande; Demirdogen, Gokhan; Isik, Zeynep	2016	Turquia	High	Procedia Engineering
2	Near-Miss Information Visualization Tool in BIM for Construction Safety	Shen, Xu; Marks, Eric.	2016	Estados Unidos	Very high	Journal of Construction Engineering and Management
3	BIM-based fall hazard identification and prevention in construction safety planning	Zhang, Sijie; Sulankivi, Kristiina; Kiviniemi, Markku; Romo, Ilkka; Eastman, Charles M.; Teizer, Jochen.	2015	Estados Unidos	Very high	Safety Science
4	Application of building Information modeling (BIM) to automated fall-protection safety inspection of Building Construction openings	Yu, Wen-Der; Chiu, Chui-Te; Cheng, Shao-Tsai; Chang, Chin-Chih; Wu, Chih-Ming; Lin, Chen-Chung.	2016	China	High	Journal of the Chinese Institute of Civil and Hydraulic Engineering
5	Construction safety risk drivers: A BIM approach	Malekitabar, Hassan; Ardehir, Abdollah; Sebt, Mohammad; Stouffs, Rudi.	2016	Irã	High	Journal of the Chinese Institute of Civil and Hydraulic Engineering
6	Investigating safety passage planning for system shoring supports with BIM	Zhuang, R.L.; Hung, S.; Shiau, Y.C.; Liu, K.T.; Liu, C.C.	2016	Taiwan	High	International Symposium on Automation and Robotics in Construction

7	BIM-based planning of temporary structures for construction safety	Kim, Kyungki; Cho	2015	Estados Unidos	Very high	Congress on Computing in Civil Engineering
8	Using BIM to automate scaffolding planning for risk analysis at construction sites	Feng, C.W.; Lu, S.W..	2017	Taiwan	Very high	International Symposium on Automation and Robotics in Construction
9	BIM-Based Risk Identification System in tunnel construction	Zhang, Limao; Wu, Xia nguo; Ding, Lieyun; Skibniewski, Mirosław ; Lu, Yujie	2016	China	Low	Journal of Civil Engineering and Management
10	BIM and Safety Rules Based Automated Identification of Unsafe Design Factors in Construction	Hongling, Guo; Yantao, Yu; Weisheng, Zhang; Yan, Li	2016	China	High	Procedia Engineering
11	BIM-based construction noise hazard prediction and visualization for occupational safety and health awareness improvement	Wei, Weile; Wang, Chao; Lee, Yongcheol.	2017	Estados Unidos	High	Congress on Computing in Civil Engineering
12	Methodologies of safety risk control for China's metro construction based on BIM	Li, Meng; Yu, Hongliang; Jin, Hongyu; Liu, Ping.	2018	China	Low	Safety Science
13	BIM-based Code Checking for Construction Health and Safety	Getuli, Vito; Ventura, Silvia; Capone, Pietro; Ciribini, Angelo	2017	Italia	Very high	Procedia Engineering
14	BIM-Based Optimization of Scaffolding Plans for Safety	Kim, Kyungki; Cho, Yong; Kwak, Young.	2016	Estados Unidos	Very high	Construction Research Congress

15	Developing a BIM-enabled bilingual safety training module for the construction industry	Clevenger, Caroline; Lopez Del Puerto; Glick, Scott	2015	Estados Unidos	High	Construction Research Congress
16	8D BIM modelling tool for accident prevention through design	Kamardeen, Imriyas	2018	Austrália	High	Proceedings of the Annual Conference
17	Identifying safety hazards indesign: Evaluating the difference between BIM and 2D CAD drawings	Hardison, Dylan; Hallowell, Matthew	2018	Estados Unidos	Low	Construction Research Congress
18	Using BIM as a Tool to Teach-Construction Safety	Soemardi, Biemo W.; Erwin, Ray G.	2017	Indonésia	Hight	MATEC Web of Conferences
19	Risk identification expert system.for metro. construction based on BIM	Zhang, Limao; Wu, Xianguo; Ding, Lieyun; Chen, Yueqing; Skibniowski, Mirosław J	2015	China	Low	International Symposium on Automation and Robotics in Construction and Mining
20	Integration of Safety Risk Factors in BIM for Scaffolding Construction	Collins, Rachel; Zhang, Sijie; Kim, Kyungki; Teizer, Jochen.	2014	Estados Unidos	Very high	International Conference on Computing in Civil and Building Engineering
21	Safety regulation classification system to support BIM based safety management	Hussain, Rahat; Lee, Do Yeop; Pham, Hai; Park, Chan Sik	2017	Coreia do Sul	Very high	International Symposium on Automation and Robotics in Construction
22	Acquisition and processing of input data for an object - Oriented safety risk simulation in building construction	Melzner, Jurgen	2018	Alemanha	Low	Proceedings - Winter Simulation Conference

23	Building information modeling and safety management: A systematic review	Martinez-Aires, Maria D.; Lopez-Alonso, Monica; Martinez-Rojas, Maria	2018	Espanha	Very high	Safety Science
24	Design-for-Safety knowledge library for BIM-integrated safety risk reviews	Hossain, Md. Aslam; Abbott, Ernest L.S.; Chua, David K.H.; Nguyen, Thi Qui Goh, Yang Miang	2018	Singapura	Very high	Automation in Construction
25	A review of risk management through BIM and BIM-related technologies	Zou, Yang; Kiviniemi, Arto; Jones, Stephen W.	2017	Inglaterra	Hight	Safety Science
26	Framework for productivity and safety enhancement system using BIM in Singapore	Lin, Evelyn Teo Ai; Ofori, George; Tjandra, Imelda; Kim, Hanjoon	2017	Singapura	High	Engineering, Construction and Architectural Management
27	Integrating work sequences and temporary structures into safety planning: Automated scaffolding-related safety hazard identification and prevention in BIM	Kim, Kyungki; Cho, Yong; Zhang, Sijie	2016	Estados Unidos	Very high	Automation in Construction
28	UAS-BIM based Real-time Hazard Identification and Safety Monitoring of Construction Projects	Alizadehsalehi, Sepehr; Asnafi, Mahsa; Yitmen, Ibrahim; Celik, Tolga	2017	Chipre	Low	Nordic conference on construction economics and organization
29	Research on Construction Safety Management Based on BIM - Taking the Direction of Construction Engineering as an Example	Xiong, Na; Tang, Jian	2017	China	Low	International conference on management education, information and control

30	Research on BIM Technology in Construction Safety & Emergency Management	Gao, Xiong; Chen, Yonghong	2017	China	Very high	International conference on renewable energy and environmental technology
31	Reviewing the usefulness of BIM adoption in improving safety environment of construction projects	Sadeghi, Haleh; Mohandes, Saeed Reza; Hamid, Abdul Rahim Preece, Christopher; Hedayati, Ali; Singh, Bachan	2016	Hong kong	High	Jurnal teknologi
32	A Framework for a Site Safety Assessment Model Using Statistical 4DBIM-Based Spatial-Temporal Collision Detection	Shang, Zhexiong; Shen, Zhigang.	2016	Estados Unidos	High	Construction research congress
33	Workforce location tracking to model, visualize and analyze workspace requirements in building information models for construction safety planning	Zhang, Sijie; Teizer, Jochen; Pradhananga, Nipesh; E astman, Charles M.	2015	Estados Unidos	Low	Automation in Construction
34	BIM for construction safety improvement in Gaza strip: awareness, applications and barriers	Enshassi, A.; Ayyash, A. ; Choudhry, R.M.	2016	palestina	Very high	International Journal of Construction Management
35	Design for safety: Theoretical framework of the safety aspect of BIM system to determine the safety index	Teo, A.L.E.; Ofori, G.; Tjandra, I.K.; Kim, H.	2016	Singapura	Low	Construction Economics and Building
36	Integrating Building Information Modeling and Health and Safety for Onsite Construction	Abdulkadir Ganah; Godfaurd A. John.	2015	Inglaterra	Low	Safety and Health at Work
37	Identifying and assessing critical risk factors for BIM projects: Empirical study	Kuo-Feng Chien; Zong-Han Wu; Shyh- Chang Huang	2014	taiwan	Low	Automation in Construction

38	The Benefits, Obstacles and Problems of Practical Bim Implementation	Darius Migilinskas; Vladimir Popov; Virgaudas Juocevicius; Leonas Ustinovichius.	2014	Lituania	High	Procedia Engineering
39	Bibliometric analysis and review of Building Information Modelling literature published between 2005 and 2015	Ruben Santos; Antonio A. Costa; Antonio Grilo.	2017	portugal	Very High	Automation in Construction
40	Integration of Automated Safety Rule Checking (ASRC) System for Safety Planning BIM-Based Projects in Malaysia	Roshana Takim; Muham mad Hanafi Zulkifli; Abdul Hadi Nawawi.	2016	Malásia	High	Procedia - Social and Behavioral Sciences
41	Empirical measurement and improvement of hazard recognition skill	Alex Albert; Matthew R. Hallowell; Michael Skaggs; Brian Kleiner.	2017	Estados Unidos	High	Safety Science

7.3 Apêndice III - Planejamento convertido para o Software MS Project

Id	Nome da Tarefa	Duração	Início	Término
1	BLOCO 01	158 dias	Seg 06/05/19	Sex 13/12/19
2	Estrutura	33 dias	Seg 06/05/19	Qua 19/06/19
3	Estrutura Pav. 01	6 dias	Seg 06/05/19	Seg 13/05/19
4	Estrutura Pav. 02	14 dias	Ter 14/05/19	Sex 31/05/19
5	Estrutura Pav. 03	13 dias	Seg 03/06/19	Qua 19/06/19
6	Linha de vida	75 dias	Seg 20/05/19	Ter 03/09/19
7	Colocação linha de vida Pav. 01	2 dias	Seg 20/05/19	Ter 21/05/19
8	Colocação linha de vida Pav. 02	2 dias	Seg 10/06/19	Ter 11/06/19
9	Colocação linha de vida Pav. 03	2 dias	Sex 28/06/19	Seg 01/07/19
10	Colocação de linha de vida cobertura	2 dias	Qua 26/06/19	Qui 27/06/19
11	Retirada linha de vida Pav. 01	45,88 dias	Seg 01/07/19	Ter 03/09/19
12	Retirada linha de vida Pav. 02	2 dias	Qua 10/07/19	Qui 11/07/19
13	Retirada linha de vida Pav. 03	2 dias	Sex 19/07/19	Seg 22/07/19
14	Retirada linha de vida cobertura	2 dias	Qua 24/07/19	Qui 25/07/19
15	Bandejas de proteção primária	72 dias	Qua 22/05/19	Seg 02/09/19
16	Instalação de mãos francesas	5 dias	Qua 22/05/19	Ter 28/05/19
17	Instalação de bandejas de proteção	3 dias	Qua 29/05/19	Sex 31/05/19
18	Retirada de bandejas de proteção	3 dias	Qui 22/08/19	Seg 26/08/19
19	Retirada de mãos francesas	5 dias	Ter 27/08/19	Seg 02/09/19
20	Guarda Corpo	35 dias	Ter 21/05/19	Ter 09/07/19
21	Colocação de guarda corpo Pav. 01	3 dias	Seg 03/06/19	Qua 05/06/19
22	Colocação de guarda corpo Pav. 02	3 dias	Qua 12/06/19	Sex 14/06/19
Id	Nome da Tarefa	Duração	Início	Término
23	Colocação de guarda corpo Pav. 03	3 dias	Ter 02/07/19	Qui 04/07/19
24	Colocação de guarda corpo cobertura	3 dias	Sex 28/06/19	Ter 02/07/19
25	Retirada de guarda corpo Pav. 01	3 dias	Qui 20/06/19	Seg 24/06/19
26	Retirada de guarda corpo Pav. 02	3 dias	Qui 27/06/19	Seg 01/07/19
27	Retirada de guarda corpo Pav. 03	3 dias	Seg 08/07/19	Qua 10/07/19
28	Retirada de guarda corpo Cobertura	3 dias	Sex 19/07/19	Ter 23/07/19
29	Alvenaria Int. e Ext.	24 dias	Qua 19/06/19	Ter 23/07/19
30	Térreo	3 dias	Qua 19/06/19	Seg 24/06/19
31	1º Pavimento	5 dias	Ter 25/06/19	Seg 01/07/19
32	2º Pavimento	7 dias	Ter 02/07/19	Qua 10/07/19
33	3º Pavimento	7 dias	Qui 11/07/19	Sex 19/07/19
34	Cobertura	3 dias	Seg 22/07/19	Qua 24/07/19
35	Reboco/Emboço	22 dias	Qua 17/07/19	Sex 16/08/19
36	Térreo	5 dias	Qua 17/07/19	Ter 23/07/19
37	1º Pavimento	5 dias	Qua 24/07/19	Ter 30/07/19
38	2º Pavimento	5 dias	Qua 31/07/19	Ter 06/08/19
39	3º Pavimento	5 dias	Qua 07/08/19	Ter 13/08/19
40	Cobertura	2 dias	Qua 21/08/19	Qui 22/08/19
41	Instalações Hidrosanitárias	30 dias	Sex 21/06/19	Qui 01/08/19
42	Térreo	6 dias	Sex 21/06/19	Sex 28/06/19
43	1º Pavimento	8 dias	Seg 01/07/19	Qua 10/07/19
44	2º Pavimento	8 dias	Qui 11/07/19	Seg 22/07/19

Id	Nome da Tarefa	Duração	Início	Término
45	3º Pavimento	8 dias	Ter 23/07/19	Qui 01/08/19
46	Instalações elétricas	47 dias	Sex 21/06/19	Ter 27/08/19
47	Térreo	8 dias	Sex 21/06/19	Ter 02/07/19
48	1º Pavimento	10 dias	Qua 03/07/19	Ter 16/07/19
49	2º Pavimento	10 dias	Qua 17/07/19	Ter 30/07/19
50	3º Pavimento	10 dias	Qua 31/07/19	Ter 13/08/19
51	Cobertura	10 dias	Qua 14/08/19	Qua 28/08/19
52	Hall, prumadas e cobertura	5 dias	Qui 29/08/19	Qua 04/09/19
53	Instalações de telefone e antena	12 dias	Sex 02/08/19	Ter 20/08/19
54	Térreo	3 dias	Sex 02/08/19	Ter 06/08/19
55	1º Pavimento	3 dias	Qua 07/08/19	Sex 09/08/19
56	2º Pavimento	3 dias	Seg 12/08/19	Qua 14/08/19
57	3º Pavimento	3 dias	Sex 16/08/19	Ter 20/08/19
58	SPDA	21 dias	Ter 15/10/19	Ter 12/11/19
59	Instalações de combate a incêndio	22 dias	Sex 02/08/19	Ter 03/09/19
60	Forro de PVC	4 dias	Qui 22/08/19	Ter 27/08/19
61	Térreo	1 dia	Qui 22/08/19	Qui 22/08/19
62	1º Pavimento	1 dia	Sex 23/08/19	Sex 23/08/19
63	2º Pavimento	1 dia	Seg 26/08/19	Seg 26/08/19
64	3º Pavimento	1 dia	Ter 27/08/19	Ter 27/08/19
65	Tratamento (Impermeabilização)	5 dias	Seg 14/10/19	Sex 18/10/19
66	Laje com camada niveladora	3 dias	Seg 12/08/19	Qui 15/08/19
Id	Nome da Tarefa	Duração	Início	Término
67	Térreo	1 dia	Seg 12/08/19	Seg 12/08/19
68	1º Pavimento	1 dia	Ter 13/08/19	Ter 13/08/19
69	2º Pavimento	1 dia	Qua 14/08/19	Qua 14/08/19
70	3º Pavimento	1 dia	Sex 16/08/19	Sex 16/08/19
71	Reboco liso estanhado, H: 1,60M	2 dias	Ter 03/09/19	Qua 04/09/19
72	Fachada	29 dias	Qua 31/07/19	Ter 10/09/19
73	Fachada	29 dias	Qua 31/07/19	Ter 10/09/19
74	Pintura sem emassamento em paredes	15 dias	Seg 12/08/19	Seg 02/09/19
75	Térreo	4 dias	Seg 12/08/19	Sex 16/08/19
76	1º Pavimento	4 dias	Seg 19/08/19	Qui 22/08/19
77	2º Pavimento	4 dias	Sex 23/08/19	Qua 28/08/19
78	3º Pavimento	4 dias	Qui 29/08/19	Ter 03/09/19
79	Pintura sem emassamento no teto	4 dias	Seg 19/08/19	Qui 22/08/19
80	Térreo	1 dia	Seg 19/08/19	Seg 19/08/19
81	1º Pavimento	1 dia	Ter 20/08/19	Ter 20/08/19
82	2º Pavimento	1 dia	Qua 21/08/19	Qua 21/08/19
83	3º Pavimento	1 dia	Qui 22/08/19	Qui 22/08/19
84	Serralheria - corrimão com guarda corpo	5 dias	Sex 13/09/19	Qui 19/09/19
85	Esquadrias em madeira	11 dias	Sex 09/08/19	Seg 26/08/19
86	Térreo	3 dias	Sex 09/08/19	Ter 13/08/19
87	1º Pavimento	3 dias	Qua 14/08/19	Seg 19/08/19
88	2º Pavimento	3 dias	Ter 20/08/19	Qui 22/08/19

Id	Nome da Tarefa	Duração	Início	Término
89	3º Pavimento	3 dias	Sex 23/08/19	Ter 27/08/19
90	Esquadrias em alumínio	12 dias	Sex 16/08/19	Seg 02/09/19
91	Térreo	3 dias	Sex 16/08/19	Ter 20/08/19
92	1º Pavimento	3 dias	Qua 21/08/19	Sex 23/08/19
93	2º Pavimento	3 dias	Seg 26/08/19	Qua 28/08/19
94	3º Pavimento	3 dias	Qui 29/08/19	Seg 02/09/19
95	Louças, metais e acessórios	8 dias	Ter 20/08/19	Qui 29/08/19
96	Térreo	2 dias	Ter 20/08/19	Qua 21/08/19
97	1º Pavimento	2 dias	Qui 22/08/19	Sex 23/08/19
98	2º Pavimento	2 dias	Seg 26/08/19	Ter 27/08/19
99	3º Pavimento	2 dias	Qua 28/08/19	Qui 29/08/19
100	Peitoris	8 dias	Seg 05/08/19	Qua 14/08/19
101	Térreo	2 dias	Seg 05/08/19	Ter 06/08/19
102	1º Pavimento	2 dias	Qua 07/08/19	Qui 08/08/19
103	2º Pavimento	2 dias	Sex 09/08/19	Seg 12/08/19
104	3º Pavimento	2 dias	Ter 13/08/19	Qua 14/08/19
105	Cobertura (estrutura e telhamento)	15 dias	Seg 01/07/19	Sex 19/07/19
106	Limpeza e revisão final	10 dias	Seg 02/12/19	Sex 13/12/19

7.4 Apêndice IV - Planejamento exclusivo de segurança do trabalho

Id	Nome da Tarefa	Duração	Início	Término
1	BLOCO 01	160 dias	Seg 06/05/19	Sex 13/12/19
2	Palestra	151 dias	Sex 10/05/19	Sex 06/12/19
3	Palestra 1 (DST/AIDS)	1 dia	Sex 10/05/19	Sex 10/05/19
4	Palestra 2 (Trabalho em altura NR 35)	1 dia	Sex 24/05/19	Sex 24/05/19
5	Palestra 3 (Tabagismo e alcoolismo)	1 dia	Sex 07/06/19	Sex 07/06/19
6	Palestra 4 (Trabalho em altura NR 35)	1 dia	Sex 21/06/19	Sex 21/06/19
7	Palestra 5 (Ergonomia)	1 dia	Sex 05/07/19	Sex 05/07/19
8	Palestra 6 (Trabalho em altura NR 35)	1 dia	Sex 19/07/19	Sex 19/07/19
9	Palestra 7 (Acidente no trabalho)	1 dia	Sex 02/08/19	Sex 02/08/19
10	Palestra 8 (Trabalho em altura NR 35)	1 dia	Sex 16/08/19	Sex 16/08/19
11	Palestra 9 (Importância do EPI)	1 dia	Sex 30/08/19	Sex 30/08/19
12	Palestra 10 (Trabalho em altura NR 35)	1 dia	Sex 13/09/19	Sex 13/09/19
13	Palestra 11 (Combate a incêndio)	1 dia	Sex 27/09/19	Sex 27/09/19
14	Palestra 12 (Trabalho em altura NR 35)	1 dia	Sex 11/10/19	Sex 11/10/19
15	Palestra 13 (Hipertensão)	1 dia	Sex 25/10/19	Sex 25/10/19
16	Palestra 14 (Trabalho em altura NR 35)	1 dia	Sex 08/11/19	Sex 08/11/19
17	Palestra 15 (Diabetes)	1 dia	Sex 22/11/19	Sex 22/11/19
18	Palestra 16 (Trabalho em altura NR 35)	1 dia	Sex 06/12/19	Sex 06/12/19
19	Diálogo Semanal de Segurança (DSS)	156 dias	Seg 06/05/19	Seg 09/12/19
20	Diálogo Semanal de Segurança (DSS) 1	1 dia	Seg 06/05/19	Seg 06/05/19
21	Diálogo Semanal de Segurança (DSS) 2	1 dia	Seg 13/05/19	Seg 13/05/19
22	Diálogo Semanal de Segurança (DSS) 3	1 dia	Seg 20/05/19	Seg 20/05/19

Id	Nome da Tarefa	Duração	Início	Término
23	Diálogo Semanal de Segurança (DSS) 4	1 dia	Seg 27/05/19	Seg 27/05/19
24	Diálogo Semanal de Segurança (DSS) 5	1 dia	Seg 03/06/19	Seg 03/06/19
25	Diálogo Semanal de Segurança (DSS) 6	1 dia	Seg 10/06/19	Seg 10/06/19
26	Diálogo Semanal de Segurança (DSS) 7	1 dia	Seg 17/06/19	Seg 17/06/19
27	Diálogo Semanal de Segurança (DSS) 8	1 dia	Seg 24/06/19	Seg 24/06/19
28	Diálogo Semanal de Segurança (DSS) 9	1 dia	Seg 01/07/19	Seg 01/07/19
29	Diálogo Semanal de Segurança (DSS) 10	1 dia	Seg 08/07/19	Seg 08/07/19
30	Diálogo Semanal de Segurança (DSS) 11	1 dia	Seg 15/07/19	Seg 15/07/19
31	Diálogo Semanal de Segurança (DSS) 12	1 dia	Seg 22/07/19	Seg 22/07/19
32	Diálogo Semanal de Segurança (DSS) 13	1 dia	Seg 29/07/19	Seg 29/07/19
33	Diálogo Semanal de Segurança (DSS) 14	1 dia	Seg 05/08/19	Seg 05/08/19
34	Diálogo Semanal de Segurança (DSS) 15	1 dia	Seg 12/08/19	Seg 12/08/19
35	Diálogo Semanal de Segurança (DSS) 16	1 dia	Seg 19/08/19	Seg 19/08/19
36	Diálogo Semanal de Segurança (DSS) 17	1 dia	Seg 26/08/19	Seg 26/08/19
37	Diálogo Semanal de Segurança (DSS) 18	1 dia	Seg 02/09/19	Seg 02/09/19
38	Diálogo Semanal de Segurança (DSS) 19	1 dia	Seg 09/09/19	Seg 09/09/19
39	Diálogo Semanal de Segurança (DSS) 20	1 dia	Seg 16/09/19	Seg 16/09/19
40	Diálogo Semanal de Segurança (DSS) 21	1 dia	Seg 23/09/19	Seg 23/09/19
41	Diálogo Semanal de Segurança (DSS) 22	1 dia	Seg 30/09/19	Seg 30/09/19
42	Diálogo Semanal de Segurança (DSS) 23	1 dia	Seg 07/10/19	Seg 07/10/19
43	Diálogo Semanal de Segurança (DSS) 24	1 dia	Seg 14/10/19	Seg 14/10/19
44	Diálogo Semanal de Segurança (DSS) 25	1 dia	Seg 21/10/19	Seg 21/10/19

Id	Nome da Tarefa	Duração	Início	Término
45	Diálogo Semanal de Segurança (DSS) 26	1 dia	Seg 28/10/19	Seg 28/10/19
46	Diálogo Semanal de Segurança (DSS) 27	1 dia	Seg 04/11/19	Seg 04/11/19
47	Diálogo Semanal de Segurança (DSS) 28	1 dia	Seg 11/11/19	Seg 11/11/19
48	Diálogo Semanal de Segurança (DSS) 29	1 dia	Seg 18/11/19	Seg 18/11/19
49	Diálogo Semanal de Segurança (DSS) 30	1 dia	Seg 25/11/19	Seg 25/11/19
50	Diálogo Semanal de Segurança (DSS) 31	1 dia	Seg 02/12/19	Seg 02/12/19
51	Diálogo Semanal de Segurança (DSS) 32	1 dia	Seg 09/12/19	Seg 09/12/19
52	Linha de vida	77 dias	Seg 20/05/19	Ter 03/09/19
53	Colocação linha de vida Pav. 01	2 dias	Seg 20/05/19	Ter 21/05/19
54	Colocação linha de vida Pav. 02	2 dias	Seg 10/06/19	Ter 11/06/19
55	Colocação linha de vida Pav. 03	2 dias	Sex 28/06/19	Seg 01/07/19
56	Colocação linha de vida Cobertura	2 dias	Qua 26/06/19	Qui 27/06/19
57	Retirada linha de vida Pav. 01	46 dias	Ter 02/07/19	Ter 03/09/19
58	Retirada linha de vida Pav. 02	2 dias	Qua 10/07/19	Qui 11/07/19
59	Retirada linha de vida Pav. 03	2 dias	Sex 19/07/19	Seg 22/07/19
60	Retirada linha de vida Cobertura	2 dias	Qua 24/07/19	Qui 25/07/19
61	Bandejas de proteção primária	74 dias	Qua 22/05/19	Seg 02/09/19
62	Treinamento NR 35 (08 horas)	1 dia	Ter 21/05/19	Ter 21/05/19
63	Instalação de mãos francesas	5 dias	Qua 22/05/19	Ter 28/05/19
64	Instalação de bandejas de proteção	3 dias	Qua 29/05/19	Sex 31/05/19
65	Teste de carga bandeja de proteção primária	1 dia	Seg 03/06/19	Seg 03/06/19
66	Retirada de bandejas de proteção	3 dias	Qui 22/08/19	Seg 26/08/19

Id	Nome da Tarefa	Duração	Início	Término
67	Retirada de mãos francesas	5 dias	Ter 27/08/19	Seg 02/09/19
68	Guarda Corpo	36 dias	Seg 03/06/19	Seg 22/07/19
69	Colocação de guarda corpo Pav. 01	3 dias	Seg 03/06/19	Qua 05/06/19
70	Teste de carga guarda corpo Pav. 01	1 dia	Qui 06/06/19	Qui 06/06/19
71	Colocação de guarda corpo Pav. 02	3 dias	Qua 12/06/19	Sex 14/06/19
72	Teste de carga guarda corpo Pav. 02	1 dia	Seg 17/06/19	Seg 17/06/19
73	Colocação de guarda corpo Pav. 03	3 dias	Ter 02/07/19	Qui 04/07/19
74	Teste de carga guarda corpo Pav. 03	1 dia	Sex 05/07/19	Sex 05/07/19
75	Colocação de guarda corpo Cobertura	3 dias	Qui 27/06/19	Seg 01/07/19
76	Teste de carga guarda corpo Cobertura	1 dia	Ter 02/07/19	Ter 02/07/19
77	Retirada de guarda corpo Pav. 01	3 dias	Qui 20/06/19	Seg 24/06/19
78	Retirada de guarda corpo Pav. 02	3 dias	Qui 27/06/19	Seg 01/07/19
79	Retirada de guarda corpo Pav. 03	3 dias	Seg 08/07/19	Qua 10/07/19
80	Retirada guarda corpo Cobertura	3 dias	Sex 19/07/19	Ter 23/07/19
81	Vistoria semanal dos EPC	86 dias	Seg 06/05/19	Seg 02/09/19
82	Vistoria semanal dos EPC 1	1 dia	Seg 06/05/19	Seg 06/05/19
83	Vistoria semanal dos EPC 2	1 dia	Seg 13/05/19	Seg 13/05/19
84	Vistoria semanal dos EPC 3	1 dia	Seg 20/05/19	Seg 20/05/19
85	Vistoria semanal dos EPC 4	1 dia	Seg 27/05/19	Seg 27/05/19
86	Vistoria semanal dos EPC 5	1 dia	Seg 03/06/19	Seg 03/06/19
87	Vistoria semanal dos EPC 6	1 dia	Seg 10/06/19	Seg 10/06/19
88	Vistoria semanal dos EPC 7	1 dia	Seg 17/06/19	Seg 17/06/19

Id	Nome da Tarefa	Duração	Início	Término
89	Vistoria semanal dos EPC 8	1 dia	Seg 24/06/19	Seg 24/06/19
90	Vistoria semanal dos EPC 9	1 dia	Seg 01/07/19	Seg 01/07/19
91	Vistoria semanal dos EPC 10	1 dia	Seg 08/07/19	Seg 08/07/19
92	Vistoria semanal dos EPC 11	1 dia	Seg 15/07/19	Seg 15/07/19
93	Vistoria semanal dos EPC 12	1 dia	Seg 22/07/19	Seg 22/07/19
94	Vistoria semanal dos EPC 13	1 dia	Seg 29/07/19	Seg 29/07/19
95	Vistoria semanal dos EPC 14	1 dia	Seg 05/08/19	Seg 05/08/19
96	Vistoria semanal dos EPC 15	1 dia	Seg 12/08/19	Seg 12/08/19
97	Vistoria semanal dos EPC 16	1 dia	Seg 19/08/19	Seg 19/08/19
98	Vistoria semanal dos EPC 17	1 dia	Seg 26/08/19	Seg 26/08/19
99	Vistoria semanal dos EPC 18	1 dia	Seg 02/09/19	Seg 02/09/19

8 BIBLIOGRAFIA

ABUDAYYEH, Osama; FREDERICKS, Tycho K.; BUTT, Steven E.; SHAAR, Areen. An investigation of management's commitment to construction safety. **International Journal of Project Management**, [S. l.], v. 24, n. 2, p. 167–174, 2006. DOI: 10.1016/j.ijproman.2005.07.005.

Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0263786305000888>. Acesso em: 5 ago. 2019.

AI, Evelyn; TEO, Lin; YEAN, Florence; LING, Yng; FOOK, Adrian; CHONG, Weng. Framework for project managers to manage construction safety. **INTERNATIONAL JOURNAL OF PROJECT MANAGEMENT**, [S. l.], v. 23, p. 329–341, 2005. DOI:

10.1016/j.ijproman.2004.09.001. Disponível em: www.elsevier.com/locate/ijproman. Acesso em: 24 fev. 2019.

ALADAG, Hande; DEMIRDÖGEN, Gökhan; ISIK, Zeynep. Building Information Modeling (BIM) Use in Turkish Construction Industry. **Procedia Engineering**, [S. l.], v. 161, p. 174–179, 2016. DOI: 10.1016/J.PROENG.2016.08.520. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S187770581632728X?via%3Dihub>. Acesso em: 25 fev. 2019.

ALBERT, Alex; HALLOWELL, Matthew R. Hazard Recognition Methods in the Construction Industry. In: CONSTRUCTION RESEARCH CONGRESS 2012 2012, Reston, VA. **Anais [...]**. Reston, VA: American Society of Civil Engineers, 2012. p. 407–416. DOI:

10.1061/9780784412329.041. Disponível em: <http://ascelibrary.org/doi/10.1061/9780784412329.041>. Acesso em: 5 ago. 2019.

ALBERT, Alex; HALLOWELL, Matthew R.; SKAGGS, Michael; KLEINER, Brian. Empirical measurement and improvement of hazard recognition skill. **Safety Science**, [S. l.], v. 93, p. 1–8, 2017. DOI: 10.1016/j.ssci.2016.11.007. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ssci.2016.11.007>. Acesso em: 7 mar. 2019.

ALIZADEHSALEHI, Sepehr; ASNAFI, Mahsa; YITMEN, Ibrahim; CELIK, Tolga. **UAS-BIM based Real-time Hazard Identification and Safety Monitoring of Construction Projects Use of Immersive BIM for Design and Construction View project VR/AR/MR View project**. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/318707931>. Acesso em: 7 mar. 2019.

ALYRIO, Rovigati Danilo. **Métodos e Técnicas de Pesquisa em Administração**. Rio de Janeiro. v. 264 DOI: 10.1590/S1517-97022003000100005.

ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. **UNE - EN 1263-1**. 1997. Disponível em: <http://www.alquiansa.es/pdf/noticias/UNE-EN-1263-1-red-seguridad.pdf>. Acesso em: 11 ago. 2020.

ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. **UNE - EN 1263 - 2**. 2004. Disponível em: <https://www.navarra.es/NR/rdonlyres/EF1224A4-E797-4B30-9ED7-E04C53A3F829/243996/FTP41RedesSeguridad1.pdf>. Acesso em: 11 ago. 2020.

AUTODESK. **Revit | Software BIM | Autodesk**. 2020a. Disponível em: <https://www.autodesk.com.br/products/revit/overview>. Acesso em: 6 fev. 2020.

AUTODESK. **Navisworks | Software de análise de modelos 3D | Coordenação BIM | Autodesk**. 2020b. Disponível em: <https://www.autodesk.com.br/products/navisworks/overview>. Acesso em: 6 fev. 2020.

BEHM, Michael. Linking construction fatalities to the design for construction safety concept. **Safety Science**, [S. l.], v. 43, n. 8, p. 589–611, 2005. DOI: 10.1016/J.SSCI.2005.04.002. Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez3.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0925753505000731>. Acesso em: 13 mar. 2019.

BENEDETTO, Henrique; BERNARDES, Maurício M. S.; PIRES, Roberto W. **Ensino de BIM no Brasil-Análise do Cenário Acadêmico**. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <https://www.ufrgs.br/destec/wp-content/uploads/2018/07/Ensino-de-BIM-no-Brasil-201602-r02-não-alterado-final.pdf>. Acesso em: 14 ago. 2019.

BIOTTO, Clarissa Notariano; FORMOSO, Carlos Torres; ISATTO, Eduardo Luis. Uso de modelagem 4D e Building Information Modeling na gestão de sistemas de produção em empreendimentos de construção. **Ambiente construído : revista da Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**, [S. l.], v. 15, p. 79–96, 2015. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/142509>. Acesso em: 24 fev. 2019.

BRASIL. **Decreto - Lei Nº 5.452**. 1943. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Decreto-Lei/Del5452compilado.htm. Acesso em: 5 abr. 2019.

BRASIL. **Portaria Nº 3.214, de 08 de Junho de 1978**. 1978a. Disponível em: http://www.trtsp.jus.br/geral/tribunal2/ORGaos/MTE/Portaria/P3214_78.html. Acesso em: 4 abr. 2019.

BRASIL. **Norma Regulamentadora Nº 18 - Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção**. 1978b. Disponível em: <http://trabalho.gov.br/seguranca-e-saude-no-trabalho/normatizacao/normas-regulamentadoras/norma-regulamentadora-n-18-condicoes-e-meio>

ambiente-de-trabalho-na-industria-da-construcao. Acesso em: 12 jan. 2020.

BRASIL. **Lei Nº 8.231**. 1991. Disponível em:

http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L8213cons.htm. Acesso em: 4 abr. 2019.

BRASIL. **Análise das estatísticas de acidentes do trabalho na construção civil**, 2014.

BRASIL. **Anuário estatístico de acidentes do trabalho**, 2016. DOI: <https://doi.org/10.3929/ethz-b-000238666>.

BRASIL. Anuário estatístico de acidentes de trabalho. [S. l.], v. 1, p. 1–996, 2017. a. Disponível em: <http://sa.previdencia.gov.br/site/2018/09/AEAT-2017.pdf>. Acesso em: 26 mar. 2019.

BRASIL. **Anuário Estatístico da Previdência Social** Brasília, 2017. b. Disponível em:

<http://sa.previdencia.gov.br/site/2019/04/AEPS-2017-abril.pdf>. Acesso em: 1 ago. 2019.

BRASIL. **TABELA DE CÓDIGO POR CNAE (Classificação Nacional de Atividades Econômicas)**. [s.l: s.n.]. Disponível em:

http://www2.maringa.pr.gov.br/sistema/arquivos/geo/leis/codigo_cnae.pdf. Acesso em: 26 mar. 2019.

BRASIL. **NBR 14718 Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT)**, 2019. a. Disponível em:

<https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=424519>. Acesso em: 19 ago. 2020.

BRASIL. **NR 35**. 2019b. Disponível em:

https://enit.trabalho.gov.br/portal/images/Arquivos_SST/SST_NR/NR-35.pdf. Acesso em: 9 out. 2020.

BRASIL. **Decreto Nº 9.983**. 2019c. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2019/decreto/D9983.htm. Acesso em: 16 ago. 2020.

BRASIL. **NBR ISO 2408**. 2019d. Disponível em:

<https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=426703>. Acesso em: 9 out. 2020.

BRASIL. **NR 18 - Condições de segurança e saúde no trabalho na indústria da construção civil**. Brasília.

BRASIL. **Decreto Nº 10.306**. 2020b. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/decreto-n-10.306-de-2-de-abril-de-2020-251068946>. Acesso em: 16 ago. 2020.

CABRITO, Arlindo. **Construção: A Aplicação dos Princípios Gerais de Prevenção na Fase de Projecto**. 1ª edição ed. Lisboa. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/62717296.pdf>.

Acesso em: 29 abr. 2018.

CARTER, Gregory; SMITH, Simon D. Safety Hazard Identification on Construction Projects.

Journal of Construction Engineering and Management, [S. l.], v. 132, n. 2, p. 197–205, 2006.

CHAREF, Rabia; ALAKA, Hafiz; EMMITT, Stephen. Beyond the third dimension of BIM: A systematic review of literature and assessment of professional views. **Journal of Building Engineering**, [S. l.], v. 19, p. 242–257, 2018. DOI: 10.1016/j.jobbe.2018.04.028. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2352710217306320>. Acesso em: 5 ago. 2019.

CHECCUCCI, Érica de Sousa. Teses e dissertações brasileiras sobre BIM: uma análise do período de 2013 a 2018. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, [S. l.], v. 10, p. e019008, 2019. DOI: 10.20396/parc.v10i0.8653708. Disponível em:

<https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/parc/article/view/8653708>. Acesso em: 14 ago. 2019.

CHIEN, Kuo-Feng; WU, Zong-Han; HUANG, Shyh-Chang. Identifying and assessing critical risk factors for BIM projects: Empirical study. **Automation in Construction**, [S. l.], v. 45, p. 1–15, 2014. DOI: 10.1016/J.AUTCON.2014.04.012. Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez3.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0926580514001071>. Acesso em: 7 mar. 2019.

CHOUDHRY, Rafiq M.; HELEN LINGARD, Pakistan; BLISMAS, Nick. **Designing for safety: perspectives from European Union, United Kingdom, Australia and United States pertaining to safety and health in construction**. [s.l: s.n.].

CLEVINGER, Caroline; LOPEZ, Carla; PUERTO, Del; GLICK, Scott. **Developing a BIM-enabled Bilingual Safety Training Module for the Construction Industry**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <https://ascelibrary.org/doi/pdf/10.1061/9780784413517.183>. Acesso em: 25 fev. 2019.

COLLINS, Rachel; ZHANG, Sijie; KIM, Kyungki; TEIZER, Jochen. Integration of Safety Risk Factors in BIM for Scaffolding Construction. *In: COMPUTING IN CIVIL AND BUILDING ENGINEERING (2014) 2014*, Reston, VA. **Anais [...]**. Reston, VA: American Society of Civil Engineers, 2014. p. 307–314. DOI: 10.1061/9780784413616.039. Disponível em: <http://ascelibrary.org/doi/10.1061/9780784413616.039>. Acesso em: 2 mar. 2019.

COSTELLA, Marcelo Fabiano; PILZ, Silvio Edmundo; SORGATO, Pedro Luciano;; BALDISSERA, Ademir. **Ensaio estático e dinâmico de proteções coletivas contra quedas de altura em canteiros de obra**. 2014. Disponível em: <https://docplayer.com.br/435451-Ensaio-estatico-e-dinamico-de-protecoes-coletivas-contra-quedas-de-altura-em-canteiros-de-obras.html>. Acesso em: 1 jul. 2020.

DEGRAUS - ALUGUEL DE EQUIPAMENTOS. **Plataforma Tesoura 10M (Compact 10N)**. 2020. Disponível em: <https://www.degraus.com.br/loja/plataforma-elevatoria/plataforma-tesoura-10-m->

compact-10-n/. Acesso em: 19 ago. 2020.

DIB, Hazar; GARVER, Stephen. Advances in Engineering Education An interactive Virtual Environment for Learning Differential Leveling: Development and initial Findings. **Advances in Engineering Education**, [S. l.], p. 1–17, 2014.

DICKINSON, John K.; WOODARD, Paul; CANAS, Roberto; AHAMED, Shafee; SC, M. A. **Game-based trench safety education: development and lessons learned** *Journal of Information Technology in Construction (ITcon)*. [s.l: s.n.]. Disponível em: <http://www.itcon.org/2011/8>. Acesso em: 5 ago. 2019.

EADIE, R.; BROWNE, M.; ODEYINKA, H.; MCKEOWN, C.; MCNIFF, S. BIM implementation throughout the UK construction project lifecycle: an analysis. **Automation in Construction**, [S. l.], v. 36, p. 145–151, 2013.

ENGENIUM. **Comparativo software BIM | Autocad, Sketchup, ArchiCAD, Revit, Vectorworks | enGENIUM 2.0**. 2014. Disponível em: <https://www.engenium.net/8030/bim-autocad-sketchup-archicad-revit-vectorworks.html>. Acesso em: 6 fev. 2020.

ENSHASSI, Adnan; AYYASH, Abed; CHOUDHRY, Rafiq M. BIM for construction safety improvement in Gaza strip: awareness, applications and barriers. **International Journal of Construction Management**, [S. l.], v. 16, n. 3, p. 249–265, 2016. DOI: 10.1080/15623599.2016.1167367. Disponível em: <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/15623599.2016.1167367>. Acesso em: 7 mar. 2019.

ESTRADA, Joel. **Prevenção de riscos na fase de projeto com base na metodologia BIM**. 2015a. Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal, 2015. Disponível em: <https://ria.ua.pt/handle/10773/17338>. Acesso em: 31 mar. 2018.

ESTRADA, Joel Gaspar. **Prevenção de riscos na fase de projeto com base na metodologia BIM**. 2015b. Universidade de Aveiro, [S. l.], 2015. Disponível em: <https://ria.ua.pt/bitstream/10773/17338/1/Dissertação.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2019.

FENG, C. W.; LU, S. W. Using BIM to Automate Scaffolding Planning for Risk Analysis at Construction Sites. In: H INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON AUTOMATION AND ROBOTICS IN CONSTRUCTION 2017a, **Anais [...]**. [s.l: s.n.] p. 1–8. Disponível em: <https://www.iaarc.org/publications/fulltext/ISARC2017-Paper085.pdf>. Acesso em: 10 dez. 2018.

FENG, C. W.; LU, S. W. Using BIM to Automate Scaffolding Planning for Risk Analysis at Construction Sites. In: 34TH INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON AUTOMATION AND ROBOTICS IN CONSTRUCTION 2017b, **Anais [...]**. [s.l: s.n.] Disponível em:

<https://www.iaarc.org/publications/fulltext/ISARC2017-Paper085.pdf>. Acesso em: 25 fev. 2019.

FERRARI, Trujillo A. **Metodologia científica**. 3ª Edição ed. Rio de Janeiro.

FIGUERÊDO, Patrícia. **Construção civil representa 6,2% do PIB Brasil**. 2017. Disponível em: <https://www.sistemafibra.org.br/fibra/sala-de-imprensa/noticias/1315-construcao-civil-representa-6-2-do-pib-brasil>. Acesso em: 31 jul. 2019.

FRITZEN KINCHESCKI, Geovana; ALVES, Rosangela. **Tipos de metodologia adotadas nas dissertações do programa de pós graduação em administração universitária da Universidade Federal de Santa Catarina, No período de 2012 a 2014** Mar de Plata, 2015.

FUNDACENTRO. **Recomendação técnica de procedimentos 01 (RTP 01)** São Paulo, 2003. Disponível em: <http://www.fundacentro.gov.br/biblioteca/recomendacao-tecnica-de-procedimento/publicacao/detalhe/2012/9/rtp-01-medidas-de-protECAo-contrA-quedas-de-altura>.

GABRIEL, Mirian Santana. **Discussão sobre o uso de grua ascensional em edifícios de alvenaria estrutural – estudo de caso**. 2018. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018. Disponível em: <http://poli-integra.poli.usp.br/library/pdfs/b4786945c26f3f877305a18345c1548a.pdf>. Acesso em: 25 ago. 2020.

GALVÃO, Taís Freire; PEREIRA, Gomes Mauricio. Revisões sistemáticas da literatura: passos para a sua elaboração. **Epidemiol. Serv. Saúde**, [S. l.], v. 23, n. 1, p. 183–184, 2014. DOI: 10.5123/S1679-49742014000100018. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/ress/>. Acesso em: 6 maio. 2019.

GAMBATESE, John A.; BEHM, Michael; HINZE, Jimmie W. Viability of designing for construction worker safety. **Journal of Construction Engineering and Management**, [S. l.], v. 131, n. 9, p. 1029–1036, 2005. DOI: 10.1061/(ASCE)0733-9364(2005)131:9(1029). Disponível em: <http://ascelibrary.org/doi/10.1061/%28ASCE%290733-9364%282005%29131%3A9%281029%29>. Acesso em: 12 out. 2020.

GANAH, Abdulkadir; JOHN, Godfaurd A. Integrating Building Information Modeling and Health and Safety for Onsite Construction. **Safety and Health at Work**, [S. l.], v. 6, p. 39–45, 2015. DOI: 10.1016/j.shaw.2014.10.002. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.shaw.2014.10.002>. Acesso em: 7 mar. 2019.

GAO, Xiong; CHEN, Yonghong. Research on BIM Technology in Construction Safety a Emergency Management. *In*: PROCEEDINGS OF THE 2016 4TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON RENEWABLE ENERGY AND ENVIRONMENTAL TECHNOLOGY (ICREET 2016) 2017, Paris, France. **Anais [...]**. Paris, France: Atlantis Press, 2017. DOI: 10.2991/icreet-16.2017.95. Disponível

em: <http://www.atlantis-press.com/php/paper-details.php?id=25871788>. Acesso em: 7 mar. 2019.

GETULI, Vito; VENTURA, Silvia Mastrolembo; CAPONE, Pietro; CIRIBINI, Angelo L. C. BIM-based Code Checking for Construction Health and Safety. **Procedia Engineering**, [S. l.], v. 196, p. 454–461, 2017. DOI: 10.1016/J.PROENG.2017.07.224. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705817330977?via%3Dihub>. Acesso em: 25 fev. 2019.

GIBB, A. G. F.; LINGARD, H.; BEHM, M.; COOKE, T. Construction accident causality: learning from different countries and differing consequences. **Taylor & Francis**, [S. l.], 2014. DOI:

10.1080/01446193.2014.907498. Disponível em:

<http://www.tandfonline.com/10.1080/01446193.2014.907498MetadataRecord:https://dspace.lboro.ac.uk/2134/17785>. Acesso em: 13 mar. 2019.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. 6ª edição ed. São Paulo. Disponível em: <https://ayanrafael.files.wordpress.com/2011/08/gil-a-c-mc3a9todos-e-tc3a9cnicas-de-pesquisa-social.pdf>. Acesso em: 23 abr. 2019.

HALE, Andrew; KIRWAN, Barry; KJELLÉN, Urban. Safe by design: where are we now? **Safety Science**, [S. l.], v. 45, n. 1–2, p. 305–327, 2007. DOI: 10.1016/j.ssci.2006.08.007.

HONGLING, Guo; YANTAO, Yu; WEISHENG, Zhang; YAN, Li. BIM and Safety Rules Based Automated Identification of Unsafe Design Factors in Construction. **Procedia Engineering**, [S. l.], v. 164, p. 467–472, 2016. DOI: 10.1016/J.PROENG.2016.11.646. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S187770581633987X>. Acesso em: 25 fev. 2019.

HOSSAIN, Md. Aslam; ABBOTT, Ernest L. S.; CHUA, David K. H.; NGUYEN, Thi Qui; GOH, Yang Miang. Design-for-Safety knowledge library for BIM-integrated safety risk reviews.

Automation in Construction, [S. l.], v. 94, p. 290–302, 2018. DOI:

10.1016/J.AUTCON.2018.07.010. Disponível em: [https://www-](https://www-sciencedirect.ez3.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0926580518300840)

[sciencedirect.ez3.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0926580518300840](https://www-sciencedirect.ez3.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0926580518300840). Acesso em: 2 mar. 2019.

HUGO SEFRIAN, Peinado et al. **Segurança e Saúde do Trabalho na Indústria da Construção Civil**. [s.l: s.n.]. DOI: 10.26626/978-85-5953-048-3.2019b0001.

HUSSAIN, Rahat; LEE, Do Yeop; PHAM, Hai Chien; PARK, Chan Sik. **Safety Regulation**

Classification System to support BIM based Safety Management. [s.l: s.n.]. Disponível em:

<http://www.iaarc.org/publications/fulltext/ISARC2017-Paper004.pdf>. Acesso em: 2 mar. 2019.

ISO - INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 45001 - Sistemas**

de gestão de saúde e segurança ocupacional. 1º Edition ed. [s.l: s.n.]. Disponível em:

<https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=394661>. Acesso em: 19 mar. 2019.

JUNIOR, Didier Cardoso Silva; CAMBRAIA, Fabricio Borges. Modelo do processo de ação fiscal de segurança e saúde do trabalho na construção de edificações. **Ambiente Construído**, [S. l.], v. 13, n. 3, p. 29–41, 2013. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/view/38304>. Acesso em: 28 fev. 2019.

JUNIOR, Ivan Francklin; AMARAL, Tatiana Gondim. Inovação tecnológica e modernização na indústria da construção civil. **XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, Rio de Janeiro, 2008. Disponível em: http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2008_TN_STO_086_572_10715.pdf. Acesso em: 13 set. 2020.

KAMARDEEN, Imriyas. **8D BIM Modelling tool for accident prevention through design.** [s.l: s.n.]. Disponível em:

<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.461.8274&rep=rep1&type=pdf>. Acesso em: 19 jun. 2019.

KAMARDEEN, Imriyas. 8D BIM Modelling tool for accident prevention through design. *In: 26TH ANNUAL ARCOM CONFERENCE 2018, Anais [...]*. [s.l: s.n.] p. 281–289. Disponível em: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.461.8274&rep=rep1&type=pdf>. Acesso em: 26 fev. 2019.

KASSEM, Mohamad; BROGDEN, Trevor; DAWOOD, Nashwan. BIM and 4D planning: a holistic study of the barriers and drivers to widespread adoption. **Journal of Construction Engineering and Project Management**, [S. l.], v. 2, n. 4, p. 1–10, 2012. DOI: 10.6106/JCEPM.2012.2.4.001. Disponível em: <http://koreascience.or.kr/journal/view.jsp?kj=E1GAAO&py=2012&vnc=v2n4&sp=1>. Acesso em: 14 ago. 2019.

KEHL, Caroline; ISATTO, Eduardo Luís. BARREIRAS E OPORTUNIDADES PARA A VERIFICAÇÃO AUTOMÁTICA DE REGRAS DA PRODUÇÃO NA FASE DE PROJETO COM USO DA TECNOLOGIA BIM. *In: ANAIS DO VII ENCONTRO DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO - EDIFICAÇÕES, INFRA-ESTRUTURA E CIDADE: DO BIM AO CIM 2015*, São Paulo. **Anais [...]**. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 2015. p. 13–26. DOI: 10.5151/engpro-tic2015-002. Disponível em: <http://www.proceedings.blucher.com.br/article-details/20512>. Acesso em: 24 fev. 2019.

KEITH POTTS. **Construction Cost Management.** [s.l: s.n.]. Disponível em:

[http://pcmanagement.es/editorial/Construction Cost Management_ejemplo.pdf](http://pcmanagement.es/editorial/Construction%20Cost%20Management_ejemplo.pdf). Acesso em: 29 abr. 2018.

KIM, Hyunjoo; AHN, Hongseob. Temporary Facility Planning of a Construction Project Using BIM (Building Information Modeling). *In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON COMPUTING IN CIVIL 2011, Anais [...].* [s.l: s.n.] p. 627–634. Disponível em: <https://ascelibrary.org/doi/pdf/10.1061/41182%28416%2977>. Acesso em: 10 dez. 2018.

KIM, Kyungki; CHO, Yong. BIM-Based Planning of Temporary Structures for Construction Safety. *In: COMPUTING IN CIVIL ENGINEERING 2015 2015a*, Reston, VA. **Anais [...].** Reston, VA: American Society of Civil Engineers, 2015. p. 436–444. DOI: 10.1061/9780784479247.054. Disponível em: <http://ascelibrary.org/doi/10.1061/9780784479247.054>. Acesso em: 25 fev. 2019.

KIM, Kyungki; CHO, Yong. BIM-Based Planning of Temporary Structures for Construction Safety. *In: COMPUTING IN CIVIL ENGINEERING 2015 2015b*, Reston, VA. **Anais [...].** Reston, VA: American Society of Civil Engineers, 2015. p. 436–444. DOI: 10.1061/9780784479247.054. Disponível em: <http://ascelibrary.org/doi/10.1061/9780784479247.054>. Acesso em: 12 dez. 2018.

KIM, Kyungki; CHO, Yong Kwon; KWAK, Young Hoon. BIM-Based Optimization of Scaffolding Plans for Safety. *In: CONSTRUCTION RESEARCH CONGRESS 2016 2016*, Reston, VA. **Anais [...].** Reston, VA: American Society of Civil Engineers, 2016. p. 2709–2718. DOI: 10.1061/9780784479827.270. Disponível em: <http://ascelibrary.org/doi/10.1061/9780784479827.270>. Acesso em: 12 dez. 2018.

KIM, Kyungki; CHO, Yong; ZHANG, Sijie. Integrating work sequences and temporary structures into safety planning: Automated scaffolding-related safety hazard identification and prevention in BIM. **Automation in Construction**, [S. l.], v. 70, p. 128–142, 2016. DOI: 10.1016/J.AUTCON.2016.06.012. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926580516301327?via%3Dihub>. Acesso em: 6 mar. 2019.

KIVINIEMI, Markku; SULANKIVI, Kristiina; KÄHKÖNEN, Kalle; MÄKELÄ, Tarja; MERIVIRTA, Maija-Leena. **BIM-based Safety Management and Communication for Building Construction**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <https://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2011/T2597.pdf>. Acesso em: 24 fev. 2019.

LATIFFI, Aryani Ahmad; KASIM, Narimah; FATHI, Mohamad Syazli; MOHD, Suzila. Building Information Modeling (BIM) Application in Malaysian Construction Industry. **International Journal of Construction Engineering and Management**, [S. l.], p. 1–6, 2013. DOI:

- 10.5923/s.ijcem.201309.01. Disponível em: <http://journal.sapub.org/ijcem>. Acesso em: 16 abr. 2019.
- LI, B.; FU, F. F.; ZHONG, H.; LUO, H. B. Research on the computational model for carbon emissions in building construction stage based on BIM. **Structural Survey**, [S. l.], v. 30, n. 5, p. 411–425, 2012. DOI: 10.1108/02630801211288198. Disponível em: <https://www.emeraldinsight.com/doi/10.1108/02630801211288198>. Acesso em: 14 ago. 2019.
- LI, Meng; YU, Hongliang; JIN, Hongyu; LIU, Ping. Methodologies of safety risk control for China's metro construction based on BIM. **Safety Science**, [S. l.], v. 110, p. 418–426, 2018. DOI: 10.1016/J.SSCI.2018.03.026. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925753518302996?via%3Dihub>. Acesso em: 25 fev. 2019.
- LIN, Ken-Yu; SON, Jeongwook; ROJAS, Eddy M. **A pilot study of a 3D game environment for construction safety education** *Journal of Information Technology in Construction (ITcon)*. [s.l.] : Lin, 2011. Disponível em: <http://www.itcon.org/2011/5>. Acesso em: 5 ago. 2019.
- LUCAS, Jason; THABET, Walid. Implementation and evaluation of a VR task-based training tool for conveyor belt safety training. **ITcon**, [S. l.], v. 13, 2008. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/255573212_Implementation_and_evaluation_of_a_VR_task-based_training_tool_for_conveyor_belt_safety_training. Acesso em: 5 ago. 2019.
- MALEKITABAR, Hassan; ARDESHIR, Abdollah; SEBT, Mohammad Hassan; STOUFFS, Rudi. Construction safety risk drivers: A BIM approach. **Safety Science**, [S. l.], v. 82, p. 445–455, 2016. DOI: 10.1016/J.SSCI.2015.11.002. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925753515002799?via%3Dihub>. Acesso em: 25 fev. 2019.
- MANU, Patrick; POGHOSYAN, Anush; MSHELIA, Ibrahim Mark; IWO, Samuel Tekena; MAHAMADU, Abdul Majeed; DZIEKONSKI, Krzysztof. Design for occupational safety and health of workers in construction in developing countries: a study of architects in Nigeria. **International Journal of Occupational Safety and Ergonomics**, [S. l.], v. 25, n. 1, p. 99–109, 2019. DOI: 10.1080/10803548.2018.1485992. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10803548.2018.1485992>. Acesso em: 12 out. 2020.
- MANZIONE, Leonardo. **Proposição de uma estrutura de gestão do processo de projeto colaborativo com o uso do BIM**. 2013. Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil, 2013. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-08072014-124306/>.
- MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos de Metodologia Científica**.

7ª Edição ed. São Paulo. Disponível em: www.atlasnet.com.br. Acesso em: 23 abr. 2019.

MARTÍNEZ-AIRES, María D.; LÓPEZ-ALONSO, Mónica; MARTÍNEZ-ROJAS, María. Building information modeling and safety management: A systematic review. **Safety Science**, [S. l.], v. 101, p. 11–18, 2018. DOI: 10.1016/J.SSCI.2017.08.015. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925753517314340?via%3Dihub>. Acesso em: 2 mar. 2019.

MASOOD, R.; KHARAL, M. K. N.; NASIR, A. R. Is BIM Adoption Advantageous for Construction Industry of Pakistan? **Procedia Engineering**, [S. l.], v. 77, p. 229–238, 2014. DOI:

10.1016/j.proeng.2014.07.021. Disponível em:

<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1877705814009989>. Acesso em: 5 ago. 2019.

MATTOS, Ubirajara Aluizio de Oliveira; MÁSCULO, Francisco Soares. **Higiene e segurança do trabalho**. 10ª Edição ed. Rio de Janeiro. Disponível em: <https://www.loja.elsevier.com.br/higiene-e-seguranca-do-trabalho-9788535235203.html>. Acesso em: 4 abr. 2019.

MELZNER, Jurgen. Acquisition and processing of input data for an object — Oriented safety risk simulation in building construction. *In: 2017 WINTER SIMULATION CONFERENCE (WSC) 2017, Anais [...]. : IEEE, 2017. p. 2425–2435. DOI: 10.1109/WSC.2017.8247972. Disponível em: <http://ieeexplore.ieee.org/document/8247972/>. Acesso em: 2 mar. 2019.*

MESÁROŠ, P.; SMETANKOVÁ, J.; MANDIČÁK, T. The Fifth Dimension of BIM-Implementation Survey. **Earth and Environmental Scien**, [S. l.], 2019. DOI: 10.1088/1755-1315/222/1/012003.

Disponível em: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/222/1/012003/pdf>. Acesso em: 5 ago. 2019.

MIGILINSKAS, Darius; POPOV, Vladimir; JUOCEVICIUS, Virgaudas; USTINOVICHIOUS, Leonas. The benefits, obstacles and problems of practical bim implementation. **Procedia Engineering**, [S. l.], v. 57, p. 767–774, 2015. DOI: 10.1016/j.proeng.2013.04.097. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.proeng.2013.04.097>.

MORROW, Susan; HARE, Billy; CAMERON, Iain. Design engineers' perception of health and safety and its impact in the design process. **Engineering, Construction and Architectural Management**, [S. l.], v. 23, n. 1, p. 40–59, 2016. DOI: 10.1108/ECAM-01-2013-0009.

OLIVEIRA, Maxwell Ferreira De. **Metodologia científica: Um manual para a realização de pesquisas em administração**. 2011. Universidade Federal de Goiás, [S. l.], 2011. Disponível em: https://adm.catalao.ufg.br/up/567/o/Manual_de_metodologia_cientifica_-_Prof_Maxwell.pdf. Acesso em: 23 abr. 2019.

PEREIRA, AL.; BACHION, MM. Atualidades em revisão sistemática de literatura, critérios de força e grau de recomendação de evidência. **Revista Gaúcha de Enfermagem**, [S. l.], v. 27, n. 4, p. 491–498, 2006. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/RevistaGauchadeEnfermagem/article/view/4633>.

REEVE, Henry; STEPHENS, Shane; PEGULA, Stephen; FARRELL, Ryan. **Spotlight on Statistics 25 Years Of Worker Injury, Illness, And Fatality Case Data**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <https://www.bls.gov/spotlight/2019/25-years-of-worker-injury-illness-and-fatality-case-data/pdf/25-years-of-worker-injury-illness-and-fatality-case-data.pdf>. Acesso em: 5 ago. 2019.

ROCHA, Edson Maikon Da; BARLETTA, Elisa Carla. REVIEW OF NR 35 STANDARD - WORKING AT. *In*: ANÁLISE DA NORMA REGULAMENTADORA 35 - TRABALHO EM ALTURA NO CONTEXTO DA CONSTRUÇÃO CIVIL 2018, **Anais [...]**. [s.l: s.n.] p. 1–13.

RODRIGUES, Priscilla Borges de Freitas; MACHADO, Ricardo Luiz; MENDES JÚNIOR, Ricardo; ROMAGNOLI, Larsson Diogo Seabra Coelho; RODRIGUES, Priscilla Borges de Freitas; MACHADO, Ricardo Luiz; MENDES JÚNIOR, Ricardo; ROMAGNOLI, Larsson Diogo Seabra Coelho. Uma proposta de integração do modelo BIM ao sistema last planner. **Ambiente Construído**, [S. l.], v. 18, n. 4, p. 301–317, 2018. DOI: 10.1590/s1678-86212018000400306. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1678-86212018000400301&lng=pt&tlng=pt. Acesso em: 5 ago. 2019.

SACKS, Rafael; PERLMAN, Amotz; BARAK, Ronen. Construction safety training using immersive virtual reality. **Construction Management and Economics**, [S. l.], v. 31, n. 9, p. 1005–1017, 2013. DOI: 10.1080/01446193.2013.828844. Disponível em: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01446193.2013.828844>. Acesso em: 5 ago. 2019.

SADEGHI, Haleh; MOHANDÉS, Saeed Reza; HAMID, Abdul Rahim Abdul; PREECE, Christopher; HEDAYATI, Ali; SINGH, Bachan. Reviewing the usefulness of BIM adoption in improving safety environment of construction projects. **Jurnal Teknologi**, [S. l.], v. 78, n. 10, p. 175–186, 2016. DOI: 10.11113/jt.v78.5866.

SAMPAIO, Rf; MANCINI MC. Estudos de revisão sistemática: um guia para síntese criteriosa da evidência científica. **Revista Brasileira de fisioterapia**, [S. l.], v. 11, p. 83–89, 2007. Disponível em: www.bireme.br. Acesso em: 6 maio. 2019.

SANTANA, Vilma Sousa; ARAÚJO FILHO, José Bouzas; OLIVEIRA, Paulo Rogério Albuquerque; BRANCO, Anadergh Barbosa. **Acidentes de trabalho: custos previdenciários e dias de trabalho perdidos**, 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rsp/v40n6/07.pdf>. Acesso em: 4 abr. 2019.

SANTOS, Rúben; COSTA, António A.; GRILO, António. Bibliometric analysis and review of

Building Information Modelling literature published between 2005 and 2015. **Automation in Construction**, [S. l.], v. 80, p. 118–136, 2017. DOI: 10.1016/j.autcon.2017.03.005. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2017.03.005>. Acesso em: 7 mar. 2019.

SENAI. **Gestão de resíduos na construção civil: redução, reutilização e reciclagem**. [s.l: s.n.]. Disponível em: http://www.fieb.org.br/Adm/Conteudo/uploads/Livro-Gestao-de-Residuos_id_177__xbc2901938cc24e5fb98ef2d11ba92fc3_2692013165855_.pdf. Acesso em: 16 jul. 2020.

SERVIÇO SOCIAL DA INDÚSTRIA (SESI). **Guia prático para cálculo de linha de vida e restrição para a indústria da construção**. [s.l: s.n.]. Disponível em: www.portaldaindustria.com.br/sesi. Acesso em: 1 jul. 2020.

SHANG, Zhexiong; SHEN, Zhigang. A Framework for a Site Safety Assessment Model Using Statistical 4D BIM-Based Spatial-Temporal Collision Detection. *In: CONSTRUCTION RESEARCH CONGRESS 2016, Anais [...]*. [s.l: s.n.] Disponível em: <https://ascelibrary.org/doi/pdf/10.1061/9780784479827.218>. Acesso em: 7 mar. 2019.

SHEN, Xu; ASCE, S. M.; MARKS, Eric; ASCE, A. M. Near-Miss Information Visualization Tool in BIM for Construction Safety. **Journal of Construction Engineering and Management**, [S. l.], v. 142, n. 4, p. 1–10, 2015. DOI: 10.1061/(ASCE)CO.1943-7862. Disponível em: <https://ascelibrary.org/doi/pdf/10.1061/%28ASCE%29CO.1943-7862.0001100>. Acesso em: 10 dez. 2018.

SILVA, Cassandra Ribeiro de O. **Metodologia e Organização do projeto de pesquisa**. Fortaleza. Disponível em: [http://joinville.ifsc.edu.br/~debora/PAC/Metodologia e Organização do Projeto de Pesquisa CEFET CE.pdf](http://joinville.ifsc.edu.br/~debora/PAC/Metodologia%20e%20Organiza%C3%A7%C3%A3o%20do%20Projeto%20de%20Pesquisa%20CEFET%20CE.pdf). Acesso em: 23 abr. 2019.

SIVA. **CURSO PARA CABOS DE AÇO, LINGAS E SOLUÇÕES PARA MOVIMENTAÇÃO, ELEVAÇÃO E AMARRAÇÃO DE CARGAS**. [s.l: s.n.].

SOARES, Luiz de Jesus Peres. **Os impactos financeiros dos acidentes do trabalho no orçamento brasileiro: uma alternativa política e pedagógica para redução de gastos**. 2008. Universidade do Legislativo Brasileiro (Unilegis), [S. l.], 2008. Disponível em: <https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/178124/MonografiaLuisPeres.pdf?sequence=4>. Acesso em: 19 ago. 2019.

SOEMARDI, Biemo W.; ERWIN, Ray G. Using BIM as a Tool to Teach Construction Safety. **MATEC Web of Conferences**, [S. l.], v. 138, 2017. DOI: 10.1051/matecconf/201713805007. Disponível em: <https://www.matec->

conferences.org/articles/mateconf/pdf/2017/52/mateconf_eacef2017_05007.pdf. Acesso em: 26 fev. 2019.

SULANKIVI, Kristiina; KIVINIEMI, Markku. **4D-BIM for Construction Safety Planning**VTT, , 2009. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/228640694_4D-BIM_for_Construction_Safety_Planning. Acesso em: 31 jul. 2019.

SULANKIVI, Kristiina; KIVINIEMI, Markku; MÄKELÄ, Tarja. **BIM-based Site Layout and Safety Planning**Tapaturmavakuutuslaitosten liitto, , 2009. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/38289116_BIM-based_Site_Layout_and_Safety_Planning. Acesso em: 5 ago. 2019.

SUNINDIJO, Riza Yosia; ZOU, Patrick X. W. Political Skill for Developing Construction Safety Climate. *[S. l.]*, 2012. DOI: 10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000482. Disponível em: <https://ascelibrary.org/doi/pdf/10.1061/%28ASCE%29CO.1943-7862.0000482>. Acesso em: 26 mar. 2019.

SWUSTE, Paul; FRIJTERS, Adri; GULDENMUND, Frank. **Is it possible to influence safety in the building sector?. A literature review extending from 1980 until the present***Safety Science*, 2012. DOI: 10.1016/j.ssci.2011.12.036.

TAKIM, Roshana; HANAFI ZULKIFLI, Muhammad; HADI NAWAWI, Abdul. Integration of Automated Safety Rule Checking (ASRC) System for Safety Planning BIM-Based Projects in Malaysia. **Procedia-Social and Behavioral Sciences**, *[S. l.]*, v. 222, p. 103–110, 2016. DOI: 10.1016/j.sbspro.2016.05.195. Disponível em: www.sciencedirect.com. Acesso em: 7 mar. 2019.

TEIXEIRA, Ricardo; CEZAR, Almeida. **Estimativa inicial de custos através de características geométricas, programação visual por algoritmo e BIM**. Salvador.

TEO, Ai Lin Evelyn; OFORI, George; TJANDRA, Imelda Krisiani; KIM, Hanjoon. Design for safety: theoretical framework of the safety aspect of BIM system to determine the safety index. **Construction Economics and Building**, *[S. l.]*, v. 16, n. 4, p. 1–18, 2016. DOI: 10.5130/AJCEB.v16i4.4873. Disponível em: <https://epress.lib.uts.edu.au/journals/index.php/AJCEB/article/view/4873>. Acesso em: 7 mar. 2019.

TEO, Evelyn; LIN, Ai; OFORI, George; TJANDRA, Imelda; KIM, Hanjoon. Framework for productivity and safety enhancement system using BIM in Singapore. **Engineering, Construction and Architectural Management**, *[S. l.]*, v. 24, n. 6, p. 1350–1371, 2017. DOI: 10.1108/ECAM-05-2016-0122. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/ECAM-05-2016-0122>. Acesso em: 2 mar. 2019.

TYMVIOS, Nicholas; GAMBATESE, John A. Direction for Generating Interest for Design for

Construction Worker Safety—A Delphi Study. **Journal of Construction Engineering and Management**, [S. l.], v. 142, n. 8, p. 04016024, 2016. DOI: 10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001134. Disponível em: <http://ascelibrary.org/doi/10.1061/%28ASCE%29CO.1943-7862.0001134>. Acesso em: 12 out. 2020.

U.S BUREAU OF LABOR STATISTICS. **National Census of fatal occupational injuries in 2017**. [s.l.: s.n.]. Disponível em: www.bls.gov/iif/oshcfoi1.htm. Acesso em: 5 ago. 2019.

VARGAS, Fabrício Berger De; BATAGLIN, Fernanda Saidelles; FORMOSO, Carlos Torres. Guidelines to Develop a BIM Model Focused on Construction Planning and Control. *In*: 26^a CONFERÊNCIA ANUAL DO INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION 2018, **Anais [...]**. [s.l.: s.n.] p. 744–753. DOI: 10.24928/2018/0450. Disponível em: <http://iglc.net/Papers/Details/1599>. Acesso em: 27 fev. 2019.

VERGARA, Sylvia Constant. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração**. 2^a Edição ed. São Paulo.

VILLELA, Fábio Fernandes. **Indústria da construção civil e reestruturação produtiva: novas tecnologias e modos de socialização construindo o intelecto coletivo**. 2007. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007. Disponível em: http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/280879/1/Villela_FabioFernandes_D.pdf. Acesso em: 13 set. 2020.

VINUTO, Juliana. A amostragem em bola de neve na pesquisa qualitativa: **Temáticas**, [S. l.], v. 22, n. 44, p. 201–218, 2014. DOI: 10.20396/tematicas.v22i44.10977. Disponível em: <https://econtents.bc.unicamp.br/inpec/index.php/tematicas/article/view/10977>. Acesso em: 7 ago. 2020.

WEI, Weile; WANG, Chao; LEE, Yongcheol. BIM-Based Construction Noise Hazard Prediction and Visualization for Occupational Safety and Health Awareness Improvement. *In*: COMPUTING IN CIVIL ENGINEERING 2017 2017, Reston, VA. **Anais [...]**. Reston, VA: American Society of Civil Engineers, 2017. p. 262–269. DOI: 10.1061/9780784480823.032. Disponível em: <http://ascelibrary.org/doi/10.1061/9780784480823.032>. Acesso em: 25 fev. 2019.

WIKIPÉDIA. **Wikipédia**. 2020. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Revit>. Acesso em: 6 fev. 2020.

WIKIPÉDIA. **ArchiCAD – Wikipédia**. 2020. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/ArchiCAD>. Acesso em: 6 fev. 2020.

WINBERG, Andreas; DAHLQVIST, Erik. **BIM-the Next Step in the Construction of Civil**

Structures. 2010. [S. l.], 2010. Disponível em: [http://www.diva-](http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:431673/FULLTEXT01.pdf)

[portal.org/smash/get/diva2:431673/FULLTEXT01.pdf](http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:431673/FULLTEXT01.pdf). Acesso em: 14 ago. 2019.

XIAER, Xiahou; DIB, Hazar; YUAN, Jingfeng; TANG, Yuchun; LI, Qiming. Design for Safety (DFS) and Building Information Modeling (BIM): A Review. *In*: INTERNATIONAL CONFERENCE ON CONSTRUCTION AND REAL ESTATE MANAGEMENT 2016, **Anais [...]**. [s.l: s.n.] p. 69–80. DOI: 10.1061/9780784480274.009.

XIONG, Na; TANG, Jian. Research on Construction Safety Management Based on BIM -- Taking the Direction of Construction Engineering as an Example. *In*: PROCEEDINGS OF THE 7TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON MANAGEMENT, EDUCATION, INFORMATION AND CONTROL (MEICI 2017) 2017, Paris, France. **Anais [...]**. Paris, France: Atlantis Press, 2017. DOI: 10.2991/meici-17.2017.147. Disponível em: <http://www.atlantis-press.com/php/paper-details.php?id=25886034>. Acesso em: 7 mar. 2019.

YU, Wen Der; CHENG, Shao Tsai; CHIU, C. T.; CHANG, C. C. **Application of building information modeling (BIM) to automated fall-protection safety inspection of building construction openings | Request PDF**. 2016. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/318778306_Application_of_building_information_modeling_BIM_to_automated_fall-protection_safety_inspection_of_building_construction_openings. Acesso em: 21 jul. 2020.

ZANELLA, Liane Carly Hermes. **Metodologia de Pesquisa**. 2ª edição ed. Florianópolis. Disponível em: http://arquivos.eadadm.ufsc.br/EaDADM/UAB_2014_2/Modulo_1/Metodologia/material_didatico/Livro texto Metodologia da Pesquisa.pdf. Acesso em: 23 abr. 2019.

ZHANG, Limao; WU, Xianguo; DING, Lieyun; CHEN, Yueqing; SKIBNIEWSKI, Miroslaw J. **Risk identification expert system for metro construction based on BIM**. [s.l: s.n.].

ZHANG, Limao; WU, Xianguo; DING, Lieyun; SKIBNIEWSKI, Miroslaw J. Bim-Based Risk Identification System in tunnel construction. **JOURNAL OF CIVIL ENGINEERING AND MANAGEMENT**, [S. l.], v. 22, n. 1392–3730, p. 529–539, 2015. a. DOI: 10.3846/13923730.2015.1023348. Disponível em: <https://journals.vgtu.lt/index.php/JCEM/article/view/1334/1053>. Acesso em: 25 fev. 2019.

ZHANG, Sijie; SULANKIVI, Kristiina; KIVINIEMI, Markku; ROMO, Ilkka; EASTMAN, Charles M.; TEIZER, Jochen. BIM-based fall hazard identification and prevention in construction safety planning. **Safety Science**, [S. l.], v. 72, p. 31–45, 2015. b. DOI: 10.1016/J.SSCI.2014.08.001.

Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925753514001829?via%3Dihub>.

Acesso em: 25 fev. 2019.

ZHANG, Sijie; TEIZER, Jochen; PRADHANANGA, Nipesh; EASTMAN, Charles M. Workforce location tracking to model, visualize and analyze workspace requirements in building information models for construction safety planning. **Automation in Construction**, [S. l.], v. 60, p. 74–86, 2015. c. DOI: 10.1016/j.autcon.2015.09.009.

ZHOU, Wei; WHYTE, Jennifer; SACKS, Rafael. Construction safety and digital design: A review. [S. l.], 2012. DOI: 10.1016/j.autcon.2011.07.005. Disponível em: www.cdc.gov/niosh/face/. Acesso em: 25 mar. 2019.

ZHUANG, R. L.; HUNG, S.; SHIAU, Y. C.; LIU, K. T.; LIU, C. C. Investigating Safety Passage Planning for System Shoring Supports with BIM. In: 33RD INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON AUTOMATION AND ROBOTICS IN CONSTRUCTION 2016, **Anais [...]**. [s.l.: s.n.] Disponível em: <http://www.iaarc.org/publications/fulltext/ISARC2016-Paper116.pdf>. Acesso em: 10 dez. 2018.

ZOU, Yang; KIVINIEMI, Arto; JONES, Stephen W. A review of risk management through BIM and BIM-related technologies. **Safety Science**, [S. l.], v. 97, p. 88–98, 2017. DOI:

10.1016/j.ssci.2015.12.027. Disponível em: [https://www-](https://www-sciencedirect.ez3.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0925753516000072)

[sciencedirect.ez3.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0925753516000072](https://www-sciencedirect.ez3.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0925753516000072). Acesso em: 2 mar. 2019.