MESTRADO EM ENGENHARIA DE SEGURANÇA E HIGIENE OCUPACIONAIS

Dissertação apresentada para obtenção do grau de Mestre
Engenharia de Segurança e Higiene Ocupacionais
Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

APLICABILIDADE DA METODOLOGIA BIM NA COORDENAÇÃO DE SEGURANÇA

José Miguel Pinho de Bessa

Orientador: Professora Doutora Maria Fernanda da Silva Rodrigues (Professora Auxiliar da Universidade de Aveiro)
Coorientador: Professor Doutor João Manuel Abreu dos Santos Baptista (Professor Associado da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto)
Arguente: Professora Doutora Cristina Madureira dos Reis (Professor Auxiliar, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro
Presidente do Júri: Professora Doutora Joana Cristina Cardoso Guedes (Professor Auxiliar Convidado da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto)

_____ 2019

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Rua Dr. Roberto Frias, s/n 4200-465 Porto PORTUGAL

VoIP/SIP: feup@fe.up.pt **ISN:** 3599*654

Telefone: +351 22 508 14 00 **Fax:** +351 22 508 14 40

URL:http://www.fe.up.pt **Correio Electrónico:**feup@fe.up.pt

AGRADECIMENTOS

Esta dissertação não seria possível sem ajuda de todos e o amor incondicional de outros tantos, pelo que lhes devo expressar a minha gratidão.

Em primeiro, à Professora Fernanda Rodrigues, minha mentora, a quem agradeço a disponibilidade e os conhecimentos transmitidos durante a elaboração da tese.

Em segundo, agradeço à FEUP pela existência do curso e em especial ao Professor João Baptista pela sua dedicação ao curso e impulso dado na cadeira de projeto de dissertação.

Em terceiro, a AFAPLAN, empresa na qual exerço funções e que me permitiu frequentar o curso e desenvolver a tese de mestrado.

Em quarto, aos colegas e amigos do curso pelo companheirismo, troca de experiências, conhecimentos e convívio.

Para último, deixo os mais importantes: os meus pais, a minha irmã, e a minha companheira. Experimentei, nestes dois anos, dificuldades de ação pois nem sempre foi fácil conjugar projetos pessoais e profissionais com aspirações de enriquecimento curricular que visavam um melhor e maior domínio do conhecimento na área da Engenharia de Segurança. Contudo, foram o apoio, o afeto e a compreensão demonstrados, de forma incansável, por todos eles, que me fortaleceram e possibilitaram terminar este projeto.

A todos e em especial aos últimos, os meus sinceros agradecimentos

DESTAQUES

De uma forma sucinta, os principais benefícios da metodologia BIM são os seguintes:

1. A utilização de modelos BIM ajuda os profissionais a identificar e a reduzir perigos e riscos durante a fase de planeamento;
2. A modelação 3D do estaleiro ajuda no planeamento da logística, contribui para assegurar boas condições de circulação e proteção do público;
3. A utilização na detenção de conflitos na fase de projeto é uma mais-valia na redução de tempo despendido na compatibilização das diferentes especialidades de um projeto, contribuindo também para a identificação de perigos e para a sua eliminação/ minimização;
4. O planeamento automático e a possibilidade da simulação da construção ajuda as várias equipas a visualizar mais facilmente pontos de conflito e a replanear quando necessário;
5. Revisões efetuadas pelos vários intervenientes antes do início dos trabalhos identificando os problemas, possibilitam reduzir os erros, as omissões e o tempo de execução do projeto, tornando o processo mais eficiente, com menor probabilidade de ocorrência de falhas e, consequentemente de acidentes, permitindo também uma coordenação de segurança efetiva e eficiente.

HIGHLIGHTS

In resume, the principal benefits of BIM methodology are the following:

1. Using BIM models helps professionals identify and reduce hazards and risks during the planning phase;
2. 3D modelling of the site helps in logistics to ensure better circulation conditions and public protection;
3. The use of clash detection during the design phase reduces the time wasted in combabilities of the different projects and also contributes identifying the hazards and their minimization.
4. Automatic planning and the possibility of construction simulation helps visualizing conflicts and plan again when needed.
5. Reviews made by the various stakeholders before de commencement of the works identifying issues, errors and omissions reduces the project execution and makes the process more efficient and less likely to fail and allow a better and effective safety coordination.

RESUMO

Introdução - O setor da construção tem tido um desenvolvimento constante desde os seus primórdios, revelando-se hoje um dos sectores mais importantes no contexto socioeconómico, dando emprego a um elevado número de profissionais e promovendo o investimento e crescimento dos países.

Tendo em consideração o elevado número de profissionais ligados a este setor bem como o elevado número de acidentes de trabalho que se verificam, torna-se imperativo a adoção de medidas de controlo e a pesquisa de novas tecnologias que permitam, alterar o paradigma existente de forma a consciencializar os intervenientes e obter uma redução significativa do número de acidentes no sector.

O desenvolvimento tecnológico disponibiliza constantemente novidades na área dos *softwares* que visam o aumento da produtividade, a redução de custos, a mais fácil integração de projetos e, como não poderia deixar de ser, a prevenção de riscos profissionais.

Objetivo - O objetivo desta dissertação é analisar a aplicabilidade da metodologia BIM – *Building Information Modeling* à coordenação de segurança no âmbito da construção, analisando-se as suas potencialidades com vista à promoção de melhores condições de trabalho e, consequente, a redução do número de acidentes de trabalho com probabilidade de ocorrer de acordo com as características específicas de cada projeto e, especificamente do projeto considerado como caso de estudo para o desenvolvimento desta dissertação.

Metodologia - Através de uma vasta pesquisa e análise de conteúdos em suporte digital (texto e vídeo), se aplicou posteriormente o conhecimento adquirido no programa Navisworks com o intuito de verificar a possibilidade de integração de avaliações de risco e planeamento na dimensão 4D.

Resultados - Após uma análise exaustiva das potencialidades do BIM, verificou-se que este é, atualmente, uma ferramenta com capacidade para integrar os *outputs* das várias especialidades e para aplicar de forma consistente os princípios gerais de prevenção.

Conclusões - É apenas limitado no que concerne à integração de fatores comportamentais.

Palavras-chave: BIM, Prevenção, Acidentes, Coordenação de Segurança

ABSTRACT

Introduction - The construction sector has been developing steadily since its inception and is now one of the most important sectors in the socio-economic context, employing a large number of professionals and promoting investment and growth in countries.

Considering the high number of professionals involved in this sector as well as the high number of accidents that occur, it becomes imperative to adopt control measures and the research of new technologies that allow, as far as possible, to change the paradigm in order to raise awareness of the actors and to achieve a significant reduction in the number of accidents in the sector.

Technological world constantly presents innovations in the area of softwares that aim at reducing costs, easier integration of projects and the prevention of occupational risks.

Objective – The objective of this dissertation is to analyze the applicability of the Building Information Modeling (BIM) methodology to the safety coordination in the construction field, analyzing its potentialities with a view to the promotion of better working conditions and, consequently, the reduction of the number of accidents. work likely to occur according to the specific characteristics of each project and specifically the project considered as a case study for the development of this dissertation.

Methodology - Through extensive research and analysis of digital content (text and video), the knowledge acquired in the Navisworks program was subsequently applied in order to verify the possibility of integrating risk assessments and planning in the 4D dimension.

Results - After an exhaustive analysis of the potentialities of BIM, it was verified that it is currently a tool with the capacity to integrate the outputs of the various specialties and to apply consistently the general principles of prevention.

Keywords: BIM, Prevention, Accidents, SafetyCoordination

ÍNDICE

1 INTRODUÇÃO 3
1.1 Construção, BIM e Acidentes de trabalho 3
1.2 Objetivos a desenvolver na dissertação 5
1.3 Organização da dissertação 6
2 FUNDAMENTAÇÃO DO TRABALHO 7
2.1 Metodologia de pesquisa 7
2.2 Seleção de artigos 8
2.2.1 Resultados da seleção de artigos 8
2.3 Enquadramento Legal e Normativo 20
2.4 Intervenientes no processo construtivo 21
2.4.1 Dono de Obra 21
2.4.2 Obrigações dos coordenadores de segurança em projeto 22
2.4.3 Coordenador de segurança em obra 22
2.4.4 Autor de projeto 23
2.4.5 Entidade Executante 24
2.4.6 Empregadores (subempreiteiros) 25
2.4.7 Trabalhadores independentes 26
3 APLICAÇÃO DE CONHECIMENTOS 28
3.1 Metodologia utilizada no desenvolvimento da dissertação 28
3.2 Seleção do projeto alvo de estudo 29
3.3 Análise do projeto 30
3.4 Identificação dos perigos e riscos e medidas de prevenção 31
3.5 Integração do planeamento 47
3.6 Integração das medidas preventivas 50
4 RESULTADOS 55
4.1 Discussão de resultados 55
5 CONCLUSÕES E PERSPETIVAS FUTURAS 57
5.1 Conclusão 57
5.2 Dificuldades sentidas 57

5.3 Perspectivas futuras 58
6 BIBLIOGRAFIA 1
ANEXOS / APêNDICES 1
Execução de trabalhos em altura 1
Execução de trabalhos Montagem, utilização e desmontagem de estaleiro 5

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Acidentes de trabalho: total e mortais entre 1985-2015 4
Figura 2 - Acidentes de trabalho: total no setor da construção entre 2000-2016 4
Figura 3 - Resultados da seleção de artigos 9
Figura 4 - O risco 9
Figura 5 - Gestão do Risco 10
Figura 6 - Desenho 2D relativo à identificação das zonas com risco de queda em altura 11
Figura 7 - Programas para utilização na metodologia BIM 12
Figura 8 -Aplicação da metodologia BIM no ciclo de vida de um projeto 13
Figura 9 - Dimensões do BIM. 15
Figura 10 - Níveis de implementação 16
Figura 11 -Vantagens na utilização de programas BIM. 17
Figura 12 - Melhor momento para a implementação de medidas 17
Figura 13 - Material para formação 18
Figura 14 - Simulação 4D em BIM para determinação de ações inseguras com gruas 19
Figura 15 - Responsabilidades tendo em consideração a fase do projeto 27
Figura 16 - Metodologia adotada para o desenvolvimento da dissertação 28
Figura 17 - Modelo da empreitada geral em BIM 3D 29
Figura 18 - Edifício de exposições temporárias 30
Figura 19 - Vista dos sets 47
Figura 20 - TimmeLiner e Data Source 48
Figura 21 - Seleção de parâmetros 48
Figura 22 - Relação dos stes com a atividade 49
Figura 23 - Planeamento 49
Figura 24 – Worflow medidas preventivas 50
Figura 25 - Adição de comentário 51
Figura 26 - Adição de documentos 51
Figura 27 - Guarda-corpos 52
Figura 28 - Ancoragem linha de vida horizontal 52
Figura 29 - Workflow implementação de gruas 53
Figura 30 - Interceção de gruas 53

Figura 31 - Vista da obra..... 56

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1- Combinações e palavras-chave 7
Tabela 2 - Comparação da funcionalidade de programas 13
Tabela 3 - Medida Preventivas Execução de Betão Armado 33
Tabela 4 - Medida Preventivas Execução de Estacas 38
Tabela 5 - Medida Preventivas Estrutura metálica 40
Tabela 6 - Medida Preventivas Montagem e Desmontagem de Andaimes 41
Tabela 7 - Medida Preventivas Execução de escavação, aterro, compactação e entivação 43

GLOSSÁRIO/SIGLAS/ABREVIATURAS

AEC- Arquitetura, engenharia e construção

2D – Duas dimensões

3D – Três dimensões

4D – Integração do componente tempo (planeamento) no modelo tridimensional

5D – Integração do controlo dos custos no modelo tridimensional

6D – Integração da sustentabilidade e desempenho energético no modelo tridimensional

7D – Integração da gestão de ativos no modelo tridimensional

ACT – Autoridade para as Condições de Trabalho

BIM – Building Information Modelling

CAD – Computer Aided Design

Data Source – Fontes de informação

GPS - Sistema de Posicionamento Global

nD – Várias dimensões

Rebuild Task Hierarchy- Reconstruir a hierarquia das tarefas

RFID - Identificação por radiofrequência

Sets – Conjuntos

TaskType – Tipo de tarefa

Time liner - Planeamento

VR - Realidade Virtual

PARTE 1

1 INTRODUÇÃO

1.1 Construção, BIM e Acidentes de trabalho

A construção tem desempenhado um papel fundamental no desenvolvimento socioeconómico dos países, tendo, ao longo do tempo, sido acompanhada pelo desenvolvimento de ferramentas tecnológicas capazes de fazer face às adversidades e desafios criados pelo pensamento daqueles que, no desempenho da sua profissão, ambicionam construir estruturas de elevada complexidade que, por vezes, desafiam as leis da física e os procedimentos considerados como comuns.

Apesar desta mentalidade desafiante de alguns dos profissionais da indústria da AEC, este setor continua a apresentar um nível de resistência à mudança e evolução das técnicas e processos em desenvolvimento, ficando assim na cauda da evolução em comparação com outras indústrias e países, como por exemplo os países do norte da Europa em que as utilizações destas novas tecnologias já veem a ser utilizada há décadas.

O estigma, em que a mudança faz com que as pessoas se tornem redundantes e com isto a função seja dispensável, faz com que o desenvolvimento do setor seja mais lento e se continue a basear maioritariamente em sistemas e processos antigos e ultrapassados. Contudo, o processo normal de renovação de quadros, ainda que lento, e um aumento da aposta na formação ajudarão na mudança do paradigma existente.

Em Portugal, o primeiro diploma legal visando assegurar a segurança no trabalho no sector da construção foi publicado em 1891 (ACT, 2018)[1] mas, apenas em 1973, foram divulgados os primeiros números relativos a acidentes de trabalho ocorridos em Portugal em todos os setores de atividade.

Com a adesão de Portugal à Comunidade Europeia (mais tarde União Europeia), verificou-se a necessidade de adotar procedimentos de prevenção dos riscos e de atualizar a legislação de forma a integrar na legislação portuguesa as diretivas comunitárias para, consequentemente, se reduzir o número de incidentes a nível nacional.

Estatisticamente, é possível observar um decréscimo do número de acidentes de trabalho ao longo do tempo, sendo que também é de fácil perceção a razão histórica associada, conforme se observa na Figura 1. De acordo com a fonte consultada, não se encontram disponíveis os valores relativos aos acidentes mortais ocorridos em 1998.

[1] Autoridade para as Condições do Trabalho

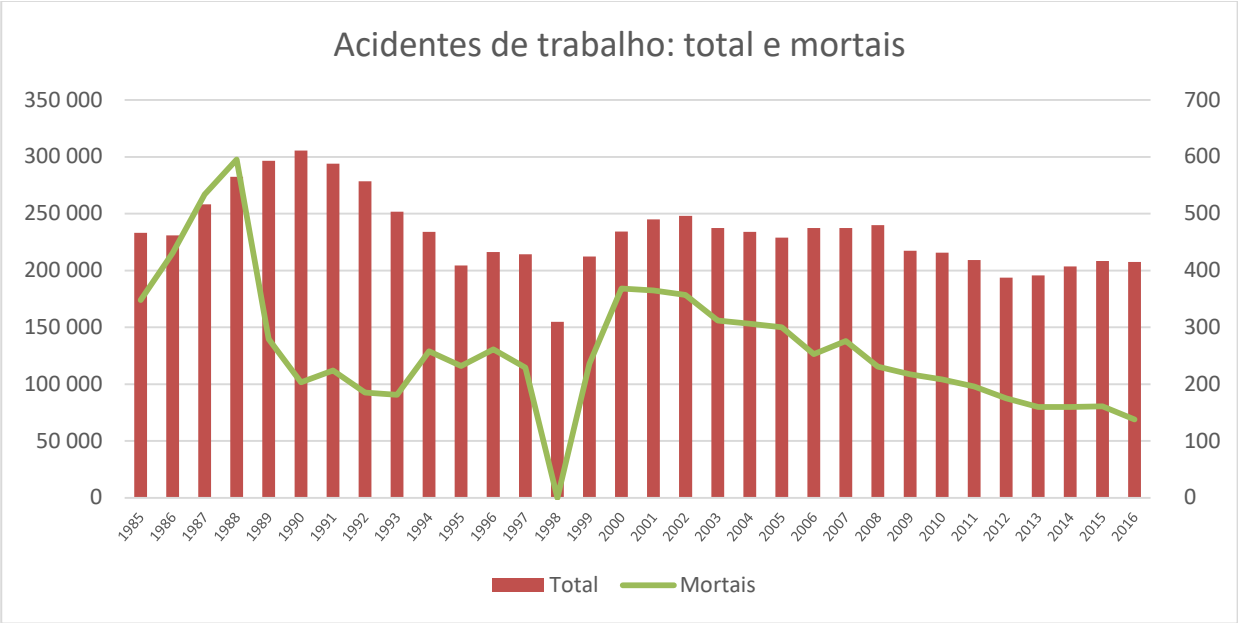


Figura 1 - Acidentes de trabalho: total e mortais entre 1985-2015 (Fonte: PORDATA)[2]

Ao nível setorial, a construção é a atividade onde existe um maior número de acidentes de trabalho, apesar de se ter vindo a registar um decréscimo de acidentes nos locais de construção, conforme se observa na Figura 2.



Figura 2 - Acidentes de trabalho: total no setor da construção entre 2000-2016 (Fonte: PORDATA)[3]

Na perspetiva de um profissional da área da Engenharia de Segurança, é essencial a eliminação ou, quando esta não é possível, a redução do risco para níveis aceitáveis, havendo, por isso, a

[2] PORDATA, Base de Dados de Portugal Contemporâneo (acedido em 30/12/2018)
[3] PORDATA, Base de Dados de Portugal Contemporâneo (acedido em 30/12/2018)

necessidade de garantir uma componente técnica e científica atualizada, analisando o estado da arte e as melhores práticas aplicáveis ao setor. É nesta perspetiva que surge a necessidade de verificar a eficácia e utilidade do BIM na implementação da prevenção de riscos profissionais, antes e durante o processo construtivo.

A tradicional análise de riscos, pouco clara e objetiva, centrada na avaliação do utilizador e transmitindo a perceção de risco através de valor em que a multiplicação dos mesmos se traduz na implementação, ou não, de medidas de prevenção é cada vez mais considerada como algo de eficiência dúbia no contexto real de trabalho.

O facto de um projeto de construção envolver inúmeras atividades e subactividades, faz com que exista a interação entre vários autores de projeto, especialistas e técnicos, que não só utilizam linguagem diferente como têm uma perceção do risco diferente, tendo em consideração a sua experiência profissional e formação académica. É neste sentido que se revela importante a existência de equipas multidisciplinares logo na fase de desenvolvimento projeto para partilharem as suas experiências e discutirem a aplicação de medidas efetivas para mitigar os riscos existentes até à conclusão do projeto.

Torna-se, assim, evidente a necessidade de perceber a aplicabilidade e potencialidades do Building Infomation Modeling – BIM, e de verificar se esta metodologia de trabalho é uma ferramenta essencial, ou não, para a coordenação de segurança, com vista à redução e/ou eliminação dos perigos e consequentes riscos no setor da construção (Zou, Kiviniemi, & Jones, 2017).

Considerando que o BIM é relativamente recente, os autores anteriormente mencionados, são de opinião que esta metodologia, quando aliada a outras ferramentas, tem a capacidade de efetuar a análise e gestão dos riscos através de bases de dados previamente elaboradas. Sendo um *software* sem inteligência artificial e baseado nos *inputs* do utilizador, encontra-se limitado e não prevê o fator humano no ato de construir.

1.2 Objetivos a desenvolver na dissertação

A presente dissertação pretende demonstrar as potencialidades da metodologia BIM na seleção e implementação de medidas preventivas durante a execução do projeto e as vantagens da utilização de modelos 3D e 4D em detrimento dos modelos 2D, quer na fase de projeto quer na fase de construção e verificar em que medida facilita o trabalho desenvolvido pelo coordenador de segurança na fase de execução.

No sentido de alcançar o objetivo principal, foram definidos os seguintes objetivos específicos:

- Desenvolver um sistema de coordenação de segurança durante a fase de execução apoiado na dimensão 4D BIM;
- Efetuar o planeamento integrado produção/segurança apoiado na dimensão 4D BIM.

Para se atingir este objetivo vão-se analisar as potencialidades do software Navisworks na implementação e gestão das medidas de segurança ao longo da construção de um edifício em estudo.

1.3 Organização da dissertação

A presente dissertação irá ser desenvolvida em seis capítulos.

O primeiro capítulo correspondente à introdução da dissertação e tem como objetivo apresentar os objetivos, a contextualização da problemática e o modo como se pretende encontrar uma solução para a situação em causa.

A fundamentação do trabalho, presente no capítulo dois, irá demonstrar a metodologia de pesquisa, o modo de seleção dos documentos científicos, a explicação de alguns conceitos técnicos que se julgam importantes para a interpretação e leitura, bem como realçar, através dos autores selecionados, as capacidades da metodologia BIM na prevenção do risco. Também, se irá dar ênfase à legislação Portuguesa e outros documentos técnicos que se julguem pertinentes para a elaboração deste documento.

A metodologia utilizada na elaboração da dissertação, o projeto que serviu de base para a elaboração da tese, bem como a apresentação de fichas de segurança e saúde que, após avaliação cuidada, se julguem relevantes, irá estar presente no capítulo três.

O quarto capítulo pretende demonstrar os resultados obtidos através da implementação dos conhecimentos adquiridos.

Por fim, no capítulo quinto, irá dar-se relevo ao cumprimento dos objetivos, às dificuldades e às perspetivas futuras.

2 FUNDAMENTAÇÃO DO TRABALHO

2.1 Metodologia de pesquisa

A pesquisa bibliográfica desenvolvida teve por base a metodologia de revisão sistemática referenciada em PRISMA Statement[4], tendo em consideração o objeto de estudo, ou seja, analisar se o BIM é uma ferramenta essencial, ou não, na coordenação de segurança, com vista à redução e/ou eliminação dos perigos e consequentes riscos no setor da construção. Neste sentido, procedeu-se a uma pesquisa exaustiva na base de dados Scopus, utilizando as palavras-chave e combinações apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1- Combinações e palavras-chave

Pesquisa n.º	**A**	**B**	**C**	**D**	**E**	**F**	**G**	**H**
1	Building information modelling	Safety		Planning				
2	Building information modelling	Safety			4D			
3	Building information modelling	Safety					Management	
4	Building information modelling	Safety						Software
5	Building information modelling		Construction Safety	Planning				
6	Building information modelling		Construction Safety		4D			
7	Building information modelling			Planning		Hazards		
8	Building information modelling				4D	Hazards		
9	BIM	Safety		Planning				
10	BIM	Safety			4D			
11	BIM	Safety					Management	
12	BIM	Safety						Software
13	BIM		Construction Safety	Planning				
14	BIM		Construction Safety		4D			
15	BIM			Planning		Hazards		
16	BIM				4D	Hazards		

[4] http://www.prisma-statement.org/ (acedidoem 03/01/2019)

2.2 Seleção de artigos

Introduzidas as combinações anteriormente descritas na Tabela 1, na base de dados Scopus, foi efetuada a pesquisa com os seguintes critérios:

1) Data (2015 até 2019);

2) Tipo de artigo (revisão, artigo, artigo em revista e Jornais);

3) Língua (Inglês);

4) Fora do âmbito de estudo (leitura do título e resumo).

Os artigos selecionados nesta primeira fase foram importados para o Mendeley, procedendo-se à respetiva eliminação de documentos duplicados. Posteriormente, realizou-se uma nova revisão dos artigos, tendo-se nesta fase utilizado os seguintes critérios:

1) Redação do resumo (introdução, objetivos, metodologia, resultado e conclusão);

2) Artigos de livre acesso;

3) Tema (artigos em que o tema não é relevante para o objeto de estudo).

2.2.1 Resultados da seleção de artigos

Tendo por base a metodologia utilizada, foram inicialmente selecionados 1047 artigos, tendo sido excluídos 896. Dos 151 restantes, 50 foram excluídos, após a verificação de casos de duplicação e, posteriormente, foi ainda possível excluir outros 33 de forma justificada. Os 17 artigos restantes deste processo demonstraram possuírem elementos que possibilitam a análise e a obtenção de conhecimento relativamente ao objeto em estudo. A obtenção dos resultados anteriormente descritos é observável na Figura 3.

Após leitura dos artigos selecionados, verificou-se que são consideradas três fases distintas na gestão do risco ao longo do ciclo de vida de um edifício, sendo que a gestão do modelo de risco diminui em concordância com o tempo de vida deste. A filosofia central por detrás desta metodologia de mitigação e gestão do risco é facilitada pela colaboração de todos os intervenientes envolvidos no processo desde a fase de conceção, na integração dos princípios gerais de prevenção de riscos profissionais desde a fase inicial de conceção, na coordenação e garantia de aplicação dos princípios gerais de prevenção na fase de construção e, por fim, durante a fase de utilização, manutenção e a demolição do edificado.

O termo **risco** teve origem por volta do séc. XVII, tendo como significado inicial “o perigo ligado a uma atividade”. Atualmente, o conceito de risco foi adotado em diferentes campos, obtendo assim várias aceções, tais como ameaça, desafio ou até incerteza. Na indústria AEC, o risco pode ser considerado como a probabilidade de um perigo indesejado e suas possíveis consequências ou a probabilidade da consequência de um risco, tendo por base os múltiplos fatores e suas consequências, com exemplifica a Figura 4.

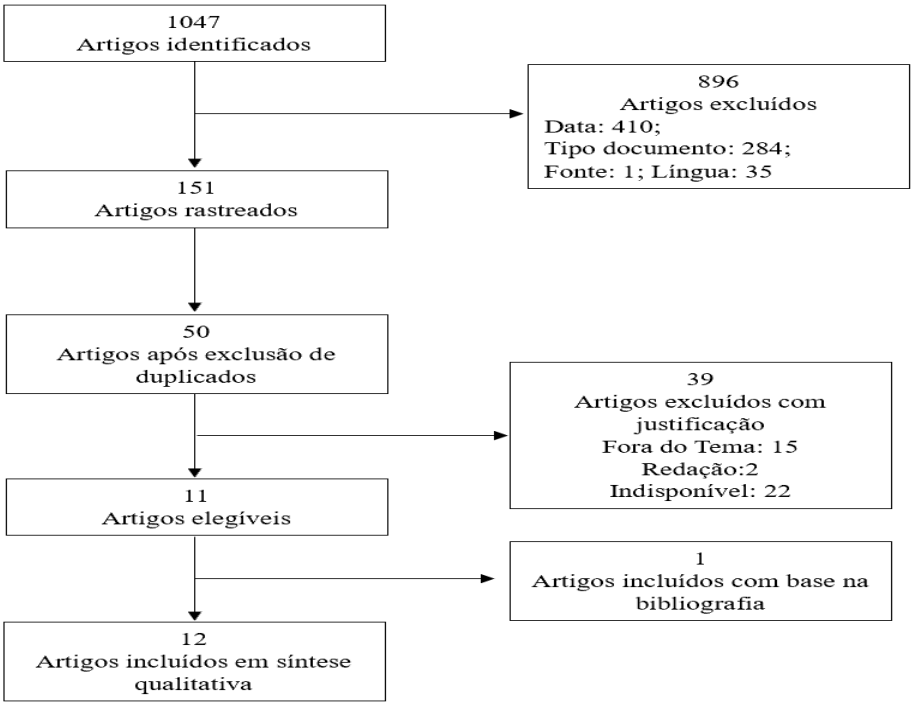


Figura 3 - Resultados da seleção de artigos

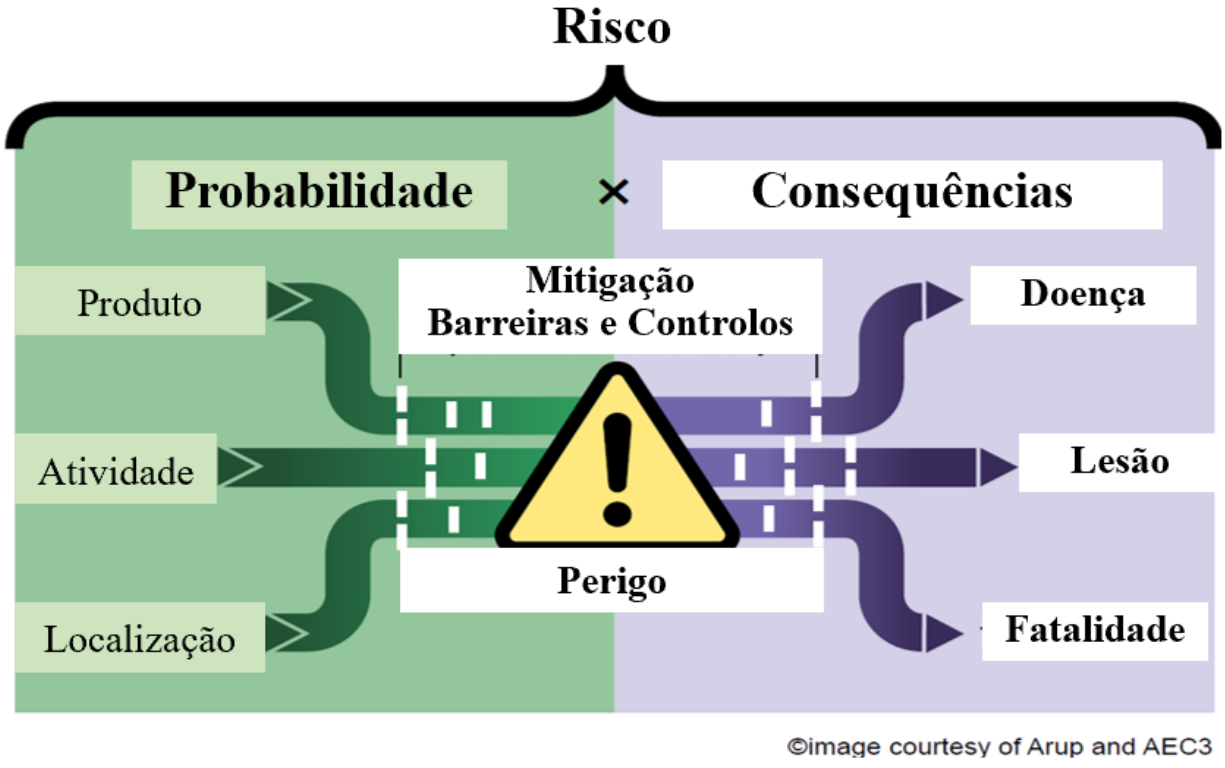


Figura 4 - O risco (adaptado de PAS 1192-6:2018, 2018)

No contexto lógico da AEC e tendo em consideração a definição de risco, é logico, sistemático e compreensível a intenção de identificar e analisar os riscos e soluciona-los com a ajuda da comunicação e consulta de forma atingir os objetivos do projeto de forma satisfatória, pois todos

os projetos envolvem riscos e nem sempre é possível eliminar ou identificar de uma forma efetiva os riscos precocemente, pelo que um conjunto de técnicas tem sido desenvolvidas com o intuito de identificar, analisar e avaliar o risco evitando assim a tradicional avaliação de riscos efetuada manualmente, com base na experiência e análise matemática levando este processo no sentido do descredito (Zou et al., 2017).

O Decreto-Lei n.º 273/2003, de 29 de Outubro, sobre as condições de segurança e de saúde no trabalho em estaleiros temporários ou móveis, realça a importância dos autores de projeto em considerarem e integrarem os princípios gerais de prevenção nas opções arquitetónicas e técnicas, de forma a minimizar os riscos que advêm dessas opções e que transitam para a fase de execução, pelo que atribui responsabilidades ao autor de projeto e ao coordenador de segurança em fase de projeto nos artigos 18º e 19º do referido Decreto-lei, quanto à efetiva integração desses princípios ao longo de todas as fases da vida útil de qualquer edificação, como exemplifica a Figura 5.

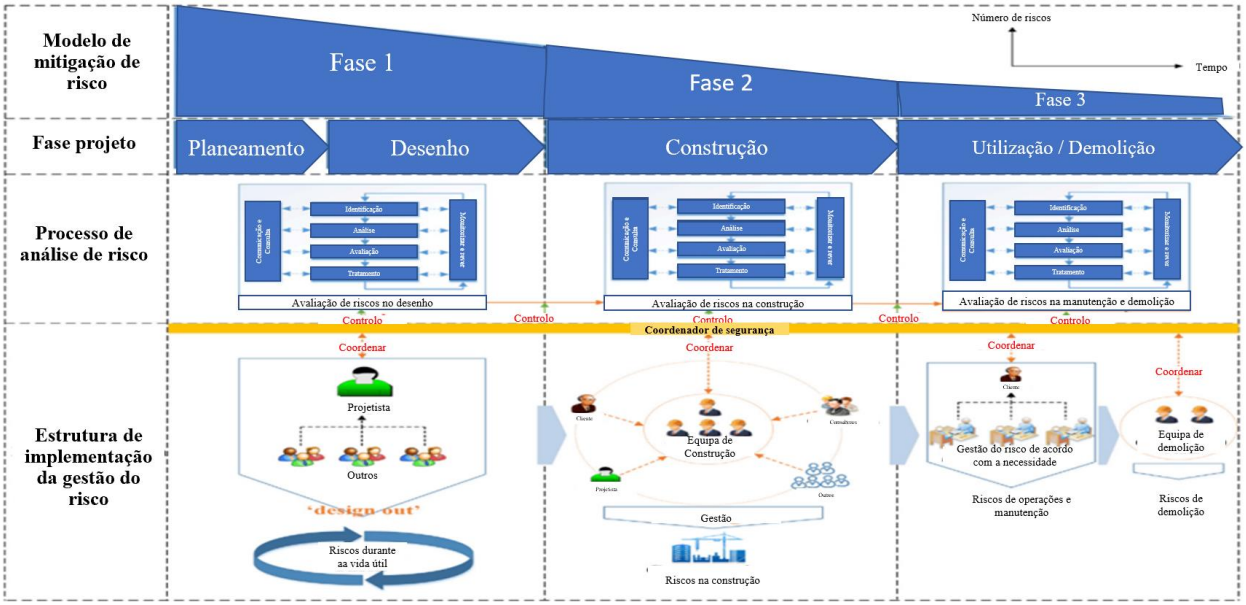


Figura 5 - Gestão do Risco (adaptado de Zou et al., 2017)

Apesar do planeamento da segurança, no setor da construção, ser um elemento essencial para a produção, aquele ainda ocorre de forma bastante tradicional, ao basear-se em desenhos 2D (Figura 6) e em cronogramas para se perceber as necessidades e medidas a implementar, métodos que revelam elevada ineficiência.

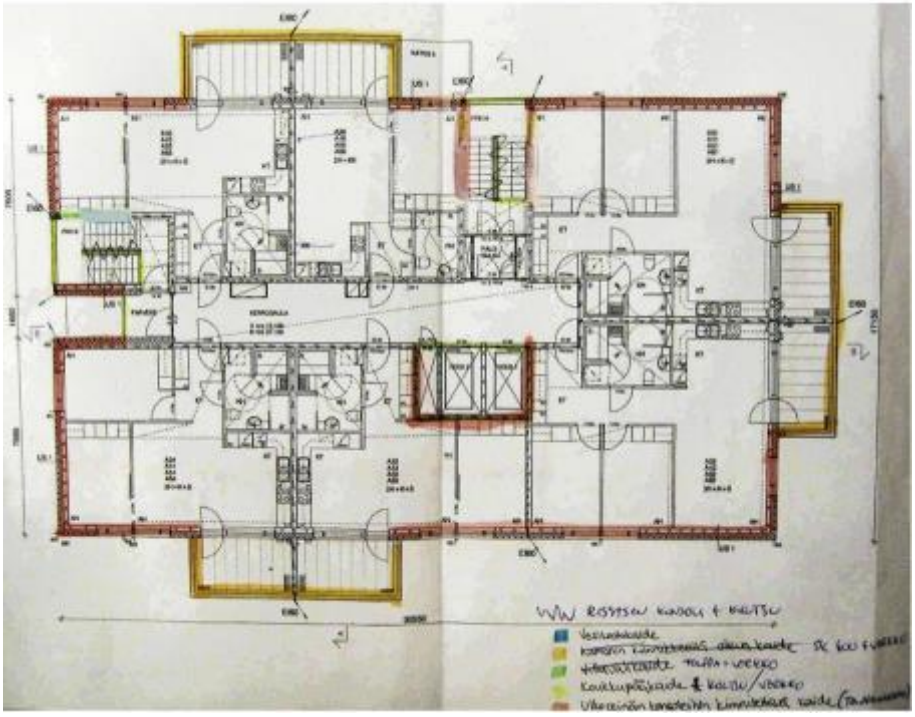


Figura 6 - Desenho 2D relativo à identificação das zonas com risco de queda em altura (S. Zhanget al., 2015)

De acordo com esta metodologia de trabalho tradicional, o registo das considerações de segurança em projeto segue de uma forma geral os seguintes passos:

1) análise do projeto e do planeamento;

2) identificação de perigos e consequentes riscos criados por situações temporárias;

3) planeamento de ações corretivas e eliminação/minimização dos perigos e

4) integração das correções no planeamento (S. Zhang et al., 2015).

O BIM (Building Information Modeling) é um processo baseado num modelo 3D inteligente que fornece aos profissionais de arquitetura, engenharia e construção a visão e as ferramentas para planear, projetar, construir e gerir com mais eficiência edifícios e infraestrutura[5].

Atualmente existem cerca de 20 programas considerados com capacidade de colocarem em prática a metodologia BIM, conforme demonstra a Figura 7.

[5] Autodesk (acedido em 03/02/2018)



Figura 7 - Programas para utilização na metodologia BIM[6]

Dos vários programas existentes, realizou-se uma pesquisa de forma a verificar quais os programas capazes de trabalhar a questão da segurança de acordo com os seguintes requisitos:

1. Planeamento e simulação: a complexidade e a natureza dinâmica da indústria da construção são bem reconhecidas. De forma a detetar e prevenir perigos durante a construção, o planeamento precisa de estar ligado de acordo com a metodologia BIM.
2. Modelação: a segurança na construção não é apenas gerir ou controlar o comportamento dos trabalhadores, é também o desenho, compras, instalação e remoção de material temporário de segurança, como por exemplo guarda-corpos, andaimes, redes de segurança, pelo que é essencial o desenho e modelação destes componentes temporários para visualização e quantificação.
3. Modelação e visualização do estaleiro: é importante que seja tido em consideração pela segurança o reconhecimento da importância da logística e da natureza dinâmica do estaleiro, sabendo-se que a capacidade de modelar e visualizar aumenta a produtividade e trabalho seguro.
4. Formato dos modelos: a utilização de formatos IFC permite uma melhor verificação de compatibilidade entre os vários criadores de ferramentas BIM.
5. Capacidade de verificação através de regra: um programa equipado com o seu próprio instrumento de verificação pode proporcionar aos utilizadores uma oportunidade para efetuarem a sua lista de verificação(Zou et al., 2017)

A comparação dos programas com potencial para utilização no âmbito da segurança pode ser verificada na Tabela 2

[6] Finances Online (acedido em 04/09/2019)

Tabela 2 - Comparação da funcionalidade de programas (adaptado de Zou et al., 2017)

Aplicação	Funcionalidades					
	Planeamento	Simulação	Modelação	Modelação do estaleiro	IFC-Base	Lista de verificação
Autodesk Revit	–	–	√	√	–	–
Autodesk Navisworks	√	√	–	–	–	–
Solibri Model Checker (SMC)	–	–	–	–	√	√
Tekla Structures	√	√	√	–	–	–

Esta metodologia integra ferramentas, processos e tecnologias aplicáveis a todo o ciclo de vida dum projeto desde a fase de planeamento, construção, manutenção e demolição conforme representado na Figura 8.

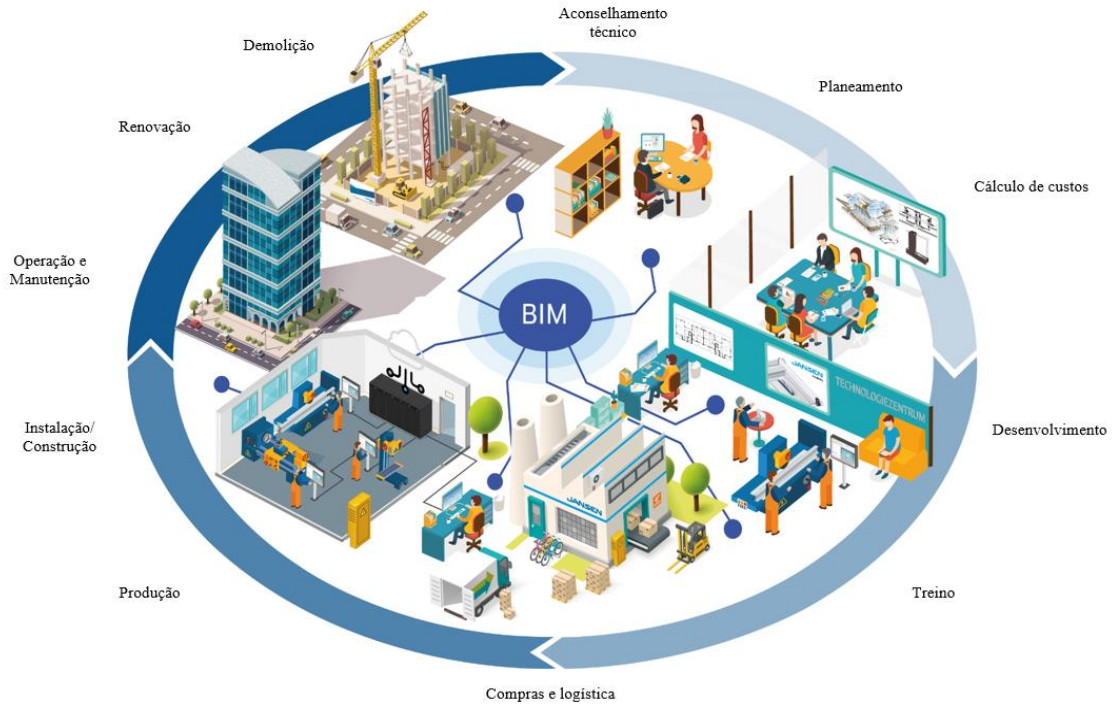


Figura 8 -Aplicação da metodologia BIM no ciclo de vida de um projeto[7]

[7] Jansen Building Systems (acedido em 30/09/2019)

O modelo 3D usado na conceção permite que qualquer interveniente, desde arquitetos, engenheiros e construtores até ao próprio proprietário, visualize o modelo do projeto e analise a existência de problemas espaciais e estruturais, bem como detete automaticamente erros e colisões entre as várias especialidades (Vaz Pinto, D.S.M.,2017)).

A quarta dimensão (4D) corresponde ao processo de planeamento e gestão, em que é possível adicionar as atividades inerentes ao modelo do projeto e usá-las posteriormente para apoiar a fase de construção, permitindo todo o planeamento do fluxo de trabalho, desde a gestão de equipas à encomenda de materiais aos fornecedores (Vaz Pinto, D.S.M.,2017)).

Com base no 4D, surge a quinta dimensão (5D), onde é possível associar planeamento e custos às atividades e assim obter um orçamento, quer de cada atividade, quer de todo o projeto, permitindo também que, no caso da necessidade de alterações de projeto, facilmente se obtenha um novo orçamento em tempo real (Vaz Pinto, D.S.M.,2017).

A sexta dimensão (6D) está relacionada com a gestão das instalações, em que o detalhe e o pormenor de um modelo BIM, na descrição e relações existentes entre os elementos, permite otimizar a manutenção de uma edificação durante o ciclo de vida da mesma, através de uma base de dados de gestão de ativos (Vaz Pinto, D.S.M.,2017).

Por fim, a sétima dimensão (7D) está ligada à sustentabilidade, com o objetivo de analisar os consumos energéticos com vista à redução dos mesmos através da escolha dos materiais e sistemas mais adequados para atingir os objetivos pretendidos (Eastman et al, 2011), conforme exem-plifica a Figura 9.



Figura 9 - Dimensões do BIM[8].

A BSI 1192-4 define o BIM em três níveis de maturação do nível zero ao nível três. O nível zero é definido como um CAD não gerido, ou seja, por exemplo, um 2D em papel ou no computador sem que a informação siga uma estandardização ou processos comuns. O nível um, é definido como a gestão de CAD em modelos 2D ou 3D com ferramentas colaborativas e informação partilhada. Na verdade, a maioria dos mercados ainda funciona com processos de nível um, sendo que, no melhor dos casos, experienciam os benefícios de um nível dois, que é caraterizado pela gestão em ambiente 3D utilizando ferramentas "BIM" separadas com informação anexada. Este nível é distinguido pelo trabalho colaborativo que é conseguido através da informação partilhada através de um formato comum entre as variadas entidades. O BIM nível três cria um ambiente de desenho único e representa a total colaboração entre todas as disciplinas, utilizando

[8] biblus (acedido em 30/09/2019)

um só projeto partilhado disponível num repositório centralizado em que todos os intervenientes trabalham, alteram e acedem(Gao, Koch, & Wu, 2019). A Figura 10 é um exemplo dos níveis de implementação.

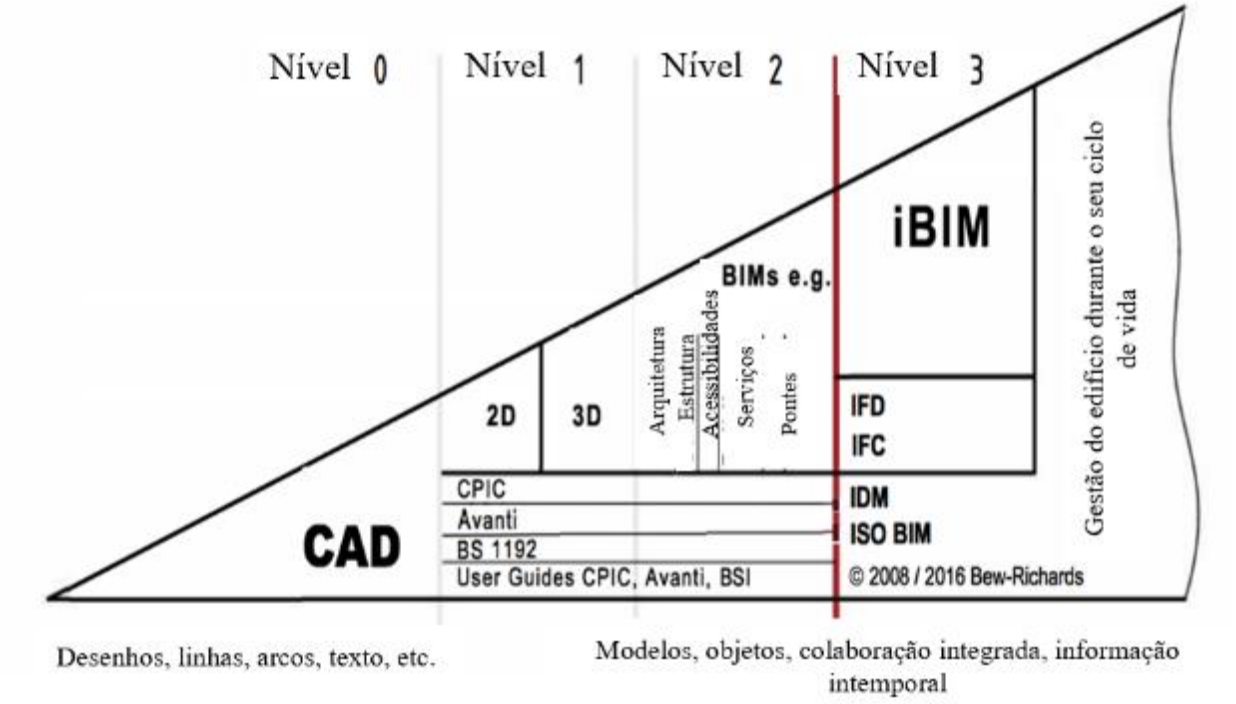


Figura 10 - Níveis de implementação[9]

A metodologia BIM tem sido reconhecida como uma abordagem capaz de melhorar a forma como o planeamento e gestão da segurança tem sido efetuada, bem como por combinar a segurança e o planeamento dos processos construtivos e o planeamento logístico no estaleiro, através de modelos de planeamento com recurso e aplicação da dimensão 4D do BIM, conforme demonstra a Figura 11.

Esta metodologia facilita a identificação e eliminação de potenciais riscos nos momentos iniciais do ciclo de vida do projeto, permitindo uma melhor visualização dos conflitos existentes entre atividades e decorrentes das condições de trabalho, antes do início das mesmas. Desta forma, a comunicação e colaboração entre os membros das equipas de projeto e de construção nos momentos inicias de cada fase melhoram, permitindo reduzir o tempo e o esforço despendido na gestão da segurança (Martínez-Aires, López-Alonso, & Martínez-Rojas, 2018). A Figura 12 exemplifica o melhor momento para aplicação de medidas.

[9] BIM+



Figura 11 -Vantagens na utilização de programas BIM[10].

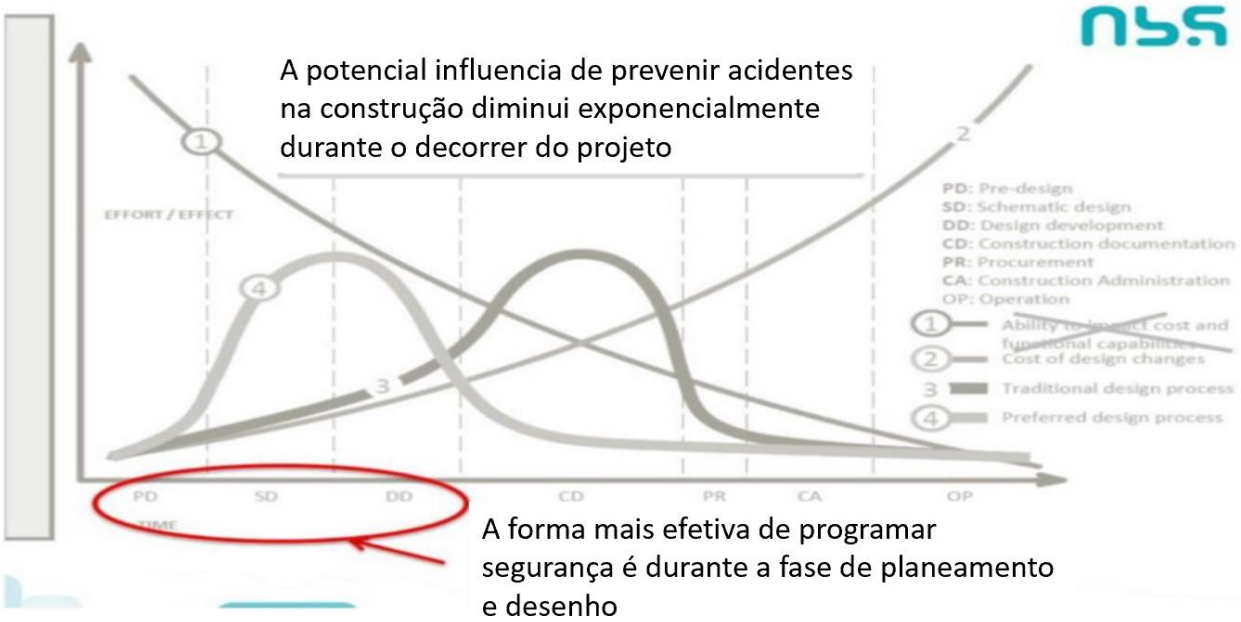


Figura 12 - Melhor momento para a implementação de medidas[11]

[10] lledo blog portugal (acedido em 30/09/2019)
[11] Autodesk (acedido a 04/09/2019)

A gestão da segurança através da metodologia BIM reconhece a existência de duas formas de gestão do risco através de *softwares* de segurança, atuando de forma reativa e pró-ativa. A forma reativa utiliza *softwares* de análise de bases de dados, realidade virtual (VR), 4D CAD, Sistemas de Informação Geográfica, tendo a capacidade de, através da simulação e de protótipos virtuais, auxiliar na identificação de perigos e riscos e no planeamento da gestão da segurança na construção. A forma proativa tem por base a criação de modelos de realidade virtual, onde as posições precisas de objetos estáticos e em movimento possam ser rastreadas, recolhidas e analisadas por algoritmos de segurança e que a informação sobre a identificação de perigos possa ser fornecida em tempo real e as medidas de mitigação possam ser eficazes e implementadas antes da concretização de qualquer situação de risco. Atualmente, a maioria dos esforços dos sistemas de segurança proativos baseados em TI concentra-se no rastreamento de objetos estáticos e em movimento. Um sistema de monitorização em tempo real, integrando o uso da identificação por radiofrequência (RFID) e o Sistema de Posicionamento Global (GPS), permite, através da incorporação de sensores nos capacetes e calçado de segurança, detetar e enviar aviso para a equipa de gestão da segurança, quando os trabalhadores estiverem presentes numa zona de risco, aumentando assim a fiabilidade da localização (Zou et al., 2017).

A implementação de sistemas de segurança proativos vem alterar a forma como as induções de segurança em obra são normalmente transmitidas, promovendo o treino através de ilustrações extraídas do desenvolvimento virtual do processo construtivo, Figura 13, alertando de uma forma mais clara o trabalhador para o potencial risco (Li, Lu, Hsu, Gray, & Huang, 2015).



Figura 13 - Material para formação (adaptado de Li, Lu, Hsu, Gray, & Huang, 2015)

Apesar dos progressos verificados na metodologia BIM, o processo de planeamento do estaleiro não tem sido devidamente considerado. A aplicação de regras baseadas em algoritmos é promissora para processos de verificação de modelos base, porque tem capacidade de perceber a lógica por trás das rotinas de verificação e, permite que a pessoa responsável adicione regras específicas no planeamento da segurança (Schwabe, Teizer, & König, 2019).

Através de simulações 4D em BIM é possível identificar potenciais riscos de provocar esmagamento ou advindos da passagem de cargas transportadas por gruas sobre as equipas de trabalho. Estas simulações são importantes para permitir uma decisão consciente relativamente à forma e sequência dos trabalhos de modo a reduzir riscos e/ou acidentes (Figura 14) (Sijie Zhang, Teizer, Pradhananga, & Eastman, 2015).

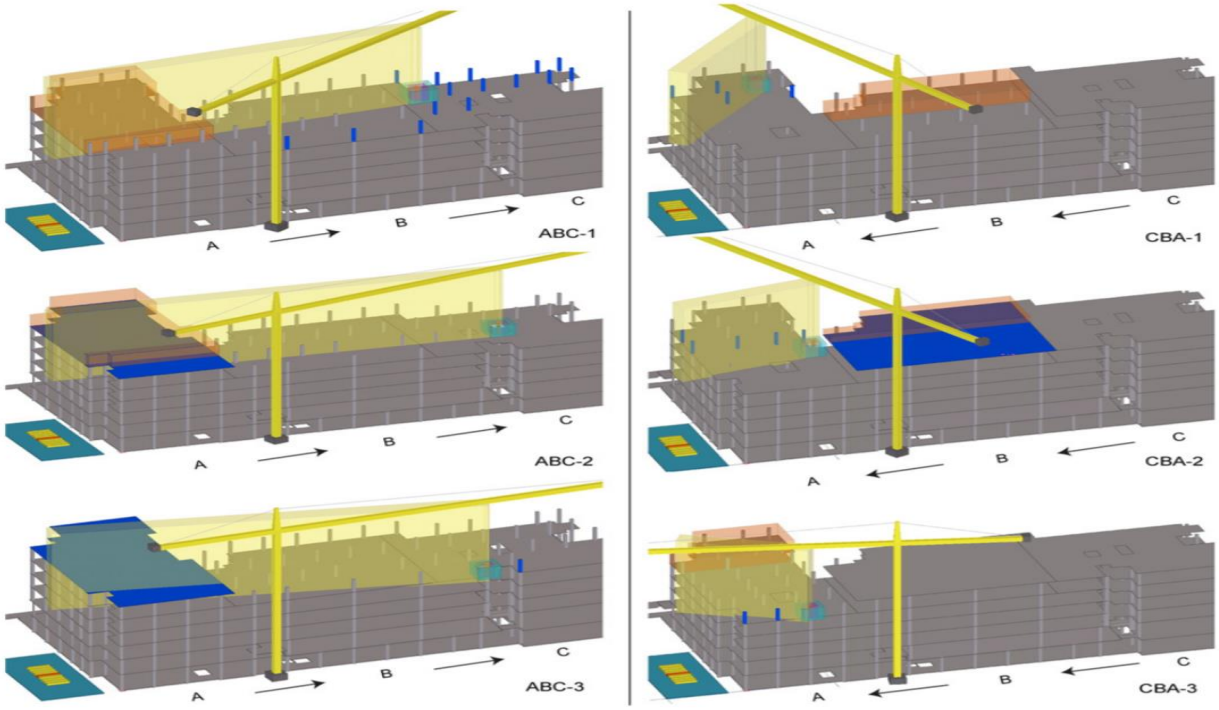


Figura 14 - Simulação 4D em BIM para determinação de ações inseguras com gruas (SijieZhanget al., 2015)

Utilizando simulações 4D e a realidade virtual, desenhadores, engenheiros e entidades executantes podem adotar medidas durante a fase de planeamento do projeto de forma a eliminar ou reduzir os riscos existentes. Por exemplo, as entidades executantes podem utilizar estas tecnologias para identificar perigos e riscos e comunicá-los aos trabalhadores. Através de simulações 4D e/ou ambientes de realidade virtual, os trabalhadores podem visualizar a sequências das atividades, do uso dos equipamentos e materiais antes do início dos trabalhos, o que possibilita a discussão das possíveis situações de risco a mencionar nos planos específicos de segurança. Estas tecnologias também podem ser utilizadas durante a investigação de um acidente, recreando a sequência dos eventos (Azhar, 2017).

As avaliações de risco são importantes e a utilização de sistemas de monitorização através da metodologia BIM pode providenciar aos utilizadores uma maior perspetiva dos possíveis aconte-

cimentos durante as atividades de construção e, nomeadamente, em atividades de escavação em meio urbano. Existem pontos fulcrais na utilização do BIM neste tipo de projetos (e que se aplica a qualquer outro):

1. A manipulação da informação e monitorização são conseguidas de forma robusta;
2. As equipas de projeto podem rapidamente modificar, comunicar e coordenar com as restantes equipas;
3. Através de avaliações compreensíveis e funcionais as equipas de projeto podem de forma exata monitorizar os riscos existentes (Wu, Lu, & Hsiung, 2015).

O desenvolvimento de plataformas de verificação de regras para deteção do risco de quedas através de modelos BIM é um caso de sucesso. O algoritmo utilizado possibilita a deteção de locais com potencial de queda em altura em lajes, possibilitando a sua instalação com orientações relativamente ao mapa de quantidades e visualização. Este resultado demonstra efetividade na forma de trabalhar proposta para a deteção do risco de queda particularmente durante as fases de planeamento e desenho. (Zou et al., 2017)

2.3 Enquadramento Legal e Normativo

Em Portugal, como em outros países, existem normas e diplomas legais que estabelecem o fio condutor considerado como necessário pelo legislador, de forma a permitir a regulação do País e das atividades nele desenvolvidas. No âmbito da construção, e mais especificamente no da segurança, existem documentos legais que visam garantir e assegurar a promoção de condições de trabalho aceitáveis. Não obstante, estes documentos devem ser aplicados de acordo com o contexto, conhecimentos e experiências vivenciadas de forma a permitir uma aplicação capaz de atingir os objetivos, tendo em consideração constrangimentos, ambiente socioeconómico e incoerências, entre outros fatores.

Posto isto, destaca-se a legislação de segurança aplicável ao setor da construção, a qual se encontra disponível em Diário da República, dos quais se destacam:

- Lei nº 102/2009, de 10 de setembro - Regime Jurídico da Promoção da Segurança e Saúde no Trabalho - (Regulamenta o Regime jurídico da promoção e prevenção da segurança e saúde no trabalho, de acordo com o previsto no art.º 284º da Lei n.º 7/2009, de 12 de fevereiro);
- Decreto nº 41821/1958, de 11 de agosto - Regulamento de segurança no trabalho da construção civil;
- Decreto nº 46427/1965, de 10 de julho - Regulamento de instalações provisórias destinadas a pessoal empregado nas obras;
- Decreto-Lei nº 273/2003, de 29 de outubro – Condições de segurança e de saúde no trabalho em estaleiros temporários ou móveis – (Estabelece regras gerais de planeamento, organização e coordenação para promover a segurança, higiene e saúde no trabalho em estaleiros da construção e transpõe para a ordem jurídica interna a Diretiva nº 92/57/CEE,

do Conselho, de 24 de junho, relativa às prescrições mínimas de segurança e saúde no trabalho a aplicar em estaleiros temporários ou móveis);
- Portaria nº 934/1991 de 13 de setembro - Estabelece as normas das estruturas de proteção contra a queda de objetos (FOPS) de máquinas de estaleiros de construção civil;
- Portaria nº 101/1996, de 3 de abril - Prescrições mínimas de segurança e de saúde nos locais e postos de trabalho dos estaleiros temporários ou móveis;
- Portaria nº 988/93, de 6 de outubro - Prescrições mínimas de segurança e saúde dos trabalhadores na utilização de equipamento de proteção individual;
- Decreto-Lei nº 50/2005, de 25 de fevereiro - Prescrições mínimas de segurança e saúde dos trabalhadores na utilização de equipamentos de trabalho.
- NP EN 31010 - Gestão do risco
- ISO 45001 – Sistema de Gestão de Segurança

2.4 Intervenientes no processo construtivo

Após a leitura do Decreto-Lei nº 273/2003, de 29 de outubro, identificam-se a atribuição de cargos de gestão correspondentes a figuras que, pela posição que desempenham no projeto, podem condicionar a ação das figuras de fases subsequentes, pelo que é importante tomar conhecimento da definição do cargo e correspondentes obrigações.

2.4.1 Dono de Obra

Definição

Pessoa singular ou coletiva por conta de quem a obra é realizada, ou o concessionário relativamente à obra executada com base em contrato de concessão de obra pública

Responsabilidades

- Nomear os coordenadores de segurança, quer em projeto, quer em obra, sempre que exista essa obrigatoriedade;
- Elaborar ou mandar elaborar o plano de segurança e saúde, quando tal for obrigatório;
- Assegurar a divulgação do plano de segurança e saúde nos seguintes âmbitos:
    - ✓ Aprovar o desenvolvimento e as alterações do plano de segurança e saúde para a execução da obra;
    - ✓ Dar conhecimento, por escrito, à entidade executante, do plano de segurança e saúde aprovado;
- Impedir que a entidade executante inicie a implantação do estaleiro sem que esteja aprovado o plano de segurança e saúde para a execução da obra;
- Comunicar previamente a abertura do estaleiro à ACT, nas situações em que exista essa obrigatoriedade, entregando cópia dessa comunicação à entidade executante;

- Comunicar à ACT, nas 48 horas seguintes, qualquer alteração dos elementos da comunicação prévia e dar conhecimento das mesmas ao coordenador de segurança em obra e à entidade executante;
- Comunicar mensalmente à ACT a atualização da identificação dos subempreiteiros presentes em obra;
- Elaborar ou mandar elaborar a compilação técnica da obra;
- Quando intervierem duas ou mais entidades executantes na obra, designar a entidade que deve tomar as medidas necessárias, para que o acesso ao estaleiro seja reservado a pessoas autorizadas;
- Assegurar o cumprimento das regras de gestão e organização geral do estaleiro incluídas no plano de segurança e saúde.

2.4.2 Obrigações dos coordenadores de segurança em projeto

Definição

Pessoa singular ou coletiva que executa, durante a elaboração do projeto, as tarefas de coordenação em matéria de segurança e saúde previstas no presente diploma, podendo também participar na preparação do processo de negociação da empreitada e de outros catos preparatórios da execução da obra, na parte respeitante à segurança e saúde no trabalho.

Responsabilidades

- Assegurar que os autores do projeto tenham em atenção os princípios gerais do projeto da obra, referidos no artigo 4.º;
- Colaborar com o dono da obra na preparação do processo de negociação da empreitada e de outros catos preparatórios da execução da obra, na parte respeitante à segurança e saúde no trabalho;
- Elaborar o plano de segurança e saúde em projeto ou, se o mesmo for elaborado por outra pessoa designada pelo dono da obra, proceder à sua validação técnica;
- Iniciar a organização da compilação técnica da obra e completá-la nas situações em que não haja coordenador de segurança em obra;
- Informar o dono da obra sobre as responsabilidades deste no âmbito do presente diploma.

2.4.3 Coordenador de segurança em obra

Definição

Pessoa singular ou coletiva que executa, durante a realização da obra, as tarefas de coordenação em matéria de segurança e saúde previstas no presente diploma.

Responsabilidades

- Apoiar o dono da obra na elaboração e atualização da comunicação prévia prevista no artigo 15.º;
- Apreciar o desenvolvimento e as alterações do plano de segurança e saúde para a execução da obra e, sendo caso disso, propor à entidade executante as alterações adequadas com vista à sua validação técnica;
- Analisar a adequabilidade das fichas de procedimentos de segurança e, sendo caso disso, propor à entidade executante as alterações adequadas;
- Verificar a coordenação das atividades das empresas e dos trabalhadores independentes que intervêm no estaleiro, tendo em vista a prevenção dos riscos profissionais;
- Promover e verificar o cumprimento do plano de segurança e saúde, bem como das outras obrigações da entidade executante, dos subempreiteiros e dos trabalhadores independentes, nomeadamente no que se refere à organização do estaleiro, ao sistema de emergência, às condicionantes existentes no estaleiro e na área envolvente, aos trabalhos que envolvam riscos especiais, aos processos construtivos especiais, às atividades que possam ser incompatíveis no tempo ou no espaço e ao sistema de comunicação entre os intervenientes na obra;
- Coordenar o controlo da correta aplicação dos métodos de trabalho, na medida em que tenham influência na segurança e saúde no trabalho;
- Promover a divulgação recíproca entre todos os intervenientes no estaleiro de informações sobre riscos profissionais e a sua prevenção;
- Registar as atividades de coordenação em matéria de segurança e saúde no livro de obra, nos termos do regime jurídico aplicável ou, na sua falta, de acordo com um sistema de registos apropriado que deve ser estabelecido para a obra;
- Assegurar que a entidade executante tome as medidas necessárias para que o acesso ao estaleiro seja reservado a pessoas autorizadas;
- Informar regularmente o dono da obra sobre o resultado da avaliação da segurança e saúde existente no estaleiro;
- Informar o dono da obra sobre as responsabilidades deste no âmbito do presente diploma;
- Analisar as causas de acidentes graves que ocorram no estaleiro;
- Integrar na compilação técnica da obra os elementos decorrentes da execução dos trabalhos que dela não constem.

2.4.4 Autor de projeto

Definição

Pessoa singular, reconhecida como projetista, que elabora ou participa na elaboração do projeto da obra.

Responsabilidades

- No que diz respeito às opções arquitetónicas;

- No âmbito das escolhas técnicas equacionadas e desenvolvidas no projeto, incluindo as metodologias relativas aos processos e métodos construtivos, bem como os materiais e equipamentos a incorporar na edificação;
- Nas definições relativas aos processos de execução do projeto, incluindo as relativas à estabilidade e às diversas especialidades, as condições de implantação da edificação e os condicionalismos envolventes da execução dos trabalhos;
- No que diz respeito às soluções organizativas que se destinem a planificar os trabalhos ou as suas fases, bem como a previsão do prazo da sua realização;
- Quanto aos riscos especiais para a segurança e saúde;
- Nas definições relativas à utilização, manutenção, conservação e demolição da edificação;
- Colaborar na elaboração da compilação técnica da obra;
- Prestar informações ao coordenador de segurança em obra e à entidade executante sobre aspetos relevantes dos riscos associados à execução do projeto;

2.4.5 Entidade Executante

Definição

Pessoa singular ou coletiva que executa a totalidade ou parte da obra, de acordo com o projeto aprovado e as disposições legais ou regulamentares aplicáveis. Pode ser simultaneamente o dono da obra ou outra pessoa autorizada a exercer a catividade de empreiteiro de obras públicas ou de industrial de construção civil, que esteja obrigada mediante contrato de empreitada com aquele a executar a totalidade ou parte da obra.

Responsabilidades

- Avaliar os riscos associados à execução da obra e definir e implementar as medidas de prevenção adequadas;
- Mobilizar os recursos adequados dos seus serviços de prevenção;
- Propor ao dono da obra o desenvolvimento e a adaptação do plano de segurança e saúde, quando este for obrigatório;
- Elaborar a ficha de procedimentos de segurança para os trabalhos que impliquem riscos especiais e assegurar que os subempreiteiros e trabalhadores independentes e os representantes dos trabalhadores para a segurança, higiene e saúde no trabalho que trabalhem no estaleiro tenham conhecimento das mesmas;
- Assegurar a aplicação do plano de segurança e saúde e da ficha de procedimentos de segurança por parte dos seus trabalhadores, de subempreiteiros e trabalhadores independentes;
- Tomar as medidas necessárias a uma adequada organização e gestão do estaleiro, incluindo a organização do sistema de emergência;
- Tomar as medidas necessárias para que o acesso ao estaleiro seja reservado a pessoas autorizadas

- Afixar cópias da comunicação prévia e das suas atualizações, no estaleiro, em local bem visível;
- Dar a conhecer o plano de segurança e saúde para a execução da obra e as suas alterações aos subempreiteiros e trabalhadores independentes, ou pelo menos a parte que os mesmos necessitam de conhecer por razões de prevenção;
- Afixar no estaleiro em local bem visível as declarações de contratualização do dono da obra com o (s) coordenador (es) de segurança em projeto e em obra, assim como a declaração de aceitação subscrita pelo (s) respectivo (s) coordenador (es);
- Organizar e comunicar mensalmente ao dono da obra um registo atualizado dos subempreiteiros e trabalhadores independentes por si contratados com catividade no estaleiro
- Assegurar que os subempreiteiros e trabalhadores independentes cumpram as suas obrigações no âmbito da segurança, higiene e saúde no trabalho;
- Colaborar com o coordenador de segurança em obra, bem como cumprir e fazer respeitar por parte de subempreiteiros e trabalhadores independentes as diretivas daquele;
- Fornecer ao dono da obra as informações necessárias à elaboração e atualização da comunicação prévia;
- Fornecer os elementos necessários à elaboração da compilação técnica.

2.4.6 Empregadores (subempreiteiros)

Definição

Pessoa singular ou coletiva autorizada a exercer a catividade de empreiteiro de obras públicas ou de industrial de construção civil que executa parte da obra mediante contrato com a entidade executante

Responsabilidades

- Comunicar, pela forma mais adequada, aos respectivos trabalhadores e aos trabalhadores independentes por si contratados o plano de segurança e saúde ou a ficha de procedimento de segurança, no que diz respeito aos trabalhos por si executados, e fazer cumprir as suas especificações;
- Comunicar à ACT e ao coordenador de segurança em obra qualquer acidente de trabalho de que resulte a morte ou a lesão grave de trabalhadores;
- Organizar um registo dos seus trabalhadores e trabalhadores independentes por si contratados que trabalhem no estaleiro durante um prazo superior a 24 horas;
- Informar e consultar os trabalhadores e os seus representantes para a segurança, higiene e saúde no trabalho sobre a aplicação das disposições do presente diploma.
- Manter o estaleiro em boa ordem e em estado de salubridade adequado;
- Garantir as condições de acesso, deslocação e circulação necessárias à segurança em todos os postos de trabalho no estaleiro;
- Garantir a correta movimentação dos materiais e utilização dos equipamentos de trabalho;

- Efetuar a manutenção e o controlo das instalações e dos equipamentos de trabalho antes da sua entrada em funcionamento e com intervalos regulares durante a laboração;
- Delimitar e organizar as zonas de armazenagem de materiais, em especial de substâncias, preparações e materiais perigosos;
- Recolher, em condições de segurança, os materiais perigosos utilizados;
- Armazenar, eliminar, reciclar ou evacuar resíduos e escombros;
- Determinar e adaptar, em função da evolução do estaleiro, o tempo efetivo a consagrar aos diferentes tipos de trabalho ou fases do trabalho;
- Cooperar na articulação dos trabalhos por si desenvolvidos com outras atividades desenvolvidas no local ou no meio envolvente;
- Cumprir as indicações do coordenador de segurança em obra e da entidade executante;

2.4.7 Trabalhadores independentes

Definição

Pessoa singular que efectue pessoalmente uma atividade profissional, não vinculada por contrato de trabalho, para realizar uma parte da obra a que se obrigou perante o dono da obra ou a entidade executante; pode ser empresário em nome individual.

Responsabilidades

- Cumprir as disposições do plano de segurança e saúde para a execução da obra;
- Manter o estaleiro em boa ordem e em estado de salubridade adequado;
- Garantir as condições de acesso, deslocação e circulação necessárias à segurança em todos os postos de trabalho no estaleiro;
- Garantir a correta movimentação dos materiais e utilização dos equipamentos de trabalho;
- Efetuar a manutenção e o controlo das suas próprias instalações e equipamentos de trabalho antes da respectiva entrada em funcionamento e com intervalos regulares durante a laboração;
- Delimitar e organizar as zonas de armazenagem de materiais, em especial de substâncias, preparações e materiais perigosos;
- Recolher, em condições de segurança, os materiais perigosos utilizados;
- Armazenar, eliminar, reciclar ou evacuar resíduos e escombros;
- Determinar e adaptar, em função da evolução do estaleiro, o tempo efetivo a consagrar aos diferentes tipos de trabalho ou fases do trabalho;
- Cooperar na articulação dos trabalhos por si desenvolvidos com outras atividades desenvolvidas no local ou no meio envolvente;
- Cumprir as indicações do coordenador de segurança em obra e da entidade executante.

As figuras anteriormente descritas, e conforme foi dito anteriormente, também têm um papel fundamental num projeto de construção. Este tipo de projeto normalmente é constituído por quatro fases distintas, mas complementares e sequenciais, tendo em vista a utilização da edificação:

1ª Fase - A conceção na qual se decide da implantação da edificação, se definem as opções arquitetónicas e as escolhas técnicas necessárias à sua execução, o tipo de materiais e equipamentos a incorporar e se materializa o projeto;

2ª Fase - A organização onde se realizam todo um conjunto de atos preparatórios da execução, designadamente a elaboração do caderno de encargos, a seleção do (s) executante (s), a definição contratual dos termos em que o projeto vai ser concretizado e a adjudicação da obra;

3ª Fase - A execução da edificação propriamente dita;

4ª Fase - A utilização da edificação, nela se compreendendo todas a intervenções construtivas ulteriores à sua conclusão e durante a sua vida útil.

Assim, agora torna-se importante perceber em que posição cada uma destas figuras interage no projeto, tendo em consideração a fase em que o mesmo se encontra (Figura.15)

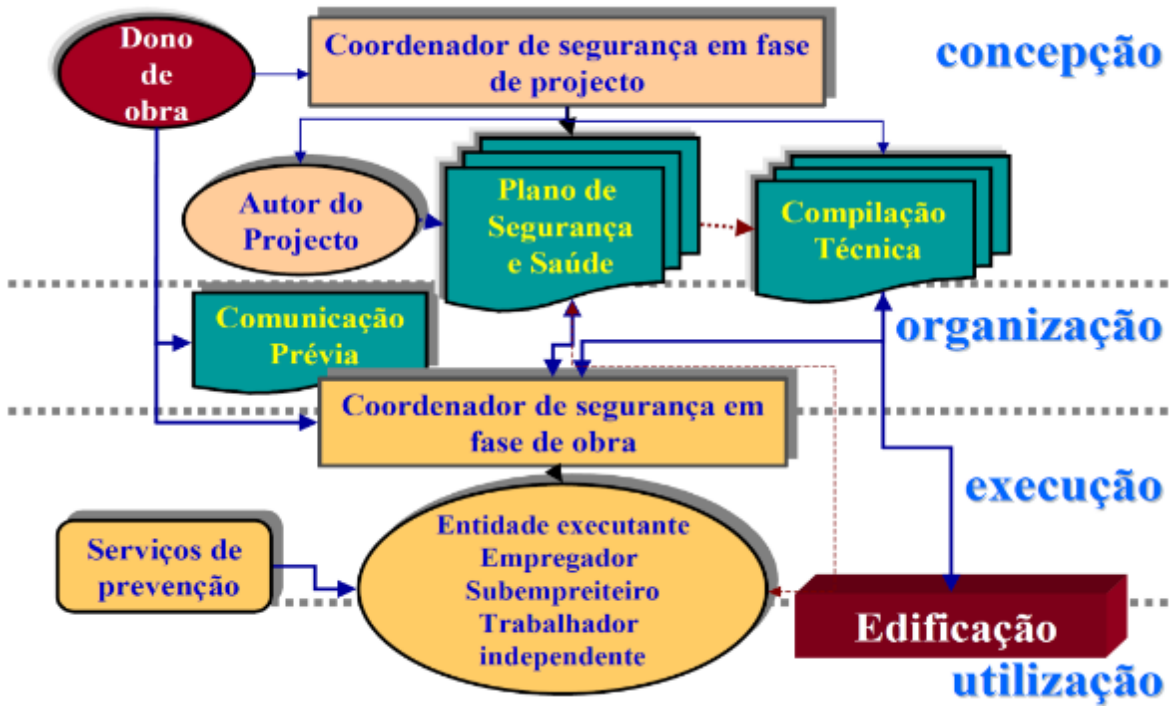


Figura 15 - Responsabilidades tendo em consideração a fase do projeto

3 APLICAÇÃO DE CONHECIMENTOS

3.1 Metodologia utilizada no desenvolvimento da dissertação

Com o intuito de alcançar os objetivos propostos, procedeu-se à definição da questão de investigação e, a partir dela realizou-se uma revisão sistemática da literatura, permitindo a aquisição de conhecimentos sobre a metodologia BIM. Seguidamente, inventariaram-se os *softwares* existentes com relevância para a implementação da gestão da segurança em obra.

Procedeu-se ainda, à descrição de conceitos técnicos com o intuito de possibilitar uma melhor perceção do enquadramento desta dissertação.

Pretende-se, através de um caso de estudo, demonstrar as potencialidades da metodologia BIM ao nível do planeamento e da implementação da segurança em obra e consequente redução de incidentes.

Por fim, ir-se-ão analisar os resultados obtidos, apresentar a conclusão e perspetivas futuras.

Na Figura 16, apresenta-se a metodologia adotada para o desenvolvimento da dissertação.

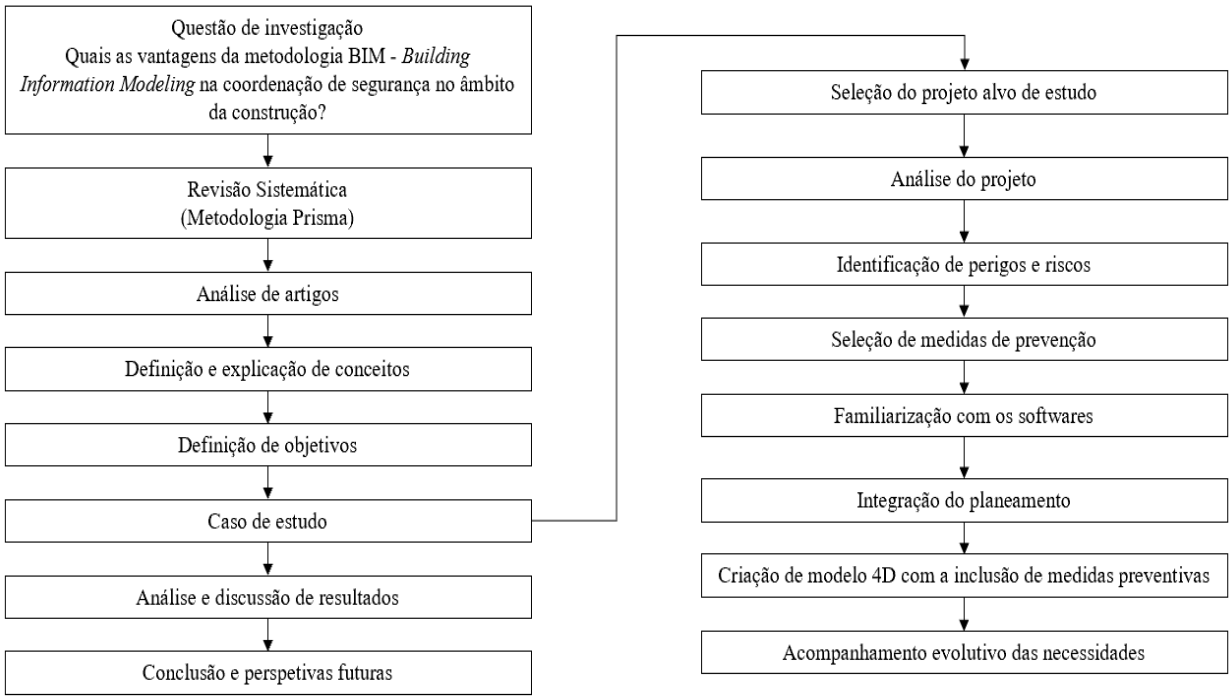


Figura 16 - Metodologia adotada para o desenvolvimento da dissertação

3.2 Seleção do projeto alvo de estudo

O presente caso de estudo incidiu sobre a fase 1 de um projeto localizado na zona histórica de Vila Nova de Gaia que culminará num espaço multifuncional de caráter comercial, museológico e turístico. A fase 1 inclui as atividades de execução de estacas, estruturas de betão armado e estruturas metálicas abrangendo uma área total de terreno de 19.187,34 m2.

O modelo apresentado na Figura 17 representa esta fase do projeto.

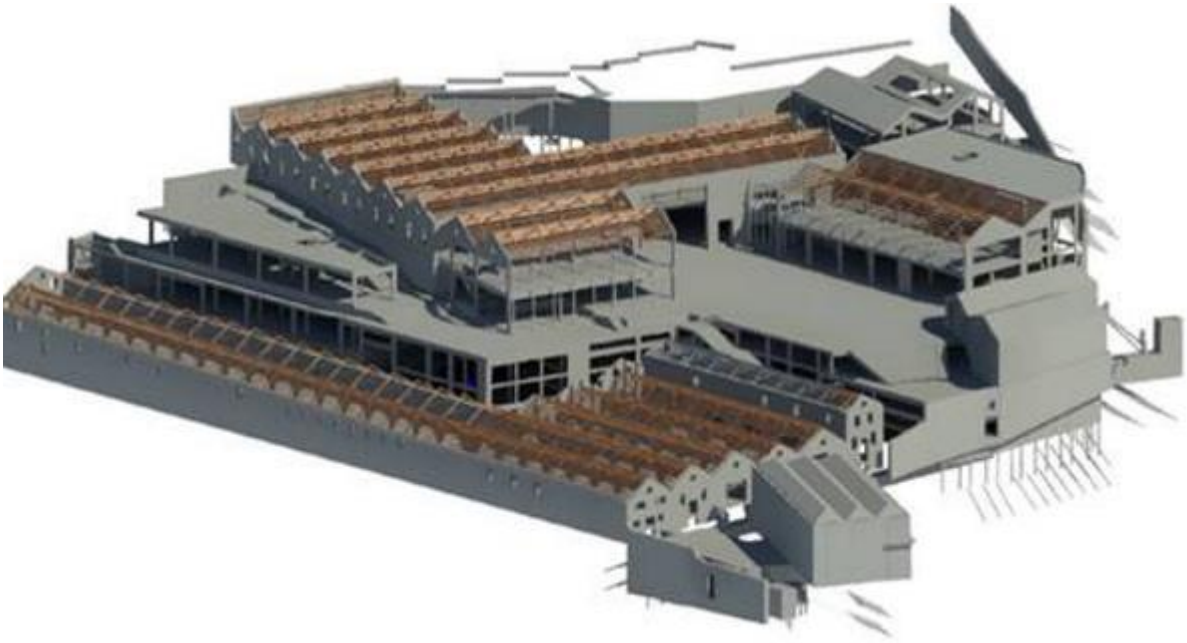


Figura 17 - Modelo da empreitada geral em BIM 3D

Contudo, o edifício de exposições temporárias (Figura 18) envolve a execução de todas as atividades indicadas na descrição da Fase 1, pelo que o estudo se irá cingir apenas a este edifício que, futuramente, irá albergar um museu com coleções selecionadas para exposições temporárias.

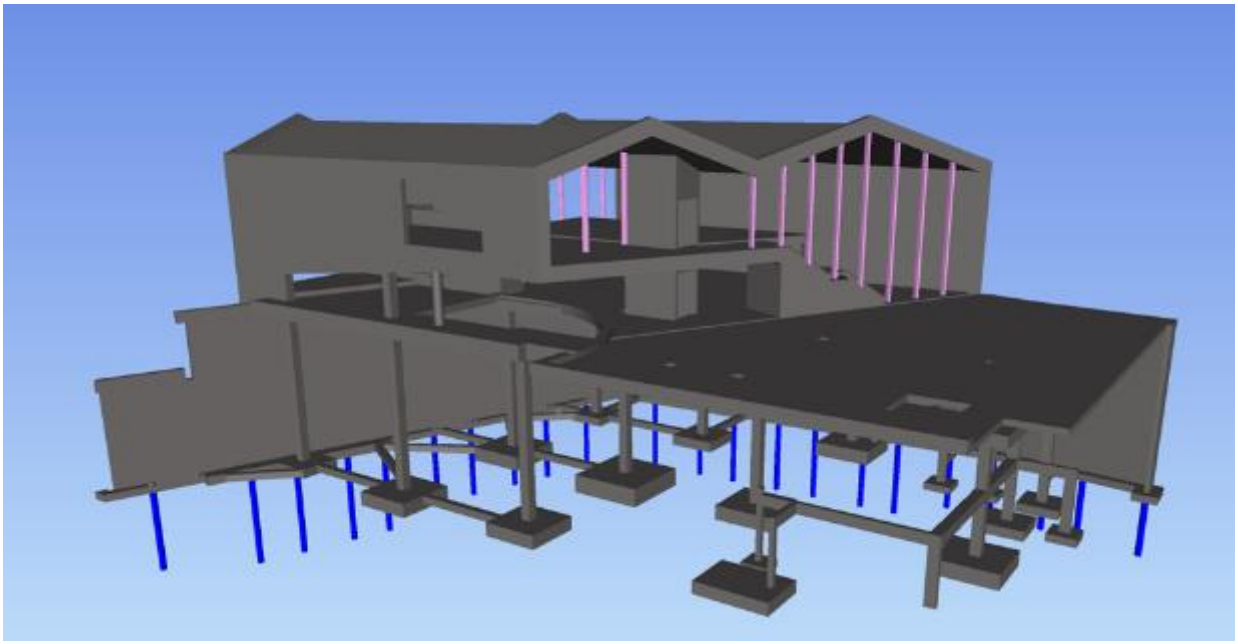


Figura 18 - Edifício de exposições temporárias

3.3 Análise do projeto

Todo o processo construtivo é constituído por diversas fases que culminam na obtenção de um produto final. As fases relacionadas com a execução do projeto são, de uma forma sucinta, as seguintes:

- Visita e levantamento dos condicionalismos do local,
- Realização de estudos,
- Elaboração de projetos e plano de segurança e saúde em fase de projeto,
- Licenciamento,
- Seleção da Entidade Executante e Fiscalização (incluído Coordenação de Segurança),
- Validação/Aprovação do desenvolvimento do Plano de Segurança e Saúde,
- Montagem do estaleiro,
- Escavação,
- Execução de estacas,
- Estrutura metálica,
- Estruturas de betão armado.

3.4 Identificação dos perigos e riscos e medidas de prevenção

As regulamentações Portuguesas e Europeias realçam a importância da adoção de opções de projeto isentas de riscos ou, pelo menos, que impliquem riscos reduzidos.

Na impossibilidade de se eliminarem todos os perigos, é importante que os vários intervenientes identifiquem medidas mitigadoras de forma a garantir o respetivo controlo. Neste sentido, é importante que o dono de obra, projetistas, coordenadores de segurança e entidades executantes discutam todas as opções de projeto na fase de projeto e de planeamento para que se identifiquem os riscos mais relevantes e para se indicarem as medidas prevenção e de proteção que deverão ser implementadas e tidas em consideração pelos colaboradores durante a execução das atividades.

O regime jurídico de enquadramento da segurança e saúde do trabalho que transpôs a Diretiva-Quadro para a segurança e saúde do trabalho (Diretiva n.º 98/391/CEE) refere que compete ao empregador uma obrigação geral no domínio da prevenção de riscos profissionais: assegurar aos trabalhadores, qualquer que seja o seu vínculo de emprego, condições de segurança, higiene e saúde em todos os aspetos relacionados com o trabalho.

Obrigando os empregadores a garantirem o cumprimento dos seguintes deveres:

- Evitar os riscos;
- Planificar a prevenção como um sistema coerente que integre a evolução técnica, a organização do trabalho, as condições de trabalho, as relações sociais e a influência dos fatores ambientais;
- Identificação dos riscos previsíveis em todas as atividades da empresa, estabelecimento ou serviço, na conceção ou construção de instalações, de locais e processos de trabalho, assim como na seleção de equipamentos, substâncias e produtos, com vista à eliminação dos mesmos ou, quando esta seja inviável, à redução dos seus efeitos;
- Integração da avaliação dos riscos para a segurança e a saúde do trabalhador no conjunto das atividades da empresa, estabelecimento ou serviço, devendo adotar as medidas adequadas de proteção;
- Combate aos riscos na origem, por forma a eliminar ou reduzir a exposição e aumentar os níveis de proteção;
- Assegurar, nos locais de trabalho, que as exposições aos agentes químicos, físicos e biológicos e aos fatores de risco psicossociais não constituem risco para a segurança e saúde do trabalhador;
- Adaptação do trabalho ao homem, especialmente no que se refere à conceção dos postos de trabalho, à escolha de equipamentos de trabalho e aos métodos de trabalho e produção, com vista a, nomeadamente, atenuar o trabalho monótono e o trabalho repetitivo e reduzir os riscos psicossociais;
- Adaptação ao estado de evolução da técnica, bem como a novas formas de organização do trabalho;
- Substituição do que é perigoso pelo que é isento de perigo ou menos perigoso;

- Priorização das medidas de proteção coletiva em relação às medidas de proteção individual;
- Elaboração e divulgação de instruções compreensíveis e adequadas à atividade desenvolvida pelo trabalhador.

Neste contexto, o dever de atender à hierarquia estabelecida nos princípios gerais de prevenção, sendo estes:

- Condições de trabalho que respeitem a segurança e a sua saúde do trabalhador;
- A conceção e a implementação da estratégia nacional para a segurança e saúde no trabalho;
- A definição das condições técnicas a que devem obedecer a conceção, a fabricação, a importação, a venda, a cedência, a instalação, a organização, a utilização e a transformação das componentes materiais do trabalho em função da natureza e do grau dos riscos, assim como as obrigações das pessoas por tal responsáveis;
- A determinação das substâncias, agentes ou processos que devam ser proibidos, limitados ou sujeitos a autorização ou a controlo da autoridade competente, bem como a definição de valores limite de exposição do trabalhador a agentes químicos, físicos e biológicos e das normas técnicas para a amostragem, medição e avaliação de resultados;
- A promoção e a vigilância da saúde do trabalhador;
- O incremento da investigação técnica e científica aplicada no domínio da segurança e da saúde no trabalho, em particular no que se refere à emergência de novos fatores de risco;
- A educação, a formação e a informação para a promoção da melhoria da segurança e saúde no trabalho;
- A sensibilização da sociedade, de forma a criar uma verdadeira cultura de prevenção;
- A eficiência do sistema público de inspeção do cumprimento da legislação relativa à segurança e à saúde no trabalho.

Neste sentido, convém conhecer três definições importantes tendo em consideração a legislação

Perigo - a propriedade intrínseca de uma instalação, atividade, equipamento, um agente ou outro componente material do trabalho com potencial para provocar dano;

Risco - a probabilidade de concretização do dano em função das condições de utilização, exposição ou interação do componente material do trabalho que apresente perigo;

Prevenção - o conjunto de políticas e programas públicos, bem como disposições ou medidas tomadas ou previstas no licenciamento e em todas as fases de atividade da empresa, do estabelecimento ou do serviço, que visem eliminar ou diminuir os riscos profissionais a que estão potencialmente expostos os trabalhadores.

É, portanto, no capítulo da prevenção que os empregadores deverão elaborar avaliações de risco e/ou procedimentos específicos de segurança em consideração a sua leitura e interpretação da regulamentação.

As tabelas de 3 a 7 referem-se a medidas preventivas identificadas durante a fase de projeto para as atividades de maior risco e com potencial para serem inseridas no Navisworks (*software* BIM

de planeamento que se irá utilizar) conforme será explicado mais à frente. As restantes medidas preventivas para outras atividades encontrar-se-ão em anexo.

Tabela 3 - Medida Preventivas Execução de Betão Armado

Execução de betão armado
Perigos ✓ Presença de vãos abertos ✓ Utilização de produtos químicos ✓ Presença de corrente elétrica ✓ Utilização de equipamentos ✓ Presença de terceiros
Riscos ✓ Carcinoma. ✓ Choque com objetos ✓ Dermatoses. ✓ Desmoronamento total ou parcial do escoramento ✓ Eletrização ✓ Esmagamento ✓ Perfuração ou penetração de objetos ✓ Queda ao mesmo nível ✓ Queda de materiais ✓ Queda em altura ✓ Ruído ✓ Rutura das cofragens ✓ Sobre-esforços ✓ Soterramento ✓ Vibrações
Medidas Preventivas **Armação de Ferro** ✓ "Bolear" ferros espera sempre que estes constituam risco de perfuração. ✓ As bancadas de trabalho fixas devem ter uma cobertura tipo telheiro, montada de forma a não interferir com as movi-mentações mecânicas do varão e dos elementos armados. ✓ A carga não deverá transitar ou circular sobre os trabalhadores. ✓ A movimentação do ferro deverá ser executada com, pelo menos, dois pontos de suspensão. ✓ A organização do trabalho e a metodologia da construção da armadura deverá, sempre que tecnicamente possível, eliminar as operações que impliquem a colocação de trabalhadores entre a armadura e taludes de alturas significativas. ✓ As plataformas de trabalho deverão possuir tábuas de pé e proteção perimetral como se de um andaime se tratasse. ✓ As zonas de corte e moldagem devem ter áreas suficientes de forma a evitar interferências entre tarefas ✓ Assegurar acesso permanente à zona da laje. ✓ Deverá ser criado no solo uma área de proteção que impeça o acesso de pessoas às zonas de previsível queda de materiais e/ou equipamentos. ✓ Deverão ser colocados extintores junto à área de trabalho. É interdita a manobra de acoplamento das armaduras pré-fabricadas aos ferros de arranque executada com auxílio de trabalhadores posicionados sobre a armadura ✓ É proibido a elevação de atados por um único ponto de suspensão ✓ É proibido trabalho junto a bordos e negativos sem proteção ✓ Em casos pontuais ou em operações de reparações curtas em que não se justifique a

montagem de plataformas, utilizar cinto de segurança.
- ✓ Evitar a existência de cabos elétricos diretamente sobre a armadura.
- ✓ Garantir que a laje esteja munida de guarda corpos, nos casos pontuais em que a sequência do trabalho não o permita e sempre que exista risco de queda superior a 2 m, deverá ser utilizado cinto de segurança do tipo arnês.
- ✓ Garantir que exista disjuntor diferencial a montante de 30 mA.
- ✓ Não coloque ferro em excesso na guilhotina.
- ✓ No corte dos varões de ferro com a retificadora, utilizar óculos de proteção anti-impacto.
- ✓ O armazenamento deve ser organizado por baias indicadoras de diâmetro, os molhos devem ser depositados em cima de barrotes de madeira, corretamente alinhados e, a altura das pilhas não devem ultrapassar 1,50m.
- ✓ O ferro deverá ser arrumado sobre a laje de fundo, garantindo caminhos de circulação.
- ✓ O varão deve ser armazenado em local acessível à grua ou aos multifunções.
- ✓ Organizar a zona de trabalho de modo a que se garanta quer uma zona de circulação quer uma zona de armazenagem provisória suficientemente ampla e arrumada para as operações associadas à atividade.
- ✓ Organizar os trabalhos de modo a garantir uma sequência lógica na movimentação do material.
- ✓ Os desperdícios devem ser acondicionados em contentor específico e, periodicamente, devem ser enviados para o exterior.
- ✓ Os trabalhadores devem utilizar os seguintes EPI's: capacete e calçado de proteção, colete refletor e quando necessário luvas adequadas à atividade.
- ✓ Quando não se justifica a montagem de plataformas de trabalho (caso de armaduras pré-fabricadas), as operações de desen-gate das suspensões, dos empalmes laterais, a eventual colocação de afastadores, etc., deverão ser feitos com auxílio de acessos adequados, estando interdito a utilização da própria armadura como elemento de acesso, fazendo uso, quando necessário, de cinto de segurança.
- ✓ Deve ser assegurada a existência de plataforma de desmontagem com proteções e acesso adequados.
- ✓ Deve ser verificado que não existem materiais suspensos em risco de queda.
- ✓ Deverá ser criado no solo, ou no piso inferior, uma área de proteção que impeça o acesso de pessoas às zonas de previsível queda de materiais e/ou equipamentos.
- ✓ Dobrar as pontas dos ferros do fecho da cofragem para as tornar menos agressivas. Se tal não for possível, deverão ser boleadas com rolhões próprios, mangueira plástica ou qualquer outro material não agressivo.
- ✓ Durante a descofragem não é permitida a existência de pessoas na área sujeita a risco de queda de materiais, devendo esse facto ser inequivocamente confirmado.
- ✓ Durante toda a execução, manter a plataforma limpa e arrumada.
- ✓ Escorar devidamente os taipais garantindo a sua estabilidade e só depois proceder ao desengate dos estropos de suspensão. Preferencialmente utilizar escoras do tipo puxa-empurra.
- ✓ Estabelecer comunicação com o gruísta via rádio ou utilizando gestos convencionais.
- ✓ Executar, logo que possível e corretamente, os travamentos dos painéis.
- ✓ Fazer a movimentação dos painéis utilizando suspensões e equipamentos corretos.
- ✓ Fixar solidamente a estrutura da cofragem.
- ✓ Garantir a existência de guarda corpos no bordo da laje.
- ✓ Garantir a limpeza da envolvente à descofragem.
- ✓ Garantir sequência adequada dos trabalhos.
- ✓ Logo que possível, montar painel perpendicular (de topo), no sentido de dar estabilidade ao conjunto.
- ✓ Manter permanentemente arrumadas as áreas de trabalho e organizar os materiais de tal modo que as tarefas de execução se possam desenvolver sem risco acrescido.

- ✓ Na movimentação mecânica de painéis de grande dimensão utilizar como guiamento espias em detrimento da utilização direta das mãos.
- ✓ Não é permitido movimentar painéis com uma só suspensão.
- ✓ Não é permitido utilizar a estrutura do taipal como escada de acesso e muito menos plataforma de trabalho
- ✓ Nos bordos de laje deve ser criada estrutura de anteparo de queda de materiais de maior dimensão sob a zona de trabalhos, no vão do piso imediatamente inferior.
- ✓ Nunca "arrancar" painéis com o auxílio da grua.
- ✓ O circuito de fornecimento de corrente elétrica à zona de trabalho deverá ser montado de tal modo que se evite o desgaste ou deterioração do isolamento dos cabos condutores e ao mesmo tempo pesos consideráveis provocados pela suspensão de troços de consideráveis extensões.
- ✓ O desengate dos painéis do sistema de suspensão só é permitido após a sua correta e eficaz estabilização.
- ✓ O distanciamento da base do talude á prumada do "arranque" deverá permitir a circulação de pessoas e, pelo menos num dos topos, permitir o caminho de fuga. Quando tal não é possível, deverão ser criados acessos verticais como se de uma vala se tratasse.
- ✓ O levantamento dos painéis de cofragem quando empilhados deverá ser feito exclusivamente com auxílio de meios mecânicos tendo o cuidado de afastar os trabalhadores da área de movimentação.
- ✓ Organizar e se necessário iluminar a zona de trabalho.
- ✓ Organizar o trabalho de modo a que as pessoas permaneçam o mais curto espaço de tempo do lado não escorado do painel.
- ✓ Os painéis de cofragem com plataforma de trabalho acoplada deverão levar este último equipamento montado de modo a que este possa ser utilizado aquando da colocação do painel *in situ*.
- ✓ Os painéis de cofragem deverão ser movimentados com auxílio de estropos em bom estado e dotados de garras compatíveis com o sistema utilizado, ou então, possuir outro tipo de engate que garanta a prisão efetiva da carga durante o seu transporte.
- ✓ Os trabalhadores deverão permanecer entre o painel e os taludes, se for o caso, o tempo estritamente necessário para proceder ao seu fecho e/ou amarração.
- ✓ Para acesso à zona de desengate do estropo, utilizar escada de mão.
- ✓ Para o desengate de suspensões a alturas superiores a 1.7 m utilizar acesso adequado que poderá ser escadas de mão desde que devidamente lançadas.
- ✓ Para painéis com alturas superiores a 1.5 metros ou aquando dos trabalhos nos bordos da laje, montar plataforma de apoio.
- ✓ Prever ou adaptar o escoramento a utilizar de modo a que se possa dispor de uma plataforma de trabalho suficientemente ampla e protegida para todas as operações associadas à montagem da cofragem.
- ✓ Proceder à amarração correta dos estropos de movimentação.
- ✓ Proceder à arrumação estabilizada dos painéis.
- ✓ Quando não existir plataforma de trabalho adequada, garantir proteção individual contra quedas em altura dos trabalhadores envolvidos na operação.
- ✓ Retirar ou cortar os ferros das tijes (caso sejam aplicadas).
- ✓ Se for necessário recorrer a iluminação artificial esta deverá iluminar quer a zona de trabalho quer os acessos de tal modo que garanta luz suficiente sem provocar ofuscamento.
- ✓ Se o escoramento dos taipais tiver de ser aplicado em zonas destinadas à passagem de pessoas ou veículos, deverão ser criados caminhos alternativos e a zona de aplicação deverá ser eficazmente demarcada.
- ✓ Seguir escrupulosamente a sequência de trabalhos pré-estabelecidas.
- ✓ Sempre que as circunstâncias o aconselhem, demarcar a área de trabalho para evitar a passagem ou permanência de terceiros na zona.

- ✓ Sempre que se justifique, utilizar cordas de manobra.
- ✓ Só desengatar os estropos depois de o painel estar devidamente escorado com prumos bem fixos nos dois extremos.
- ✓ Suspender a movimentação dos painéis com meios de elevação mecânica, no caso de alertas do IPMA para ventos fortes
- ✓ Utilizar capacete e botas com biqueira e palmilha de aço e cinto de segurança sempre que necessário
- ✓ Utilizar engates compatíveis para os estropos de movimentação.
- ✓ Verificar periodicamente os fechos dos taipais da cofragem e, caso existam anomalias, para a betonagem e reparar.

Betonagem - Com balde

- ✓ Proibido carregar acima do peso máximo do balde.
- ✓ Os vibradores de betão deverão ter cabos em bom estado de conservação e protegidos por disjuntores diferenciais de 30mA.
- ✓ Após a betonagem, deverão ser limpos todos os componentes com especial atenção aos dispositivos de abertura e fecho.
- ✓ Deverão ser usadas cordas-guia na movimentação do balde.
- ✓ O balde deverá conter dispositivo de segurança que impeça a descarga acidental.

Betonagem - Com bomba

- ✓ A tubagem deverá estar bem apoiada e amarrada a elementos sólidos resistentes.
- ✓ As uniões das secções deverão ser verificadas antes do início dos trabalhos.
- ✓ A mangueira de descarga deverá ser guiada no mínimo por 2 trabalhadores.
- ✓ Nas operações de desentupimento da conduta da autobomba não se colocar de frente para a abertura.
- ✓ No final da betonagem, verificar a proteção perimetral e, se necessário, adaptar, reforçar ou repor material em falta.
- ✓ Organizar os trabalhos de modo a que permaneçam, no fundo da vala, a menor quantidade de pessoas no mais curto espaço de tempo possível
- ✓ Planear as operações de modo que a execução da sapata seja efetuada logo a seguir à escavação.
- ✓ Procurar posições estáveis aquando da orientação da mangueira distribuidora da bomba.
- ✓ Refazer, se for o caso, os caminhos de circulação sobre as armaduras.
- ✓ Se necessário, criar batentes suficientemente eficazes no sentido de garantir as distâncias de segurança ao coroamento
- ✓ Utilizar capacete, botas com biqueira e palmilha de aço e luvas de PVC.
- ✓ Verificar o estado do terreno, nomeadamente, no que diz respeito a fissuras indicadoras de movimentos perigosos do solo. Se tal se verificar, deverão ser reavaliadas as condições de segurança por pessoa responsável.

Betonagem - Elementos Verticais

- ✓ Antes do início da betonagem e, periodicamente, durante esta operação, verificar os fechos dos taipais da cofragem e, caso existam anomalias, reparar e interromper, se for o caso, a betonagem.
- ✓ Aquando da utilização da bola de limpeza, ninguém deve estar junto à saída do tubo
- ✓ Caso se aplique, verificar as condições de acesso das autobetoneiras, estacionamento da bomba, colocação e circulação do balde e zona de manobras.
- ✓ Colocar escada de acesso às plataformas, amarradas superiormente.
- ✓ Condicionar a circulação e permanência de pessoas na base do pilar.

- ✓ Criar plataformas de trabalho em condições operacionais de segurança e que permitam acesso e permanência em segurança à zona de trabalho.
- ✓ Criar plataformas de trabalho munidas de guarda-corpos. Em alternativa e para pilares com secções médias ou pequenas, pode ser utilizado toro metálico amovível com formato de "L" em planta, desde que respeite as condições da Ficha de Avaliação de Riscos das Plataformas.
- ✓ Definir quem dá orientação ao gruísta e respeitar os sinais convencionais.
- ✓ Evitar durante a operação de vibração o contacto da cabeça da agulha com a cofragem. Se tal não for possível, os trabalhadores envolvidos na operação deverão utilizar proteção auricular.
- ✓ Instalar rede elétrica provisória protegida com diferencial de 30 mA.
- ✓ Os vibradores deverão ser colocados de tal modo que a movimentação da agulha se possa fazer de um modo simples e sem recurso a esforços adicionais.
- ✓ Respeitar os ritmos de betonagem pré-estabelecidos.
- ✓ Se a cofragem utilizada estiver dotada de plataformas acopladas, verificar antes do início dos trabalhos as condições de segurança das mesmas, nomeadamente no que diz respeito aos vãos livres.
- ✓ Se coexistirem, na execução dos muros de suporte, trabalhos de desaterro, criar faixa de proteção à zona de trabalho, tendo em conta os movimentos das máquinas (ter atenção à giratória) e à estabilidade do terreno (respeitar talude natural).
- ✓ Utilizar capacete, botas com biqueira e palmilha de aço e luvas de PVC com cano médio.
- ✓ Utilizar preferencialmente balde de descarga de fundo, com comprimento de mangueira adequado.
- ✓ Verificar periodicamente os fechos dos taipais da cofragem e, caso existam anomalias, para a betonagem e reparar.
- ✓ Verificar se o ferro em espera constitui risco de perfuração para os trabalhadores. Se tal se verificar dobrar, bolear ou proteger as pontas que constituam risco.

Betonagem - Elementos Horizontais

- ✓ Assegurar a existência de proteções perimetrais em todos vãos livres.
- ✓ Assegurar acesso permanente à zona da laje.
- ✓ Caso se justifique, iluminar convenientemente a zona da autobomba e da betonagem.
- ✓ Controlar a conservação e a compatibilidade de todos os elementos do escoramento.
- ✓ Estabilizar a autobomba, tendo o cuidado de degradar a carga das sapatas com apoios adequados.
- ✓ Evitar descarga tangencial.
- ✓ Garantir a verticalidade dos prumos.
- ✓ Garantir que a "linha" de betonagem está bem acoplada entre si.
- ✓ Instalar rede elétrica, tendo em conta a sequência da betonagem, garantindo a existência de disjuntor diferencial a montante de 30 mA.
- ✓ Junto ao bordo da laje/tabuleiro, procurar permanecer de frente para o bordo.
- ✓ Logo que a cura do betão o permita, colocar tubos VD no bordo da laje, de modo a criar reserva para a colocação de prumos de guarda-corpos.
- ✓ Não utilizar ferros verticais como indicadores de nível, a não ser que "boleados".
- ✓ Nas operações de desentupimento da conduta da autobomba, não se colocar de frente para a abertura.
- ✓ No piso inferior ao da betonagem deve ser impedido o seu acesso.
- ✓ Organizar o trabalho de talochar de modo a que o "nível laser" não atinja acidentalmente os olhos dos trabalhadores.
- ✓ Procurar posições estáveis aquando da orientação da mangueira distribuidora da bomba.
- ✓ Refazer, se for o caso, os caminhos de circulação sobre as armaduras.
- ✓ Respeitar os ritmos de betonagem pré-estabelecidos.
- ✓ Segurar a manga da betonagem junto aos bordos e sempre orientada para os vãos.
- ✓ Utilizar capacete, botas de cano alto com biqueira e palmilha de aço, luvas de PVC e

eventualmente óculos de proteção.

Escoramento ao solo - CIMBRE

- ✓ Organizar os trabalhos de modo a garantir uma sequência lógica na movimentação do material.
- ✓ Controlar a conservação e a compatibilidade de todos os elementos do escoramento.
- ✓ Garantir um comportamento adequado do terreno.
- ✓ Colocar bases sólidas e adequadas à degradação correta das cargas.
- ✓ Proceder ao desvio de águas de modo a que as ocorrências pluviais não degradem o terreno de apoio.
- ✓ No escoramento em declive, executar banquetas garantindo a sua geometria ao longo do tempo.
- ✓ Montar de tal modo que se garanta a verticalidade dos prumos resistentes.
- ✓ Utilizar plataformas auxiliares de montagem nos diferentes níveis de trabalho munidas de guarda corpos.
- ✓ Garantir a geometria pré-estabelecida da malha do escoramento.
- ✓ Nos casos pontuais em que a sequência do trabalho não permita a utilização de plataformas adequadas e sempre que exista risco de queda superior a 2 m, deverá ser utilizado arnês de segurança.
- ✓ Cumprir rigorosamente as especificações do fabricante no que diz respeito aos alongamentos dos fusos e ao espaçamento do travamento horizontal.
- ✓ Em caso de tráfego rodoviário proteger a base do cimbre contra embates laterais com NEW Jersey's de betão solidamente fixados ao solo.
- ✓ Os PMB deverão manter um afastamento mínimo da estrutura de escoramento igual ou superior a 5 cm.
- ✓ Sempre que um escoramento interrompa ou condicione um caminho de peões deverá criar-se uma alternativa devidamente sinalizada ou abrir, no escoramento, uma passagem devidamente calculada e protegida com uma largura mínima de 80 cm.

Tabela 4 - Medida Preventivas Execução de Estacas

Execução de estacas
Perigos ✓ Presença de vãos abertos ✓ Utilização de produtos químicos ✓ Presença de corrente elétrica ✓ Utilização de equipamentos ✓ Presença de terceiros
Riscos ✓ Queda ao mesmo nível ✓ Queda em altura ✓ Esmagamento ✓ Queda de materiais ✓ Dermatoses ✓ Queda de peças da máquina. ✓ Entalamentos na utilização de ferramentas. ✓ Queda de armadura. ✓ Perfuração ✓ Cortes e dilacerações ✓ Exposição ao ruido e vibrações

Medidas preventivas

- ✓ O equipamento afeto à operação deverá ser previamente verificado com especial incidência no estado de conservação e fixação de peças e elementos suscetíveis de provocar risco de queda de objetos.
- ✓ A zona circundante da boca da estaca deverá ser mantida demarcada e arrumada e nivelada, tendo em conta a estabili-zação dos equipamentos a utilizar. Deverá ser interdita a permanência de pessoas na zona destinada à deposição de material removido.
- ✓ Só é permitida a estabilização da máquina perfuradora sob linhas elétricas nuas, se a distância entre estas e o mastro, na sua extensão máxima, for superior 3 metros no caso de diferenças de potencial igual ou inferior a 60 Kv e 5 metros em diferenças de potencial superiores a 60 Kv.
- ✓ Antes do início da perfuração, o equipamento de perfuração deverá ser estabilizado em terreno firme, recorrendo-se a equipamento auxiliar caso se verifique a necessidade de degradar a carga.
- ✓ O pessoal auxiliar deverá ser, em número, o estritamente necessário à operação e estar coordenado por chefia competente.
- ✓ Os manobradores devem estar habilitados para o trabalho a executar e devem cumprir escrupulosamente os procedimen-tos referentes à substituição ou alongamento de trados, balde, etc.
- ✓ A movimentação de cargas com auxílio de guincho, nomeadamente para movimentação de armaduras, deverá ser executada com recurso a estropos seguros, tendo em conta o preconizado para cabos de aço e lingas.
- ✓ Os pontos de amarração das armaduras devem ser cuidadosamente preparados de modo a conferir-lhes rigidez suficiente nos pontos de suspensão.
- ✓ As aberturas no solo, quando abandonadas, deverão ser convenientemente protegidas por tampas resistentes e travadas lateralmente de modo a não permitirem deslocamentos transversais.
- ✓ É expressamente proibida a utilização do guincho (cabo de queda) para o transporte de pessoas.
- ✓ A montagem, utilização e manobra de trépanos deverá ser alvo de medidas organizativas específicas à operação.
- ✓ Os pontos de amarração das bainhas de encamisamento deverão ser compatíveis com os ganchos de movimentação a utilizar e possuírem resistência suficiente tendo em conta o atrito previsível entre o terreno e o tubo.
- ✓ A utilização de oxicorte auxiliar deverá ser feita por trabalhadores habilitados especificamente naquele tipo de operação.
- ✓ A ocorrência ou suspeita de ocorrência de gases combustíveis na boca da estaca (metano, sulfídrico, etc.) implica a proibição de foguear num perímetro de 5 metros ao redor daquela.
- ✓ Aquando do preenchimento com betão, os trabalhadores afetos a esta operação devem utilizar luvas de PVC, proteção facial e botas de cano alto com biqueira e palmilha de aço.
- ✓ É obrigatória a proteção da cabeça e dos pés em todas as operações.

Descasque de estacas

- ✓ Os ferros verticais da armadura da estaca deverão ser boleados ou encurvados de modo a não constituírem risco para os trabalhadores.
- ✓ Se a operação de descasque tiver de ser efetuada a alturas superiores a 1,20 m do solo deverão ser criadas plataformas de trabalho, em volta da estaca, suficientemente estabilizadas e munidas de guarda-corpos.
- ✓ Deverá ser garantida uma base de apoio estável, no sentido de eliminar o risco de queda sobre a armadura das estacas.
- ✓ O local de trabalho deverá estar organizado de tal modo que não haja interferência entre operações de projeções.
- ✓ O compressor deverá ser colocado de modo a que, quer o ruído emitido, quer os gases de

escape tenham o menor-impacto possível na zona de trabalhos.
- ✓ Os engates da mangueira de transporte de ar deverão estar suficientemente conservados e executados de modo que não permitam o seu desligamento acidental.
- ✓ No caso de trabalho em altura, a mangueira de transporte de ar deverá ser colocada de tal modo que não exerça sobre o martelo tração lateral significativa.
- ✓ É interdita, prejudicial e desnecessária a pressão vertical sobre o martelo exercida com o peito do trabalhador.
- ✓ A recuperação da verticalidade dos varões em espera deverá ser feita com recurso a alavancas apropriadas com braço suficientemente longo e executado a partir de zonas ou plataformas com estabilidade suficiente.
- ✓ Os trabalhadores deverão fazer uso de capacete, protetores auriculares, luvas, filtros (máscaras) para partículas, óculos e botas de proteção

Demolição de Estacas

- ✓ Elaborar estudo prévio sobre a profundidade das escavações e características do terreno.
- ✓ Sinalizar convenientemente as zonas de circulação.
- ✓ Estropos com dimensões corretas para os esforços a efetuar, e equipados com ganchos e respectivas patilhas de segu-rança.
- ✓ Assegurar a contenção dos taludes com entivação adequada.
- ✓ Não provocar sobrecargas nos bordos dos taludes.
- ✓ Manter as distâncias de segurança de linhas elétricas.
- ✓ Os andaimes devem possuir guarda-corpos a 45, 90 cm, rodapé com acesso regulamentar e o piso devidamente assoalhado.
- ✓ Aquando do corte central da estaca, o mesmo deve ser suspenso pelo cabo da grua.

Tabela 5 - Medida Preventivas Estrutura metálica

Montagem de Estrutura Metálica
Perigos ✓ Presença de vãos abertos ✓ Utilização de produtos químicos ✓ Presença de corrente elétrica ✓ Utilização de equipamentos ✓ Presença de terceiros
Riscos ✓ Queda em altura ✓ Queda de objetos ✓ Esmagamento / entalamento. ✓ Electrocução ✓ Queimadura ✓ Incêndio / explosão. ✓ Projetor de partículas.
Medidas Preventivas ✓ Definir zona de armazenagem temporária de peças, tendo em conta o diagrama de cargas dos equipamentos, comprimento e geometria das peças a movimentar e interferência com outras atividades. ✓ Organizar a zona de estaleiro onde se vai executar a montagem, de modo a garantir uma arrumação lógica do espaço disponível. ✓ Arrumar todas as peças, nomeadamente as mais pesadas, de modo a que a sua futura movimentação se possa fazer sem que a operação acarrete riscos. ✓ Se forem previsíveis trabalhos noturnos, reforçar a iluminação de tal modo que se evite o mais possível o encandeamento dos trabalhadores. ✓ Nas operações de corte ou de soldadura, respeitar o preconizado para a utilização dos

equipamentos associados. ✓ Na elevação de estruturas metálicas, utilizar estropos adequados e em perfeito estado de conservação, assegurando a amarração inequívoca da peça/estrutura. ✓ Antes de fazer a movimentação de qualquer estrutura pré-montada, avaliar a carga envolvida e confrontar esse valor com o diagrama de cargas da grua, no sentido de verificar a viabilidade da manobra. ✓ Imediatamente antes de qualquer movimentação de estruturas, verificar se existe algum elemento ou peça solta, suscetível de cair durante a operação. ✓ Na utilização de meios de elevação/movimentação de cargas, respeitar o preconizado para a utilização de tais equipamentos. ✓ Durante a colocação da estrutura no fuste, dever-se-á interditar a permanência ou passagem de peões na zona circundante da sua base (calculada caso a caso, conforme o tipo de operação). ✓ Durante a montagem, sempre que não seja possível utilizar plataformas seguras e protegidas, deverão os trabalhadores sujeitos ao risco de queda de altura, utilizar cinto de segurança, preferencialmente do tipo arnês. ✓ Caso se verifique a necessidade de, no decurso dos trabalhos em altura, os executantes percorrerem distâncias consideráveis, utilizar aparelhos do tipo JRG com cabo de enrolamento compatível com as distâncias previstas. ✓ Utilizar capacete e botas de biqueira e palmilha de aço. Sempre que se justifique, utilizar luvas de couro, macaco de soldador e viseira de proteção.

Tabela 6 - Medida Preventivas Montagem e Desmontagem de Andaimes

Montagem e Desmontagem de Andaimes
Perigos ✓ Presença de vãos abertos ✓ Utilização de produtos químicos ✓ Presença de corrente elétrica ✓ Utilização de equipamentos ✓ Presença de terceiros
Riscos ✓ Queda em altura ✓ Queda de materiais ✓ Colapso da estrutura ✓ Choque elétrico
Medidas Preventivas ✓ O andaime deverá ser escolhido tendo em conta as necessidades e características do trabalho, nomeadamente nos parâmetros forma, resistência e adaptabilidade. ✓ O andaime deverá corresponder às exigências da EN 12 810. ✓ Organizar junto à frente de trabalho uma área para armazenagem provisória do material de tal modo que seja possível durante a montagem ter acesso aos diferentes elementos segundo o programa de montagem ✓ Rejeitar as peças de madeira que possuam nós soltos ou agrupados, assim como as que apresentem pinturas ou qualquer outro tipo de recobrimento que interfira com a inspeção visual daqueles elementos. ✓ O material constituinte do andaime deverá ser rececionado, rejeitando-se aquele que apresente defeitos estruturais, solda-duras defeituosas ou perda significativa da espessura da parede tendo como referência as especificações do fabricante. ✓ Verificar antes do início da montagem e tendo presente os esforços transmitidos pela estrutura, a estabilidade e resistên-cia do terreno que vai constituir o apoio do andaime. Utilizar, se for o caso, elementos estabilizadores e degradadores da carga.

- ✓ É interdito apoiar a base do andaime diretamente no terreno ou sobre estruturas ou ductos que possam pôr em causa a resistência dos apoios.
- ✓ A montagem da estrutura do andaime deverá ser feita sequencialmente e ter em conta as indicações de montagem do fabricante.
- ✓ Não passar de nível de montagem sem que estejam colocados os elementos mínimos de segurança que permitam a realização da montagem do próximo nível nas condições de segurança pré-estabelecidas.
- ✓ Fixar as poleias para içamento de peças só nos locais previstos no projeto.
- ✓ O programa de montagens contemplará a montagem de escadas, de tal modo que a cada nível acabado corresponda um acesso definitivo.
- ✓ Os paramentos retos do andaime deverão ser amarrados a cada 20 m2 de fachada e no mínimo a partir de uma altura =<a 4 vezes a aresta menor da base.
- ✓ A utilização de redes envolventes do andaime implica amarrações mais exigentes que deverão ser calculadas em função dos esforços dinâmicos previsíveis.
- ✓ A amarração do andaime deverá ser feita preferencialmente por elementos rígidos. De qualquer modo a amarração deverá garantir a verticalidade da estrutura.
- ✓ Todas as plataformas de trabalho deverão estar dotadas de tábuas de pé que preencham integralmente todo o vão dispo-nível. As plataformas de trabalho terão obrigatoriamente rodapé com pelo menos 15 cm, guarda-corpos intermédio a 45 cm e guarda-corpos a 1 m de altura.
- ✓ Os guarda-corpos deverão ser suficientes e resistentes.
- ✓ O vão livre entre a prumada do andaime e a estrutura de construção não deverá ser superior a 25 cm. Para distâncias superiores a 25 cm e inferiores a 60 cm dever-se-á montar um guarda-corpos a uma altura das tábuas de pé superior a 40 e inferior a 75 cm.
- ✓ Se for previsível a utilização frequente de equipamentos elétricos ou se existir o risco, mesmo que remoto, de a estrutura do andaime entrar em tensão, a estrutura deverá ser dotada de cabo de terra.
- ✓ O andaime deverá ser dotado de acessos convenientes, preferencialmente feitos pelo seu interior.
- ✓ A altura máxima medida na vertical a ser vencida por uma escada sem patamar será de 6 metros.
- ✓ Imediatamente a montante do cabo elétrico, existirá, intercalado no circuito, um disjuntor diferencial com sensibilidade de 30 mA.
- ✓ Sempre que, por imperativos de trabalho, se verifique a necessidade de deslocações horizontais ou verticais superiores a 3.00 metros e em que exista o risco de queda, serão utilizados aparelhos paraquedas (tipo JRG) intercalados entre o arnês e o ponto de suspensão.
- ✓ O pessoal encarregado da montagem, sempre que tenha de se deslocar em locais não protegidos contra a queda de pes-soas, utilizará cinto de segurança tipo arnês.
- ✓ Respeitar escrupulosamente o projeto de execução da estrutura.
- ✓ Organizar o trabalho de modo a eliminar, tanto quanto possível, a execução de tarefas sobrepostas.
- ✓ O aporte de corrente elétrica à zona de montagem deverá ser feito através de cabo flexível amarrado, a espaços regula-res, à estrutura de andaime já montada.
- ✓ O acesso ao andaime está condicionado, pelo que só o poderão utilizar as pessoas devidamente autorizadas.
- ✓ O Técnico de Prevenção ou as chefias da obra vedarão o acesso ao andaime a pessoas que, mesmo que autorizadas, apresentem indícios de perturbações funcionais ou psicológicas, que possam pôr em causa a segurança dos próprios ou de terceiros.
- ✓ A armazenagem de materiais sobre as plataformas de pé deverá ser reduzida ao mínimo indispensável.
- ✓ A utilização do andaime deverá ser tal que não se verifique uma concentração de cargas adicionais sobre as tábuas de pé. Nunca ultrapassar mais que 1/4 da carga de rotura previsível

das tábuas de pé no seu momento mais desfavorável.
- ✓ A remoção, mesmo que pontual, de qualquer elemento estrutural ou peça de travamento das tábuas de pé, só poderá ser feita com autorização prévia da Direção de Obra.
- ✓ Não é permitido colocar peças em "balanço" para o lado exterior do andaime, a não ser que se encontrem solidamente amarradas á estrutura.
- ✓ É proibida a deslocação horizontal ou vertical por outros meios que não sejam as escadas verticais e plataformas de pé.
- ✓ É proibida a execução de tarefas sobrepostas, isto é, a execução de tarefas em dois ou mais níveis com sobreposição vertical.
- ✓ Periodicamente, deverá ser feita limpeza às plataformas do andaime.

Tabela 7 - Medida Preventivas Execução de escavação, aterro, compactação e entivação

Execução de Escavação, Aterro, Compactação e Entivação
Perigos ✓ Presença de obstáculos ✓ Utilização de produtos químicos ✓ Presença de corrente elétrica ✓ Utilização de equipamentos ✓ Presença de terceiros
Riscos ✓ Desabamento de estruturas vizinhas ✓ Soterramento ✓ Interferência com redes técnicas (elétricas, águas e gás) ✓ Queda de pessoas ✓ Queda de materiais ✓ Projeção de materiais ✓ Explosão ✓ Electrocução ✓ Esmagamento
Medidas de Prevenção ✓ Antes do início do trabalho de abertura da escavação obter toda a informação sobre a existência de eventuais redes téc-nicas (eletricidade, gás ou água) e, face à informação obtida, definir o plano de prevenção para os riscos identificados. ✓ Eliminar, remover ou proteger (suportar) todos os objetos que ofereçam risco de desprendimento na fase de escavação. ✓ Se necessário, abrir uma valeta impermeável a uma distância razoável do perímetro da escavação, para evitar que esta seja inundada por uma linha de água ou que venham a acontecer desprendimentos devidos à presença da água. ✓ Devem ser construídos acessos separados à escavação, para pessoal e para veículos. ✓ Se necessário, dependendo da profundidade da escavação, colocar escadas de mão para facilitar o acesso. ✓ Os veículos e máquinas usadas devem ser homologadas e providas de sinalização luminosa e acústica em bom funciona-mento. ✓ Por sistema, toda a escavação com mais de 1,30 m de profundidade e uma largura igual ou inferior a 2/3 da sua profundi-dade deve ser entivada. ✓ Para escavações com menor profundidade, a necessidade de entivação é ditada pela natureza geológica do terreno e pelos fatores envolventes, como sejam a proximidade de circulação de veículos (provocam vibrações que afetam a coesão do terreno), a proximidade de linhas de águas pluviais. ✓ Nas escavações abertas em passeios ou outros locais não sujeitos a vibrações, devem ser colocadas longitudinalmente ao longo da vala costaneiras contínuas, travadas por meio de

escoras de forma a conter a desagregação do terreno adjacente.
- ✓ Nas escavações efetuadas nas faixas de rodagem ou perto destas a entivação deve ser sempre realizada.
- ✓ Prolongar os elementos de entivação acima da superfície da escavação (15 cm pelo menos).
- ✓ Evitar toda a deposição de materiais ou resíduos que possam provocar a sobrecarga no coroamento da escavação;
- ✓ A colocação de materiais ou sobrecargas a uma distância do coroamento superior a 1/3 da profundidade da escavação, de modo a:
- ✓ Não criar risco de desmoronamento para dentro da escavação
- ✓ Não impedir a circulação rodoviária e pedonal; evitar a obstrução de passeios, entradas de edifícios, garagens, locais de utilização de serviços públicos, saídas de emergência, bocas-de-incêndio, etc.
- ✓ Não impedir o escoamento de águas pluviais;
- ✓ Não obstruir sumidouros e valetas.
- ✓ Os materiais novos e escavados reutilizáveis devem ser depositados por espécies, sempre que possível de um dos lados da escavação, afastados, pelo menos, 30 cm dos bordos da mesma.
- ✓ Proteger e sinalizar todo o perímetro da escavação.
- ✓ As escavações abertas perto de caminhos públicos, ou com passagem de animais, devem ser protegidas com painéis, redes ou guardas longitudinais protetoras, com altura e resistência adequadas, colocadas a uma distância adequada do perímetro da escavação, de forma a garantir a segurança dos peões ou viaturas.
- ✓ Devem ser colocados passadeiras adequadas nas zonas de transposição da escavação; as passadeiras devem ser protegi-das com guardas laterais.
- ✓ As guardas longitudinais da escavação e as guardas laterais das passadeiras devem incluir uma barra colocada a cerca de 30 cm do pavimento para proteção de invisuais e crianças.
- ✓ Organizar o trabalho de modo a que a vala permaneça aberta o mais curto espaço de tempo.
- ✓ Se, durante a escavação, forem encontradas lajetas, redes ou outro tipo de materiais para sinalizar canalizações enterradas não previstas no projeto, parar de imediato os trabalhos, até que seja definida uma estratégia segura para a continuação dos mesmos.
- ✓ Vedar ou sinalizar convenientemente a vala e sinalizar os locais em que exista circulação de veículos ou pessoas.
- ✓ Condicionar a circulação de veículos, de modo a reduzir ao mínimo as vibrações nos terrenos vizinhos da escavação.
- ✓ No caso de se prever a aproximação de veículos ao bordo da vala para transporte de materiais, criar um "batente" que ga-ranta a paragem do veículo a uma distância segura (em princípio 4 metros do coroamento).
- ✓ Se for previsível a utilização de equipamento de levantamento e transporte de cargas, escolher as características da má-quina tendo em conta que a estabilização do equipamento deverá ser feita, em média, a pelo menos dois metros do coroamento da vala.
- ✓ Para profundidades superiores a 1.3 metros, aproximar a inclinação do talude ao talude natural ou entivar.
- ✓ A entivação deverá ser dimensionada e realizada por técnico responsável.
- ✓ Para a realização da entivação deverão ser analisados os seguintes fatores:
  - natureza e composição do terreno;
  - grau de humidade do terreno;
  - altura da escavação;
  - sobrecargas a suportar pelos terrenos confinantes com a vala.
- ✓ A proteção e sinalização das valas devem ser verificadas com uma periodicidade tal que garanta a permanência em bom estado das proteções e da sinalização.
- ✓ Calcular a largura da vala para o tipo de trabalho a executar, tendo em atenção que a largura da vala está também relacionada com a profundidade da mesma.
- ✓ Não permitir a passagem ou permanência de pessoas junto aos camiões na operação de carga.

- ✓ Não carregar os camiões com elementos que pela sua instabilidade possam rolar para além dos taipais.
- ✓ Sempre que pela natureza da escavação, da envolvente e da organização do trabalho não se justifique a proteção física deverá o bordo da escavação ser sinalizada.
- ✓ Recolha de toda a informação disponível sobre rede existente na área de intervenção, nomeadamente no que diz respeito ao local, ao tipo de rede, aos diâmetros, etc., e se possível solicitar a sua descativação.
- ✓ Identificar os procedimentos de segurança a ter em conta, tendo presente o tipo de trabalho a executar, as características da rede, a sua idade, etc.
- ✓ Fazer informação/formação, a todo o pessoal interveniente na zona, sobre os riscos e as medidas de prevenção a adotar.
- ✓ A organização do trabalho deve garantir um afastamento seguro dos trabalhadores não envolvidos no trabalho.
- ✓ Será identificado no terreno, segundo o desenho fornecido pelas entidades, o traçado da rede e sinalizados os seus alinha-mentos com bandeirolas.
- ✓ O desaterro de aproximação à rede será feito numa primeira fase recorrendo a equipamentos mecânicos pesados que fa-rão uma aproximação até cerca de 40 cm da marcação, se existir. Seguidamente o desaterro poderá ser feita com meios mecânicos manuais, sendo a última fase, sobre a marcação, feita com ferramentas manuais.
- ✓ Previamente será feita uma sondagem manual no sentido de identificar qual o tipo de pré-sinalização e ao mesmo tempo definir, de um modo aproximado, a cota a que se encontra a linha.
- ✓ Conforme a rede colocada a descoberto, será executado sistematicamente um controlo visual, no sentido de avaliar o estado de conservação da mesma e a avaliação de possíveis estragos introduzidos pelo trabalho.
- ✓ Caso se detetem fissuras significativas no isolamento exterior dos cabos elétricos, recorrer-se-á à opinião de peritos, no sentido de identificar a melhor atitude a tomar (reforço do isolamento, corte e ligação, descativação da linha, etc.).
- ✓ Caso se verifiquem perdas significativas de isolamento ou fissuras anormais, serão utilizados equipamentos de proteção individual (luvas dielétrica) para o manuseamento do cabo, sem prejuízo de prévia comunicação à entidade exploradora da linha.
- ✓ A movimentação e reparação dos cabos danificados deverão ser executadas por pessoal credenciado.
- ✓ Durante o período em que as redes ficam a céu aberto, devem ser convenientemente protegidos de agressões mecânicas.
- ✓ As tubagens da rede de gás serão mantidas apoiadas de modo a evitar flecha do tubo.
- ✓ Na aproximação à tubagem do gás ter em atenção a fibra ótica que normalmente segue paralela ao tubo na sua parte superior.
- ✓ Na frente de trabalho existirá, operacional e em permanência, um meio de comunicação e contactos dos exploradores das redes.
- ✓ Assegurar o controlo da atmosfera na vala, nomeadamente se se suspeitar da existência de gases combustíveis e/ou tóxicos.
- ✓ O controlo da explosividade deverá ser quase permanente se se suspeitar da existência de gases combustíveis ou se for previsível a utilização no seu interior de chama aberta ou equipamento sem características antideflagrantes.
- ✓ Vedar ou sinalizar convenientemente a vala e sinalizar luminosamente os locais em que exista circulação de veículos ou pessoas.
- ✓ Condicionar a circulação de veículos, de modo a reduzir ao mínimo as vibrações nos terrenos vizinhos da escavação.
- ✓ Dotar a escavação com acessos (escadas de mão) e colocá-los na abertura de modo a assegurar caminhos de fuga sufi-cientes, de tal modo que a distância máxima a percorrer na vala para atingir uma escada não seja superior a 7.5 metros.

- ✓ Se for previsível a utilização de equipamento de levantamento e transporte de cargas, escolher as características da má-quina tendo em conta que a estabilização do equipamento deverá ser feita em média a pelo menos dois metros do coroamento da vala.
- ✓ Em valas entivadas, se se verificar que a bombagem direta arrasta muitos finos, optar por executar bombagem indireta.
- ✓ Para profundidades superiores a 1.3 metros, aproximar a inclinação do talude ao talude natural ou entivar.
- ✓ A entivação deverá ser dimensionada e realizada por técnico responsável.
- ✓ Para a realização da entivação deverão ser analisados os seguintes fatores:
  -Natureza e composição do terreno,
  -Grau de humidade do terreno,
  -Altura da escavação,
  -Sobrecargas a suportar pelos terrenos confinantes com a vala.
- ✓ A entivação deverá ficar sobreelevada 15 cm da cota superior do terreno.
- ✓ Não permitir a colocação de materiais ou sobrecargas a uma distância do coroamento inferior a 1/3 da profundidade da escavação.
- ✓ Manter constante a bombagem da água do fundo da escavação, de modo a não permitir grandes acumulações de líquidos que poriam em causa a estabilidade do terreno. Desviar a água da bombagem para longe da escavação.
- ✓ No caso de se prever a aproximação de veículos ao bordo da vala para transporte de materiais, criar um "batente" que ga-ranta a paragem da vala do veículo a uma distância segura (em princípio 4 metros do coroamento).
- ✓ Na movimentação mecânica de cargas no interior da vala é expressamente proibido colocar-se entre a carga e a parede da vala. O guiamento das cargas deverá ser sempre feito pelos topos.
- ✓ Utilizar capacete de proteção, botas com biqueira e palmilha de aço. De acordo com as condições encontradas, utilizar semi-máscara de filtro físico, filtro químico, luvas e cinto de segurança.

Entivação

- ✓ O equipamento de perfuração só deverá ser manuseado por pessoas habilitadas.
- ✓ Movimentação dos perfis metálicos com dois pontos de suspensão sempre nos estropos.
- ✓ Quando se justifique espiar os perfis metálicos.
- ✓ Para trabalhos acima de 2 metros de altura utilizar plataformas com guarda corpos e acesso.
- ✓ Ligar os aparelhos elétricos a tomada perfeitamente compatível e que possua disjuntores diferenciais de 30 mA.
- ✓ Em operações de soldadura ou corte usar viseira de proteção
- ✓ Seguir escrupulosamente a sequência de trabalhos pré-estabelecida.
- ✓ Garantir as proteções coletivas necessárias.
- ✓ Certificar antes da remoção das pranchas, que não existe risco de aluimento.
- ✓ Não passar com cargas por cima de nenhum trabalhador.
- ✓ Proceder à arrumação estabilizada das pranchas.
- ✓ Utilização dos equipamentos de proteção individual adequados

Entivação Berlinense

- ✓ Seguir escrupulosamente a sequência de trabalhos pré-definida.
- ✓ Colocar corretamente o escoramento dos painéis do muro de "Berlim".
- ✓ Estabelecer comunicação com o gruísta via rádio ou utilizando gestos convencionais.
- ✓ Antes de desapertar o painel da grua, proceder à sua amarração.
- ✓ Antes de mandar içar, verificar a completa libertação do painel.
- ✓ Possuir plataformas de trabalho estáveis e munidas de guarda-corpos, para apoio à betonagem e ancoragens.
- ✓ Durante a betonagem utilizar balde de descarga lateral.

- ✓ Proceder à arrumação estabilizada dos painéis.
- ✓ Retirar ou cortar os ferros das tijes (caso sejam aplicadas).
- ✓ Colocar guardas de segurança no topo do muro de contenção.
- ✓ Utilizar capacete e botas com biqueira e palmilha de aço

3.5 Integração do planeamento

É sabido que muitos acidentes ocorrem devido a planeamento deficiente, pelo que a dimensão 4D BIM é de elevada importância na decisão do modo operatório e implementação das medidas de segurança a considerar. Posto isto, através das funcionalidades do Navisworks é possível encetar algumas ações que possibilitam visualizar, prever e identificar medidas preventivas de uma forma pró-ativa, sendo para isso necessário criar algumas regras como, por exemplo, atribuir à função Sets os elementos do projeto por piso, Figura 19

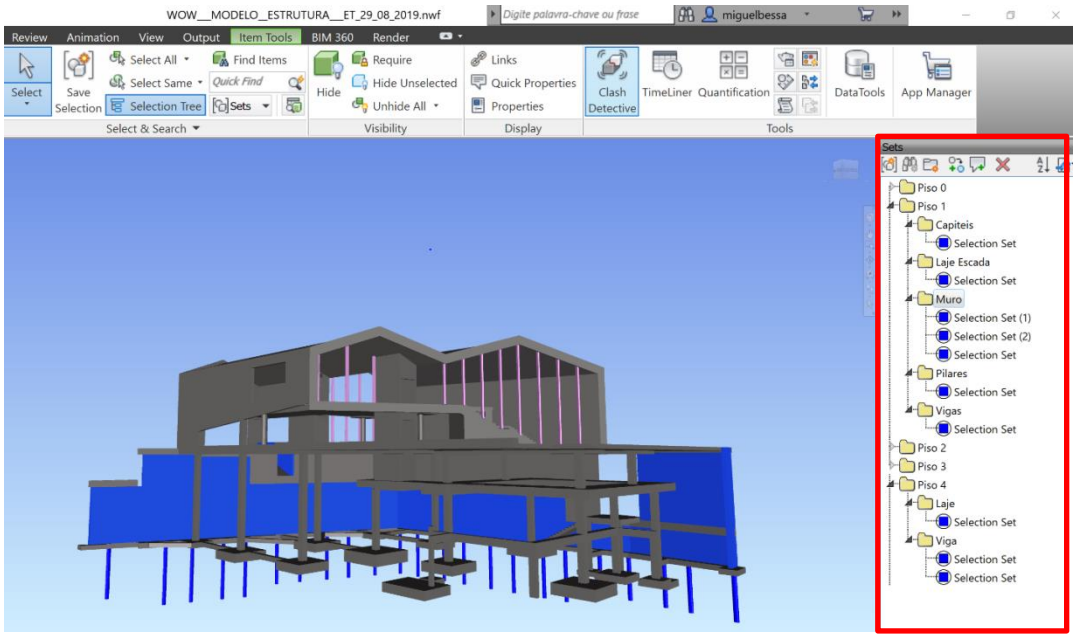


Figura 19 - Vista dos sets

De seguida, poder-se-á optar por adicionar o planeamento através de uma das seguintes formas: diretamente na função *Timeliner* ou através de um *software* de planeamento como, por exemplo, o Project Manager. Aquando da utilização deste último é necessário efetuar os seguintes passos:

1. Extrair o ficheiro como .CSV,
2. Abrir o ficheiro como bloco de notas,
3. Copiar a informação para o Microsoft Word e substituir os pontos e virgulas (;) por vírgulas (,),
4. Copiar a informação final no bloco de notas e gravar o ficheiro.

De seguida, no *Navisworks*, seleciona-se a opção *TimeLiner* na barra de ferramentas e, de seguida, *Data Source*,de forma a inserir o ficheiro .CSV (Figura20).

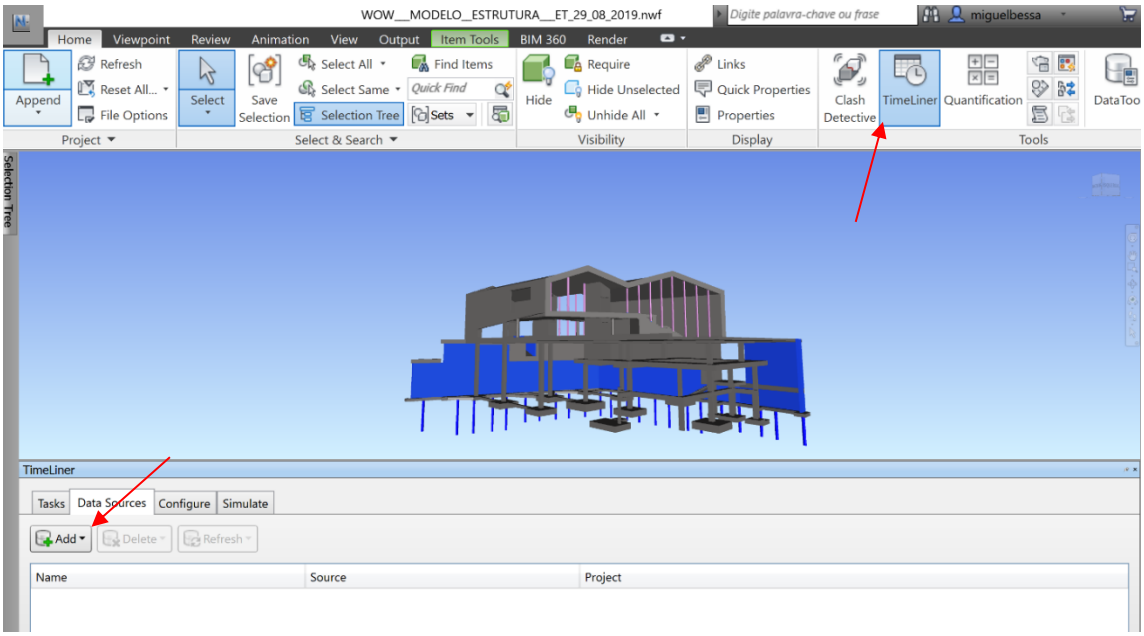


Figura 20 - TimmeLiner e Data Source

Seguidamente é necessário efetuar a relação entre o ficheiro utilizado e os parâmetros do *Navisworks*, Figura 21.

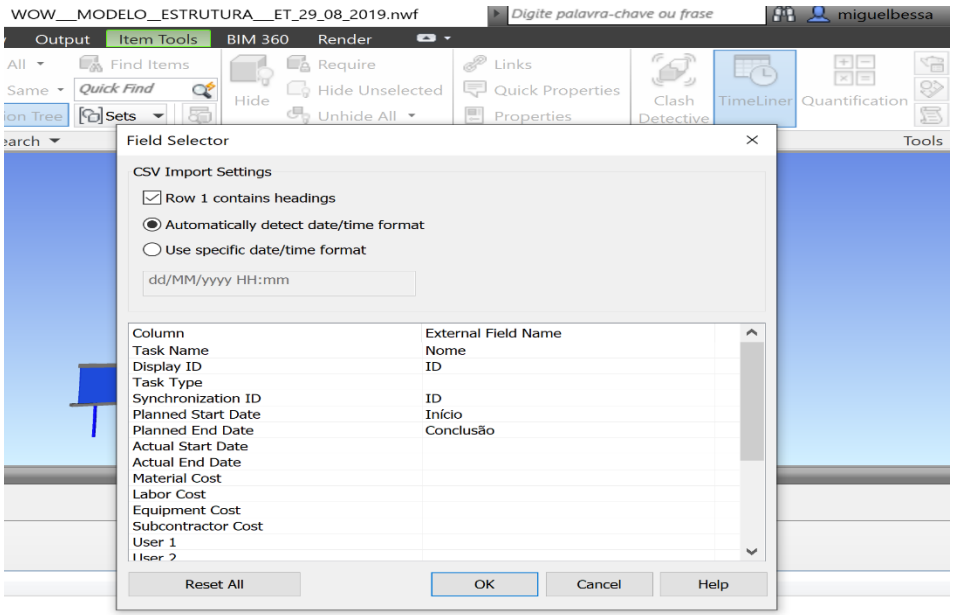


Figura 21 - Seleção de parâmetros

Assim, ao selecionar-se a função *Rebuild Task Hierarchy* obtém-se o cronograma no *software* e também se pode observar o gráfico de Gantt.

Neste momento identificam-se as atividades temporárias de construção ou demolição na coluna *TaskType* e ligam-se os *Sets* anteriormente criados às atividades (Figura 22).

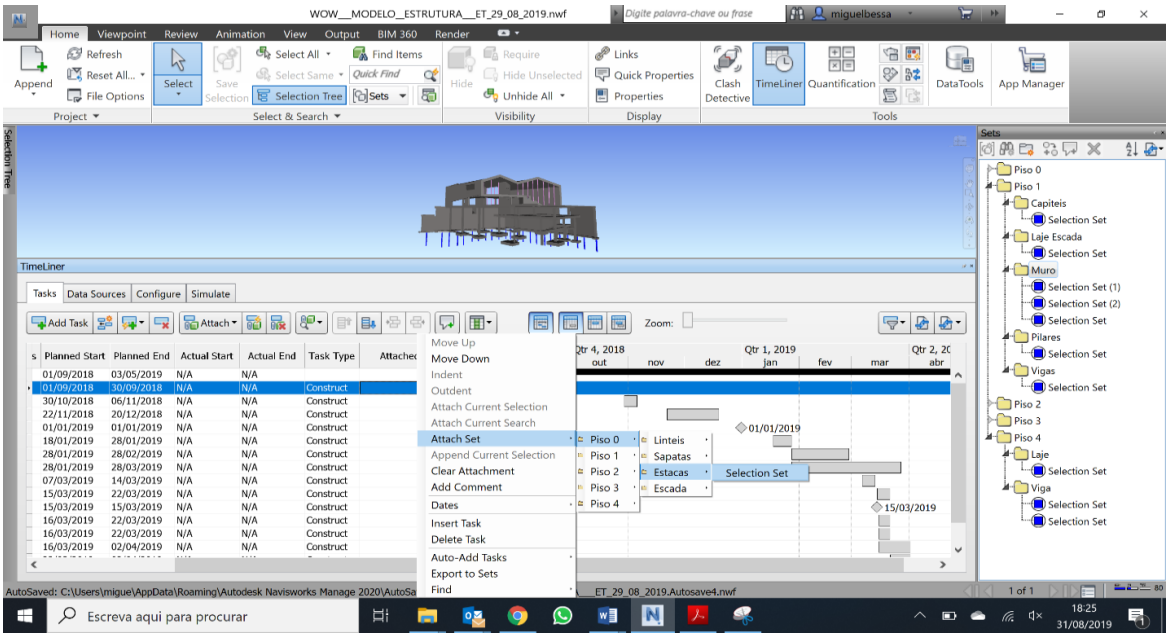


Figura 22 - Relação dos stes com a atividade

Após esta sequência de passos, poder-se-á verificar a evolução do projeto com recurso à ferramenta de simulação, através da qual, no caso de existir uma atividade em atraso, a mesma irá ser identificada com cor vermelha, sendo que a cor verde representa atividades em execução (Fig. 23).

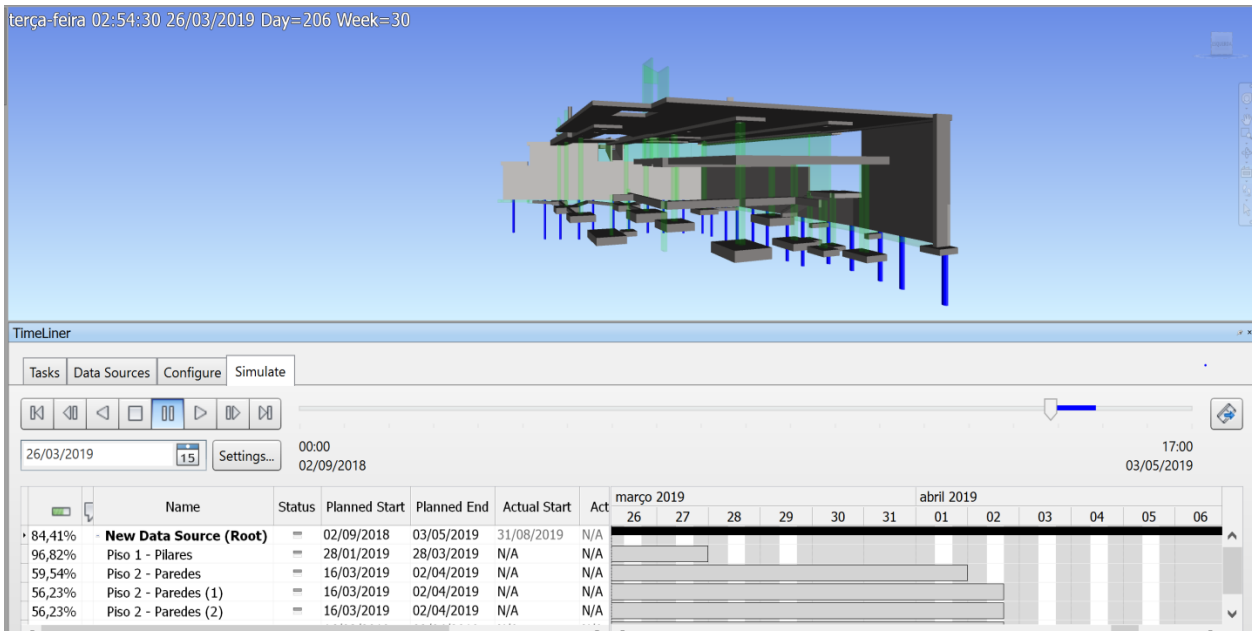


Figura 23 - Planeamento

3.6 Integração das medidas preventivas

A integração das medidas preventivas no projeto tem por base o *workflow* de comununicação representado na figura 24 para uma situação de alteração de projeto.

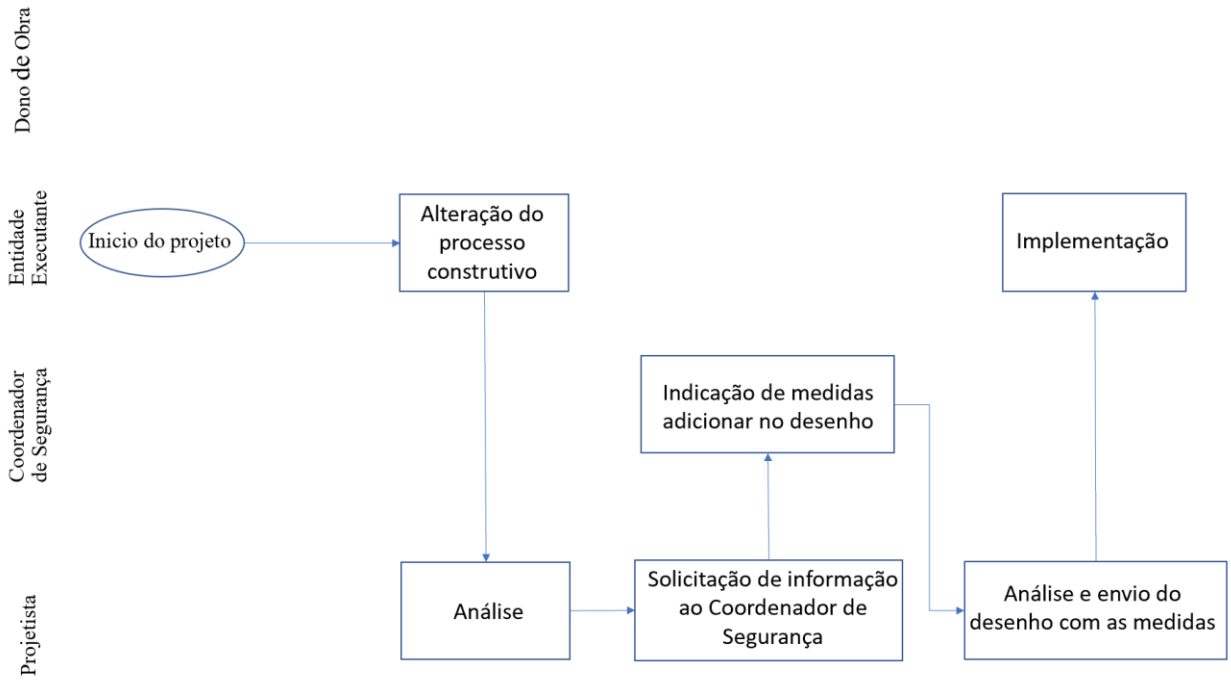


Figura 24 – Worflow medidas preventivas

É nesta perspetiva que o coordenador de segurança, ao receber a solicitação de informações por parte do projetista, pode, utilizando a ferramenta de adição de marcação, adicionar uma nota para a equipa de projeto, alertando estes para as considerações de segurança que o coordenador de segurança julga serem pertinentes para a garantia e promoção da segurança dos intervenientes, conforme demonstra a Figura 25.

No *status* é possível que a pessoa responsável pela revisão do projeto categorize o comentário como resolvido, aceite ou reprovado.

Também existe a possibilidade de adicionar manualmente ligações que permitem às equipas aceder a documentos técnicos, ou outros, relevantes para a execução do projeto. Para tal, é necessário selecionar o local, pressionar o botão direito do rato e selecionar a opção *link*, e adicionar os ficheiros, como exemplificado na Figura 26.

Porém, o coordenador de segurança pode ainda dar indicações de elementos que se encontram em falta no projeto no que concerne à segurança e solucionar a sua colocação. Por exemplo, no futuro é previsível a presença de pessoas ligadas à manutenção na cobertura do edifício para manutenção do mesmo. Tendo isto em atenção, o coordenador de segurança pode enviar aos

projetistas modelos de guarda-corpos (Figura 27) a serem colocados e/ou sistemas de linha de vida horizontal (Figura 28).

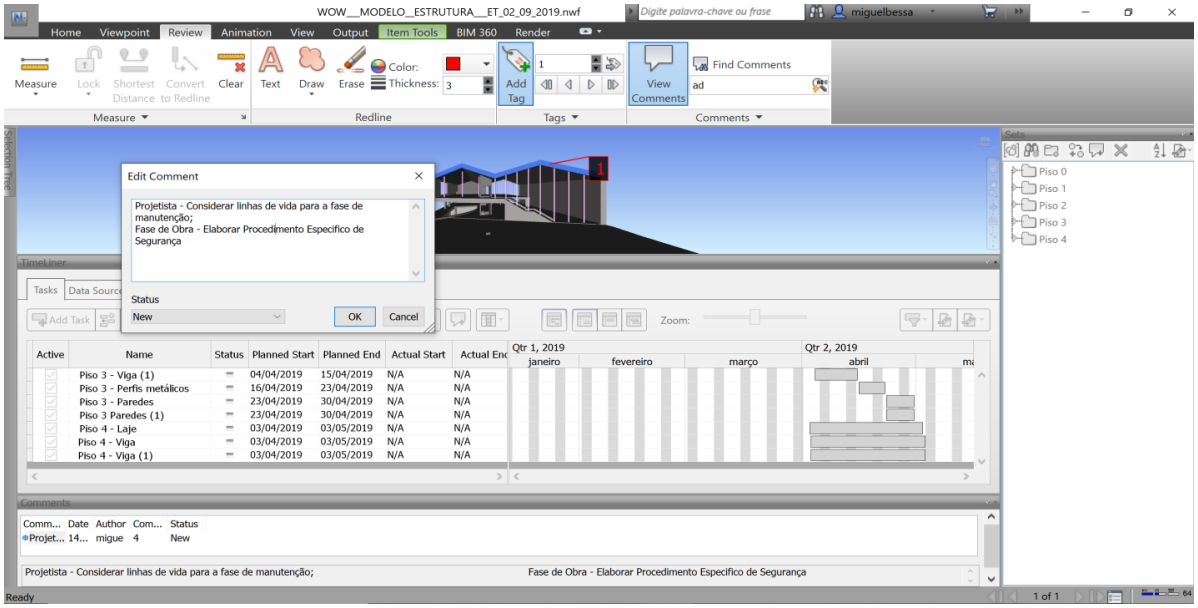


Figura 25 - Adição de comentário

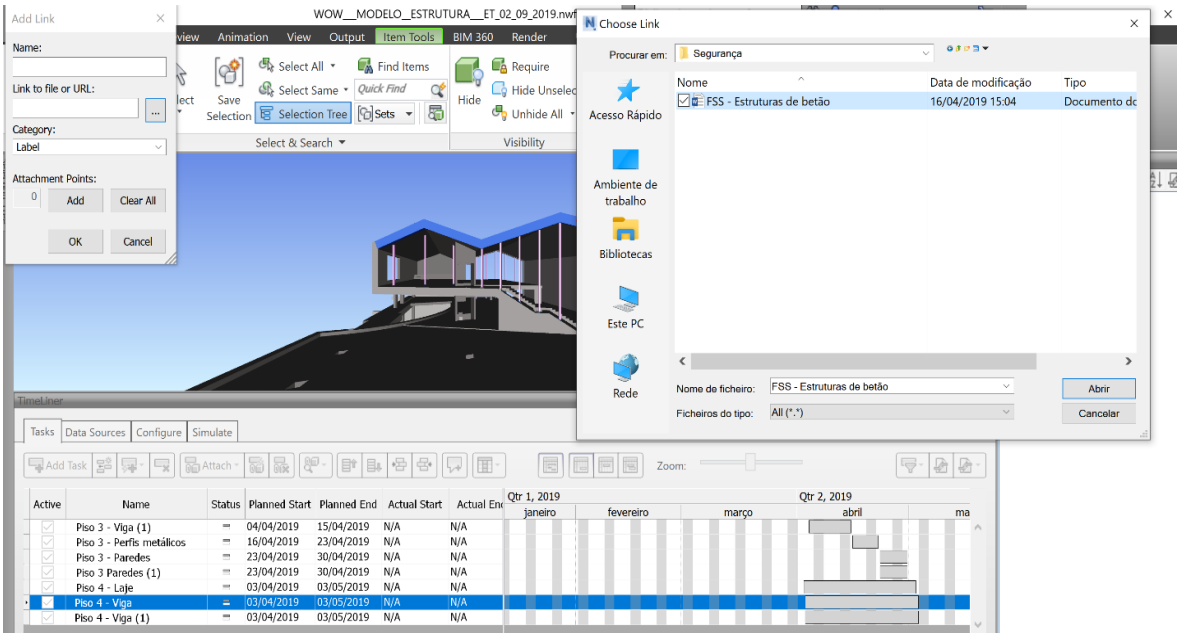


Figura 26 - Adição de documentos

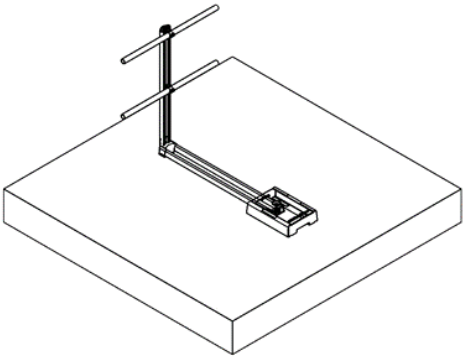


Figura 27 - Guarda-corpos[12]

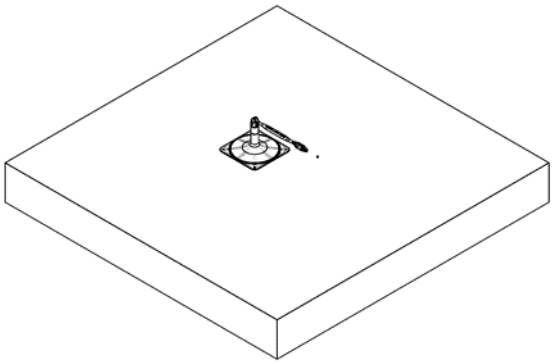


Figura 28 - Ancoragem linha de vida horizontal[13]

Por outro lado, a coordenação de segurança também pode solicitar à entidade executante clarificação relativamente à posição e sobreposição das gruas, segundo o *workflow* de comununicação na Figura 29, podendo esta informação ser enviada conforme demonstra a Figura 30, que permite uma melhor visualização em comparação com o modelo tradicional e a implementação de medidas e gestão da logística de uma forma bastante mais fácil.

[12] XSPlatforms
[13] XSPlatforms

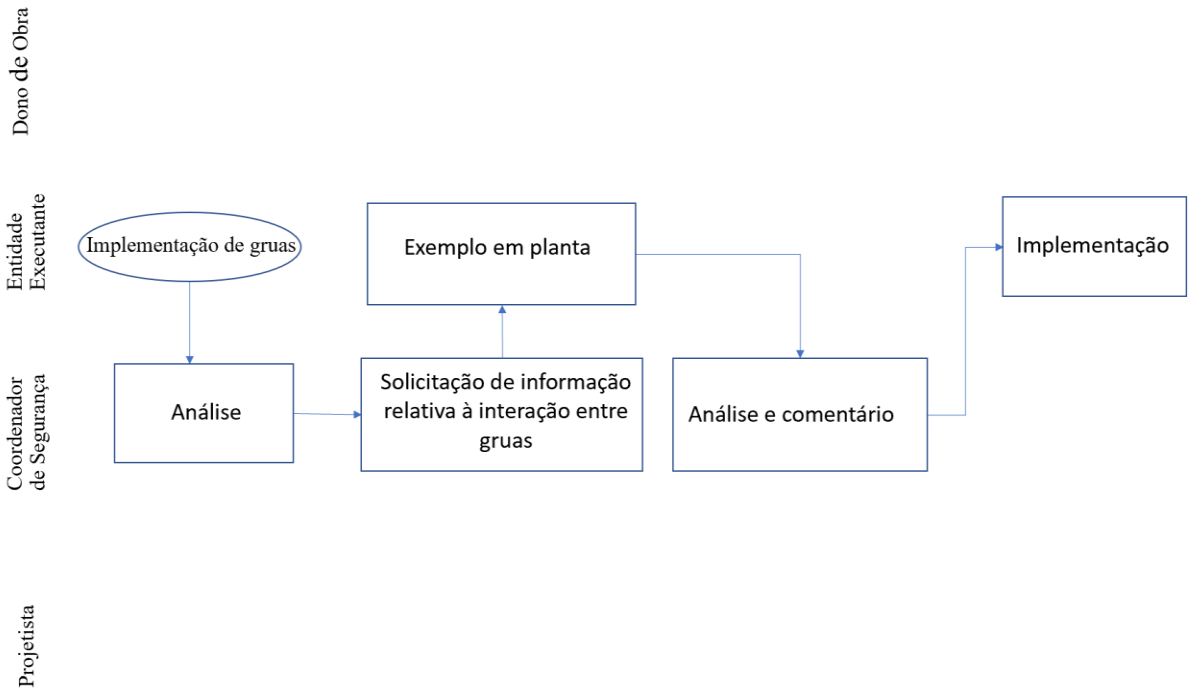


Figura 29 - Workflow implementação de gruas

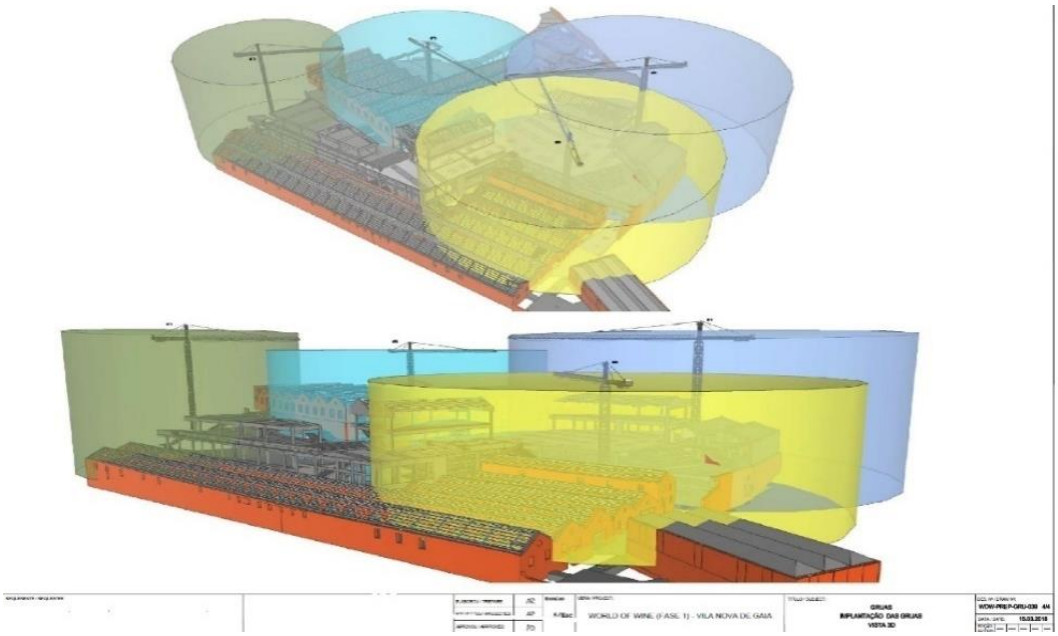


Figura 30 - Interceção de gruas

PARTE 2

4 RESULTADOS

Na sequência do trabalho desenvolvido, verificou-se que a metodologia BIM permite uma melhor visualização da sequência das atividades e, consequentemente, facilita a identificação dos locais em que é necessário proceder a alterações prévias no que toca, por exemplo, à instalação de proteções, às atividades sobrepostas e a outras situações que no modelo tradicional, por ser mais sujeito ao erro humano, dificilmente poderiam ser objeto de uma abordagem e verificação que se pretende isenta. Também se verificou que esta metodologia, por implicar o contributo dos profissionais envolvidos no projeto, permite uma maior cooperação e interação entre os *stackeholders*, o que conduz a uma comunicação mais fácil e a uma interação mais envolvente entre as partes, ao longo de todas as fases do projeto

4.1 Discussão de resultados

A elaboração deste trabalho consistiu em desenvolver um sistema de coordenação de segurança durante a fase de execução de uma obra bem como efetuar o planeamento integrado produção/segurança apoiado na dimensão 4D BIM e com recurso à utilização do software *Navisworks* tendo em vista a obtenção dos resultados.

O *Navisworks* permite, através da ferramenta de deteção de conflitos, prever futuros acontecimentos e incompatibilidades de uma forma bastante mais fácil e rápida, mas não dispensa a existência de um fator verdadeiramente essencial: um planeamento prévio o mais pormenorizado possível (Vaz Pinto, D.S.M.,2017).

A metodologia BIM, possibilitando, desde a fase de planeamento até à demolição, passando pela construção e manutenção, a integração de ferramentas, processos e tecnologias aplicáveis a todo o ciclo de vida dum projeto, permite uma maior cooperação entre os todos os intervenientes de uma forma mais fácil e objetiva.

Comparando esta funcionalidade e o que advém da sua utilização com a experiência profissional que possuo, verifico a existência de mais-valias especialmente no que concerne à produtividade onde a informação é fácil de obter, comentar, corrigir e reencaminhar, evitando-se assim os atuais processos moroso e dispendiosos, como por exemplo, pedidos de esclarecimento, alterações ao projeto, erros e omissões, etc.

Com a consulta de especificações disponibilizadas pela BSI, verifica-se a existência de um conjunto de processos que devem ser implementados de forma a garantir proteção contra ataques cibernéticos, garantindo que todas as alterações efetuadas no projeto ficam registadas e não são suscetíveis de se perderem ou serem alteradas por intrusos. Os programas utilizados atualmente, por não serem baseados em sistemas de nuvens, poderão ser mais confiáveis; contudo, isto não pressupõe que não possa existir alteração ou extravio de informação contida nestes, pelo que considero que se as especificações e proteções propostas por entidades regulamentadoras serão capazes de garantir um sistema fiável.

Como exemplificado na Figura 25 e 26, é possível inserir informações, especificações e/ou documentos no desenho permitindo não só uma discussão entre os envolvidos no processo construtivo, como, por exemplo, a validação de medidas de proteção a implementar em determinada fase do projeto. A Figura 31, é um exemplo da implementação do solicitado nas figuras anteriormente referidas.



Figura 31 - Vista da obra

Neste seguimento, aliando o planeamento inserido no *Navisworks* e através de regras previamente criadas no *software* de desenho, como, por exemplo, o *Revit*, é possível obter-se de forma automática e bastante fidedigna os mapas de quantidades necessários para a execução da empreitada. Neste caso, o mapa de quantidade fornecido pela equipa de projeto poderá já incluir as medidas de proteção coletiva, como, por exemplo, o número de guarda-corpos necessários tendo em consideração a fase do projeto, evitando assim o processo moroso de medição de cada vão a proteger.

A utilização da realidade virtual e de ilustrações concebidas com base no projeto, conforme realçam os autores Zou et al., 2017 e Li, Lu, Hsu, Gray, & Huang, 2015, demonstram uma capacidade e potencialidade de extrema relevância na transmissão de instruções técnicas que os colaboradores deverão adquirir e reconhecer na execução da sua função de modo a reduzir a exposição ao risco.

Como já foi referido anteriormente, a possibilidade de anexar documentação e informação diretamente no desenho permitindo que a mesma seja analisada durante a execução da obra é uma mais-valia significativa. Esta mais-valia ir-se-á manter durante o ciclo de vida do edifício, sendo que toda a informação que atualmente se insere em formato 2D, fichas técnicas de equipamentos e instruções de segurança na compilação técnica da empreitada, é assim passível de ser compilada e armazenada informaticamente em um só local.

5 CONCLUSÕES E PERSPETIVAS FUTURAS

5.1 Conclusão

A utilização de vários documentos em suporte de papel ou digital de modelos 2D implica uma manipulação, visualização espacial e interpretação nem sempre fácil e torna todo o processo de análise de compatibilidades, planeamento e gestão da segurança e da construção bastante difícil, moroso e, por vezes, impede que se consiga atingir o objetivo pretendido de uma forma satisfatória.

A metodologia BIM proporciona à indústria da arquitetura, de engenharia e de construção a alavanca que faltava para impulsionar a melhoraria das condições de trabalho e a redução de custos no processo construtivo, como também releva o facto de que a conceção de um projeto deverá considerar a gestão do seu ciclo de vida, realçando assim a importância de enquadrar o processo construtivo como um todo e em que todos os intervenientes deverão interagir de forma ativa no processo de desenvolvimento e construção, tornando a gestão do projeto mais fácil e eficiente.

Na frente de obra, a adoção desta metodologia possibilita controlar, verificar e propor alterações, verificar notas e comentários efetuados no projeto e capacita as equipas de obra de uma ferramenta de comunicação entre todos os envolvidos, evitando assim o tempo atualmente despendido em revisões de projeto. Ao mesmo tempo, as equipas de obra têm a possibilidade de obter todo um conjunto de competências como consequência da sua maior interação com as equipas de gestão, o que lhes permite também saber exatamente quais as medidas de prevenção que deverão ser implementadas e, caso se deparem com situações imprevistas, possam realizar a sua avaliação de riscos de forma dinâmica e mais competente.

Também se realça a possibilidade de ser possível preparar as equipas de trabalhadores para as situações que vão encontrar antes do início dos trabalhos através de simulações em realidade virtual e/ou através da utilização de avatares.

Assim, considera-se que a implantação da metodologia BIM em projetos de construção é essencial. De facto, através da aplicação desta metodologia no desenvolvimento do caso concreto referido neste documento foi possível analisar, verificar e comprovar muitos dos benefícios que esta metodologia possui, especialmente as capacidades aliadas à prevenção dos riscos, melhoria das condições de trabalho e gestão do estaleiro.

5.2 Dificuldades sentidas

Este documento foi elaborado durante um momento desafiante da carreira profissional do autor, na medida em que simultaneamente ele se encontrava a gerir projetos, em diversos locais do país, de relevância para o panorama nacional e regional. Conciliar trabalho e tudo o que ele implica (deslocações sucessivas e prolongadas, reuniões, etc.) com a aprendizagem e aplicação

dos programas *Revit* e *Navisworks*, que lhe eram totalmente desconhecidos, foi uma tarefa nem sempre fácil de conseguir. Mas, a metodologia que aqui se apresenta e defende, foi uma ajuda porque obrigou à permanente necessidade de uma familiarização com eles e, ao mesmo tempo, testar e aprender o modo operatório de cada programa para que fosse possível realizar este documento.

5.3 Perspectivas futuras

Tendo em consideração a informação adquirida e as capacidades evidentes da metodologia BIM, sinto que é evidente a necessidade de um maior aprofundamento desta temática, pelo que estou empenhado em frequentar um curso específico relativo à metodologia em causa e participar num projeto que permita a total integração do BIM na coordenação de segurança desde a dimensão 3D até à 5D.

6 BIBLIOGRAFIA

ACT - Autoridade para as Condições do Trabalho (2018), Estratégia Nacional para a Segurança e Saúde no Trabalho 2015-2020, Por um trabalho seguro, saudável e produtivo.

ACT - Autoridade para as Condições do Trabalho, Consultado em Maio 2019
www.act.gov.pt

Autodesk, consultado em Março 2019
https://www.autodesk.com/#

Azhar, S. (2017). Role of Visualization Technologies in Safety Planning and Management at Construction Jobsites. In *Procedia Engineering* (Vol. 171, pp. 215–226). https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.01.329

Baptista, A.R.R.T.G. (2015), utilização de ferramentas BIM no planeamento de trabalhos de construção – estudo de caso, (Mestrado em Engenharia Civil). Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

BIM Level 2, consultado em Junho 2019
https://bim-level2.org/en/

BIMPLUS, Consultado em Junho 2019
http://www.bimplus.co.uk/

CT197BIM, Consultado em Junho 2019
http://www.ct197.pt/index.php/

Decreto-Lei n.o 273/2003, de 29 de Outubro, Condições de segurança e de saúde no trabalho em estaleiros temporários ou móveis, Pub. L. No. da República o 251/2003, Série I-A de 2003-10-29 (2003).
http://data.dre.pt/eli/dec-lei/273/2003/p/dre/pt/html

Freitas, L.C. (2016), Manual de Segurança e Saúde do Trabalho (3ª edição), Edições Sílabo

Gao, H., Koch, C., & Wu, Y. (2019). Building information modelling based building energy modelling: A review. *Applied Energy*, *238*(January), 320–343. https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.01.032

IGT – Inspeção Geral do Trabalho (2005), Coordenação da segurança e saúde do trabalho nos empreendimentos da construção

Handbook for the introduction of Building Information Modelling by the European Public Sector (2017), EUBIM
http://www.eubim.eu/

HSE – Health and Safety Executive, Consultado em Maio 2019
https://www.hse.gov.uk/

HSE (2018), Improving Healthe and Safety Outcomes in Construction. Making the Case for Building Information Modelling (BIM)
http://www.hse.gov.uk/construction/lwit/bim.htm

Lei n.o 7/2009, de 12 de Fevereiro, Código do Trabalho, Pub. L. No. Diário da República o 30/2009, Série I de 2009-02-12. Consolidado (2009). https://dre.pt/web/guest/legislacao-consolidada/-/lc/34546475/view?w=2016-08-23

Lei n.o 102/2009, Regime jurídico da promoção da segurança e saúde no trabalho, Pub. L. No. Diário da República, 1.a série — N.o 176 — 10 de Setembro de 2009 (2009). http://www.pgdlisboa.pt/leis/lei_mostra_articulado.php?nid=1158&tabela=leis

Li, H., Lu, M., Hsu, S.-C., Gray, M., & Huang, T. (2015). Proactive behavior-based safety management for construction safety improvement. *Safety Science*, *75*, 107–117. https://doi.org/10.1016/j.ssci.2015.01.013

Martínez-Aires, M. D., López-Alonso, M., & Martínez-Rojas, M. (2018). Building information modeling and safety management: A systematic review. *Safety Science*, *101*, 11–18. https://doi.org/10.1016/j.ssci.2017.08.015

PAS 1192-6:2018, Specification for collaborative sharing and use of structured Health and Safety information using BIM, British Standards Institution, Fevereiro 2018. https://bim-level2.org/en/about/

Pinto, A. (2012), Manual De Segurança – Construção, Conservação e Restauro de Edifícios, Edições Sílabo

Pinto,D.S.M.V. (2017), O contributo das tecnologias digitais para a segurança na construção. (Tese de Mestrado em Engenharia de Segurança e Higiene Ocupacional). Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Reis, A.A.R. (2018), Utilização da ferramenta BIM para a segurança na construção. (Mestrado em Engenharia Civil - Especialização em Construção). Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

The Infrastructure and Projects Authority (2016), Government Construction Strategy 2016-20 March 2016

Schwabe, K., Teizer, J., & König, M. (2019). Applying rule-based model-checking to construction site layout planning tasks. *Automation in Construction*, *97*, 205–219. https://doi.org/10.1016/j.autcon.2018.10.012

Wu, I. C., Lu, S. R., & Hsiung, B. C. (2015). A BIM-based monitoring system for urban deep excavation projects. *Visualization in Engineering*, *3*(1). https://doi.org/10.1186/s40327-014-0015-x

Zhang, S., Sulankivi, K., Kiviniemi, M., Romo, I., Eastman, C. M., & Teizer, J. (2015). BIM-based fall hazard identification and prevention in construction safety planning. *Safety Science*, *72*, 31–45. https://doi.org/10.1016/j.ssci.2014.08.001

Zhang, Sijie, Teizer, J., Pradhananga, N., & Eastman, C. M. C. M. (2015). Workforce location tracking to model, visualize and analyze workspace requirements in building information models for construction safety planning. *Automation in Construction*, *60*, 74–86. https://doi.org/10.1016/j.autcon.2015.09.009

Zou, Y., Kiviniemi, A., & Jones, S. W. S. W. (2017). A review of risk management through BIM and BIM-related technologies. *Safety Science*, *97*, 88–98. https://doi.org/10.1016/j.ssci.2015.12.027

ANEXOS / APÊNDICES

Execução de trabalhos em altura

Execução de trabalhos em altura
Perigos ✓ Presença de corrente elétrica ✓ Utilização de equipamentos ✓ Presença de terceiros
Riscos ✓ Queda em altura ✓ Colapso da linha de vida
Medidas Preventivas ✓ Nos trabalhos efetuados em altura deve, prioritariamente, ser garantida proteção coletiva: ✓ Guarda-corpos a 1m e a 45 cm ✓ Rodapé com 15 cm ✓ Acessos seguros ✓ Rede de proteção ✓ Não sendo possível aplicar de proteção coletiva (que garanta proteção de todas as áreas de queda) devem obrigatoriamente ser utilizados equipamentos de proteção individual: ✓ Linha de vida ✓ Cinto de segurança ✓ Aparelho antiqueda ou limitador (tipo JRG). **LINHA DE VIDA:** ✓ A linha de vida deve: • Ser em corda de nylon ou cabo de aço com um diâmetro mínimo de 16 mm; • Estar fixa/amarrada no mínimo a 2 pontos que devem ser resistentes e estáveis; • Possuir, no mínimo, uma flecha de 1/60 do comprimento (não deve ser esticada ao máximo) e não de deve ter mais de 30 m de comprimento; **CINTO DE SEGURANÇA** ✓ O cinto de segurança deve ser do tipo arnês de segurança; ✓ O arnês deve possuir espia (s), mosquetão (ões) e absorvedor de choque; ✓ O absorvedor de choque deve ser posicionado entre o arnês e a (s) espia (s); ✓ O arnês deve estar corretamente colocado (usualmente, envolve pernas e ombros e aperta no peito) e ajustado ao corpo; ✓ O cinto de segurança deve estar permanentemente amarrado à linha de vida ou a ponto resistente e estável (devendo possuir 2 espias com mosquetão, se necessário); ✓ Deve ser garantido que o comprimento da espia e do absorvedor de choque (quando esticado na totalidade) é inferior à altura dos trabalhos. É, ainda, necessário ter em conta a posição de flecha máxima da linha de vida, caso exista. **APARELHO ANTI-QUEDA** ✓ O aparelho antiqueda é útil, quando são necessárias deslocações horizontais, e não existe linha de vida, ou nas deslocações verticais; ✓ O aparelho deve estar amarrado a linha de vida ou ponto resistente e estável; ✓ O ponto de fixação do aparelho deve, tanto quanto possível, situar-se no centro do raio de acão do trabalhador; ✓ Deve garantir-se que a distância do trabalhador ao ponto de fixação não é superior à altura desse ponto relativamente ao solo. ✓ Na existência de uma plataforma, o ponto a ter em conta (segundo o indicado na alínea acima) é o ponto do bordo da plataforma mais próximo da fixação do aparelho;

Execução de trabalhos de demolição

Execução de trabalhos de demolição
Perigos ✓ Presença de corrente elétrica ✓ Utilização de equipamentos ✓ Presença de terceiros ✓ Peso dos materiais ✓ Trabalhos a cota diferente
Riscos ✓ Queda de objetos ✓ Atropelamento ✓ Postura Deficiente. ✓ Projeção de materiais. ✓ Queda de objetos ✓ Soterramento ✓ Electrocução ✓ Queda em altura ✓ Esmagamento ✓ Queda ao mesmo nível ✓ Incêndio ✓ Explosão extemporânea ou acidental ✓ Pneumoconioses
Medidas Preventivas ✓ Sinalizar, delimitar, arrumar e limpar as zonas de trabalhos e as zonas onde caiam os materiais resultantes da demolição, caso se justifique, montar iluminação adequada. ✓ A zona de trabalhos deverá ser delimitada ou vedada de acordo com a área de intervenção e os condicionalismos das zonas envolventes. ✓ Se a intervenção se verificar em zonas em que exista tráfego automóvel ou nas suas imediações os trabalhadores deverão utilizar coletes refletores de alta visibilidade. ✓ Quando a retroescavadora procede ao arranque de material, os trabalhadores apeados deverão guardar distância suficiente de modo a não ser atingido por eventuais projeções. ✓ Sempre que seja necessário montar plataformas para apoio á execução dos trabalhos estas devem ser absolutamente independentes do elemento em demolição e perfeitamente estáveis com guarda corpos a rodapé, a 45 e a 90 cm e acesso pelo interior. ✓ As operações mecânicas de derrube, arranque e carregamento do material a demolir deverão ser coordenadas por pessoa responsável evitando-se trabalhos incompatíveis e manobras perigosas. ✓ Nas operações de ajuste (trabalho com martelo demolidor manual) os trabalhadores deverão utilizar luvas, óculos, calçado de segurança e proteção auditiva. ✓ O trabalhador adotará posturas convenientes de modo a evitar as lesões dorso-lombares provenientes de movimentos em falso. ✓ Se forem utilizados martelos pneumáticos dever-se-á respeitar, no aplicável, o descrito nas FAR referentes ao compressor e martelo. ✓ Antes da retirada de quaisquer cabos elétricos certificar que estes já não possuem corrente. ✓ Em locais junto de negativos ou de zonas já demolidas e que em virtude dos trabalhos que não possam ser guarnecidas devem os operários fazer uso dos equipamentos de segurança antiqueda (cinto de segurança). ✓ Vedar a zona de demolição, e proceder, se for caso disso à sinalização de obstáculos e/ou

condicionalismos introduzidos, pelo balizamento, ao trânsito de peões e/ou veículos.

- ✓ Limitar toda a zona envolvente que na operação de derrube possa vir a ser atingida com materiais da demolição.
- ✓ A zona de trabalhos deverá ser delimitada ou vedada de acordo com a área de intervenção e os condicionalismos das zonas envolventes.
- ✓ Se a intervenção se verificar em zonas em que exista tráfego automóvel ou nas suas imediações os trabalhadores deverão utilizar coletes refletores de alta visibilidade.
- ✓ Assegurar-se que não existe na instalação equipamentos, materiais ou produtos que possam vir a constituir risco quer para os trabalhadores quer para o ambiente.
- ✓ Assegurar-se que estão cortados, na zona a demolir, o fornecimento de energia elétrica, gás e água.
- ✓ Consultar projeto de demolição e executá-lo, dentro da medida do possível, de um modo sequencial.
- ✓ Antes de iniciar qualquer trabalho numa construção, verificar se no seu interior existem pessoas não afetas ao trabalho e proceder de modo a controlar, a partir daí, todos os acessos.
- ✓ Manter a vigilância de áreas facilmente vulneráveis à intrusão durante todo o processo de demolição.
- ✓ Remover, desmontando se possível as instalações ou recipientes tenham contido gases ou líquidos inflamáveis.
- ✓ Remover, tanto quanto possível, todos os elementos frágeis cuja quebra possa produzir fragmentos cortantes, como espelhos, vidros, etc.
- ✓ As coberturas deverão ser desmontadas de um modo sistemático procurando “aliviar” a sua carga de um modo equilibrado.
- ✓ A obra deverá ser organizada de modo a que os equipamentos introduzam nas zonas de trabalho a menor quantidade de ruído.
- ✓ Aquando da utilização de martelos pneumáticos ou outras ferramentas de trabalho, dever-se-á ter em atenção o “balanço” que tais equipamentos podem introduzir no corpo do operário, nomeadamente aquando da rutura intempestiva do material a demolir, pelo que se deverá assegurar a estabilidade do operário tendo em conta aqueles esforços.
- ✓ Os compressores ou outros aparelhos de combustão interna deverão ser colocados, tanto quanto possível fora do edifício a demolir e de qualquer modo o escape dos gases de queima deverão ser conduzidos para o ar livre.
- ✓ As mangueiras de ar comprimido deverão percorrer caminhos lógicos, não constituírem risco de tropeçamento e possuírem ligações fiáveis que impeçam o seu deslizamento. Na hipótese de tal acontecer, deverão estar munidas de acessórios que evitem o chicoteamento por saída incontrolada de ar comprimido.
- ✓ Na demolição com meios mecânicos pesados, a distância entre a máquina e a parede a demolir é função da altura desta última. Nos casos gerais, a distância da máquina à prumada da parede, medida na horizontal, deverá ser pelo menos metade da altura da estrutura a demolir.
- ✓ O esforço da máquina deverá ser aplicado na parte superior da parede a demolir, de um modo contínuo e uniforme.
- ✓ Os elementos que pela sua forma, peso ou natureza possam, ao serem demolidos, rolar ou deslizar para além da “zona de segurança” da máquina deverão ser controlados na sua queda através de cabos, cordas ou outro método conveniente.
- ✓ O avanço da demolição deverá ser de tal modo que não fiquem isoladas paredes ou parâmetros não “travados” e em equilíbrio precário.
- ✓ As máquinas poderão circular sobre os escombros e mesmo utilizá-los com plataforma de trabalho desde que se garanta que não existe risco de afundamento provocado por “vazios”

significativos.

- ✓ A utilização de cabos de tacão para a demolição de estruturas deverá ser constantemente controlada e enquadrada por pessoa competente com a capacidade para avaliar as condições do trabalho e de o mandar suspender se tecnicamente ou por razões de segurança, tal for aconselhável.
- ✓ Não poderá ser permitida a permanência ou passagem de pessoas junto ao cabo tracionado pelo risco grave que pode constituir a rotura daquele.
- ✓ A distância da máquina tratora ao elemento a derrubar, aquando da utilização de cabos de tração, deverá ser sempre superior a altura livre do elemento a demolir.
- ✓ Não deverá ser permitido a coexistência simultânea de desmonte manual e mecânico.
- ✓ Pela sua natureza, os trabalhos de demolição deverão ser permanentemente controlados por pessoa capaz de, a cada momento, avaliar as condições estruturais do edifício ou estrutura e de organizar o trabalho de modo a evitar atividades simultâneas que pela sua proximidade ou natureza possam constituir risco de acidente.
- ✓ Em caso de libertação de poeiras em quantidade significativa, utilizar um sistema de rega ou qualquer outro processo de controlo de emissões.
- ✓ Manter vigilância apertada na execução dos trabalhos no sentido de detectar partes ou elementos da estrutura que possam ficar em equilíbrio instável.
- ✓ Todos os veículos pesados utilizados nas tarefas de demolição têm de estar equipados obrigatoriamente com proteções ROPS e FOPS.
- ✓ Sempre que nas operações de demolição se seja confrontado com o aparecimento de materiais, equipamentos ou produtos não previstos nem detetados, o trabalho deverá ser suspenso até à avaliação dos riscos introduzidos por tal ocorrência.

Execução de trabalhos Montagem, utilização e desmontagem de estaleiro

Execução de trabalhos Montagem, utilização e desmontagem de estaleiro
Perigos ✓ Presença de corrente elétrica ✓ Utilização de equipamentos ✓ Presença de terceiros ✓ Peso dos materiais ✓ Trabalhos a cota diferente
Riscos ✓ Acidentes viários por deficiente visibilidade ✓ Acidentes viários por deficiente sinalização ✓ Atropelamento ✓ Electrocução ✓ Entalamento e esmagamento ✓ Corte ✓ Quedas ao mesmo nível ✓ Queda de nível diferente ✓ Intoxicação ✓ Incêndio ✓ Queimaduras ✓ Queda de objetos
Acessos e Circulações ✓ Colocar sinalização destinada a condicionar o acesso a pessoas estranhas à obra. ✓ Nos estaleiros próximos de vias públicas, colocar sinalização rodoviária que indique claramente a movimentação de viaturas pesadas ou cargas longas. ✓ Quando as obras interferem com a circulação de veículos ou pedonal na via pública, colocar a sinalização adequada. ✓ Sempre que por motivo do estaleiro ocorra o estrangulamento de passagens pedonais, devem ser criados passadiços com uma largura mínima de 60 cm e resguardados lateralmente e bem iluminados. ✓ Se houver o risco de queda de objetos, as zonas de circulação de peões devem ser protegidas com pala superior com uma largura maior que a da zona de circulação. ✓ Escolher o traçado das vias de acordo com o tipo de catividade de maneira que não constituam um impedimento ao normal funcionamento do estaleiro. ✓ Evitar os cruzamentos e curvas fechadas. ✓ Sempre que não for possível evitar os declives nas vias de circulação, estes não deverão ter uma inclinação superior a 12%. ✓ Acessos independentes para viaturas e peões. Se tal não for viável criar um resguardo para a circulação de peões. ✓ Identificar locais para a carga e descarga de materiais e de estacionamento de maneira que não impeçam a normal circulação de viaturas. ✓ Se houver movimentação de terras ou entulhos identificar um vazadouro. ✓ As vias de circulação devem ser conservadas e limpas regularmente. ✓ As vias e saídas de emergência devem estar devidamente sinalizadas e permanecerem desobstruídas. ✓ Manter o estaleiro em perfeita ordem, arrumação e limpeza. ✓ As vias e saídas de emergência devem estar dotadas com iluminação de emergência que

permita a utilização daqueles percursos em caso de falta de energia elétrica.

- ✓ O parqueamento de viaturas na zona do estaleiro só poderá ocorrer em áreas demarcadas para o efeito e de forma que não dificulte a circulação no estaleiro.
- ✓ Os caminhos de circulação fundamentais devem estar definidos, sinalizados e ser do conhecimento de todos aqueles que daqueles possam necessitar.
- ✓ Qualquer alteração ou condicionalismos que, de um modo direto ou indireto, acarretem riscos deverão ser devidamente sinalizados e balizados.
- ✓ Os cruzamentos, nomeadamente com caminhos públicos ou de serventia, deverão estar sinalizados nos quatro ramos e a velocidade deverá estar condicionada a 20 km/h. Esta velocidade, se necessário, poderá ser induzida pela introdução de quebra molas.
- ✓ Os entroncamentos, das vias de circulação com vias públicas, deverão ser desenhados de tal modo que a aproximação à zona de mudança de direção se faça com visibilidade. Em alternativa, e quando tal não for possível, dever-se-á recorrer a espelhos de cruzamento.
- ✓ Sempre que na execução de manobras ou circulação de veículos em zona de cruzamento de vias a visibilidade for reduzida deve ser providenciado um sinaleiro.
- ✓ Os caminhos de circulação de veículos deverão ser delineados de modo a evitar que por eles transitem trabalhadores apeados.
- ✓ Nos caminhos de circulação vigoram as regras gerais do Código de Estrada. Admite-se, no entanto, o estabelecimento de normas alternativas, desde que se garanta previamente que todos os possíveis utilizadores da via estejam informados dessas disposições.
- ✓ A condução deve ser feita de forma cuidada, tendo em atenção as condições de trabalho (proximidade de outros equipamentos, condições meteorológicas adversas, etc.), conhecendo as distâncias necessárias para travagem, respeitando o limite de velocidade e a sinalização de entrada e saída da obra.
- ✓ Não é permitida a circulação de veículos numa faixa junto ao coroamento com a largura igual a ½ da altura do talude (medida na vertical da base do talude ao coroamento), sendo que o afastamento mínimo ao coroamento será de 2 m.
- ✓ Manter as vias em bom estado de conservação e sempre limpas de detritos ou objetos que originem riscos de circulação.
- ✓ Sempre que se verifique o levantamento de pó dever-se-á prever a rega das vias. Esta rega deverá ser feita controladamente de modo a que uma quantidade excessiva de água não torne o piso escorregadio.

Vedação

- ✓ Implantar a vedação de modo correto tendo o cuidado de não deixar chapas salientes, pontas de ferro ou qualquer outro material pontiagudo que possa vir a constituir elemento agressivo para terceiros.
- ✓ Nas vedações do tipo “tapume” não encostar a vedação à cota do terreno, de modo a preserva-la e, ao mesmo tempo, permitir que, em caso de enxurrada, se possa fazer sob ela a passagem das águas pluviais.
- ✓ Nas vedações metálicas ter o cuidado de as afastar convenientemente dos elementos elétricos nus e em tensão para evitar a sua eletrização.
- ✓ O atravessamento dos tapumes metálicos por cabos elétricos só é admissível se os bordos do orifício do atravessamento estiverem de tal maneira protegidos com borracha ou com outro tipo de material que garanta que a “chapa” do tapume não danifica em caso algum o isolamento dos condutores elétricos.
- ✓ A passagem de cabos elétricos isolados sobre o tapume deverá ser feita de tal modo que não se possa verificar roçamento do condutor na parte superior do tapume.
- ✓ Todas as vedações metálicas deverão ser ligadas à terra de modo a que não sejam, em nenhum caso, significativas as diferenças de potencial entre os elementos metálicos e a

terra.

- ✓ A instalação elétrica da obra só poderá estar apoiada no tapume metálico se, para a sua amarração, forem utilizados apoios próprios que garantam um perfeito isolamento elétrico.
- ✓ Periodicamente deverá ser verificada e, caso se justifique, reparada

Escritórios e apoios sociais

- ✓ Tomar as medidas de proteção contra incêndios adequadas às características das instalações, nomeadamente extintores, baldes com areia, etc..
- ✓ Dotar as instalações de iluminação natural e artificial adequada às tarefas a serem desenvolvidas.
- ✓ Garantir a eficiente ventilação das instalações, e garantir um ambiente térmico dentro dos parâmetros de conforto.
- ✓ Assegurar a existência de instalações sanitárias e vestiários de acordo com o volume de utilização previsível.
- ✓ Providenciar a existência de água canalizada e de esgotos para as instalações

Instalação elétrica

- ✓ A instalação elétrica deverá cumprir os imperativos legais técnicos e de segurança.
- ✓ Se a instalação elétrica de obra se desenvolver na proximidade de linhas aéreas ou cabos subterrâneos, deverá ser dado conhecimento à entidade exploradora desses equipamentos da realização dos trabalhos, e devem ser seguidas as recomendações por ela emanadas.
- ✓ Os quadros elétricos da obra deverão estar dotados de proteção diferencial com sensibilidade e temporização adequada à proteção das pessoas nas condições do estaleiro molhado (tensão limite convencional 25 V).
- ✓ O quadro elétrico da obra deverá ser:
    - o Colocado em local acessível e sobrelevado em relação ao terreno;
    - o Ligar eletricamente todas as peças metálicas entre si, de forma a garantir a equipotencialidade da cabina;
    - o Colocar sinalização no exterior do quadro elétrico indicando o perigo de electrocução.
- ✓ A rede de cabos de alimentação, pelo menos a principal, deverá ser preferencialmente enterrada.
- ✓ No caso de existir rede aérea, esta deverá ser montada ao longo dos caminhos em estruturas existentes ou em calhas próprias, tendo sempre em atenção a possibilidade de operações de movimentação de cargas na sua proximidade.
- ✓ No caso de haver movimentação de máquinas de altura perigosa na proximidade da linha elétrica assinalá-la convenientemente com bidões ou balizas no solo dispostos paralelamente à linha, a uma distância adequada.
- ✓ O atravessamento de caminhos deverá ser subterrâneo, feito através de vala protegido com madeira.
- ✓ Se estiver prevista a passagem de máquinas por baixo de uma linha aérea, a altura da travessia é feita em função do tipo de veículos que aí circulam; de cada lado da linha devem ser colocadas balizas limitadoras de altura, a uma distância na horizontal de, pelo menos, 6 metros da linha.
- ✓ As entradas das alimentações em contentores ou outras edificações provisórias deverão ser protegidas contra a deterioração do isolamento devida à intempérie. Para evitar a entrada de águas pluviais pelo cabo, a entrada deve ser feita através de “cachimbo” ou “pescoço de cavalo”.

- ✓ As tomadas de corrente deverão ser normalizadas do tipo estanque e com engate "schucko" devendo ser todas do mesmo tipo.
- ✓ Os quadros parciais, amovíveis, deverão ser em material plástico semiflexíveis, resistentes ao choque e estanques.
- ✓ Os quadros parciais, tal como o quadro de obra, deverão estar equipados com um corte geral, com proteção diferencial adequada à proteção das pessoas e com disjuntores magnetotérmicos a proteger todos os circuitos que dele derivam.
- ✓ Sempre que possível devem ser evitados condutores elétricos nus no interior do estaleiro; quando tal não for possível os condutores devem ser colocados em apoios próprios, não devendo para o efeito ser utilizada a estrutura da vedação.
- ✓ O atravessamento dos tapumes da vedação por cabos elétricos deve ser feito sempre com recurso à proteção do orifício de passagem do cabo, para que este não seja danificado ao roçar no tapume.
- ✓ Não são permitidos enrolamentos significativos de condutores no sentido de evitar campos elétricos significativos
- ✓ Em locais de armazenamento e/ou manuseamento de produtos inflamáveis a instalação deverá ser do tipo antideflagrante
- ✓ São interditas as alterações do circuito fixo de distribuição quando não executadas por pessoal habilitado e autorizado.
- ✓ No estaleiro deverá existir cópia do termo de responsabilidade da instalação.
- ✓ Fazer estimativas de consumo e gerir o equipamento de modo a garantir a correta exploração da instalação, isto é, as sobrecargas do circuito deverão ser sempre acontecimentos fortuitos e pontuais.
- ✓ A potência instalada deverá corresponder a pelo menos 70% das necessidades de consumo simultâneo de todos os aparelhos e equipamentos instalados.
- ✓ Proceder a inspeção periódica do estado geral da instalação, nomeadamente no que diz respeito a disjuntores diferenciais, estado de conservação dos isolamentos, continuidade de terra, acessibilidade a peças em tensão, travessia de caminhos e contaminação por água.
- ✓ Deve ser instalada uma rede de terra com resistência máxima de 10ohm.
- ✓ Os pimenteiros deverão ser colocados a distância superior a dois metros dos bordos de taludes ou valas.
- ✓ Os pimenteiros deverão ser colocados a distância superior a um metro dos bordos das lajes.
- ✓ Devem ser colocados fora de serviço todos os cabos que apresentem defeitos de isolamento.
- ✓ Utilização de sistema *log out /tag* out em manutenções.
- ✓ O grau de proteção mínimo recomendável para o material elétrico instalado é IP55 e IK08 (exterior)

ARMAZENAGEM DE MATERIAIS, EQUIPAMENTOS E RESÍDUOS

- ✓ Na armazenagem de resíduos deve-se ter especial cuidado com o derrame ou decomposição dos materiais, pelo que líquidos ou materiais facilmente deterioráveis devem ser armazenados em contentores apropriados ou em bacias de retenção e nunca em contacto direto com o solo.
- ✓ A armazenagem de tubos ou materiais cilíndricos deve ser sempre feita com o recurso a calços que permitam a eficiente estabilidade do empilhamento.
- ✓ Os tambores contendo líquidos, devidamente identificados e separados por tipo de líquido, deverão ser preferencialmente armazenados na posição horizontal, com o necessário travamento. Quando tal não for possível o topo dos tambores deverá ser protegido das intempéries.

- ✓ Sempre que seja necessário armazenar materiais em pilha estas deverão ter a forma de pirâmide e, se manuseadas manualmente, não deverão exceder 1,80 m de altura.
- ✓ A armazenagem dos materiais deverá sempre proporcionar corredores de passagem, cuja largura será em função dos meios de movimentação existentes, por exemplo empilhadores, mas nunca inferiores a 0,70 m.
- ✓ Quando a armazenagem for feita em prateleiras os materiais mais pesados deverão ser colocados nas prateleiras inferiores.
- ✓ Especial atenção deve ser dada ao armazenamento de materiais perigosos, por exemplo combustíveis, que devem estar localizados em compartimentos separados do resto do armazém e protegidos com os meios de proteção adequados ao risco associado.
- ✓ Os armazéns são locais com um risco de incêndio elevado devido às cargas térmicas acumuladas, pelo que deve ser proibido fumar ou foguear no seu interior.
- ✓ Os armazéns devem estar protegidos com extintores de incêndio apropriados à classe de fogos presente, normalmente de pó químico ABC, e localizados junto às entradas da instalação e nos topos dos corredores.
- ✓ Sempre que exista rede de água de incêndios deve ser colocada pelo menos uma Boca-de-incêndio Armada junto à entrada do armazém.
- ✓ Regularizar o pavimento e, caso seja necessário, revestir com betonilha.
- ✓ Organizar o espaço de modo a que fique perfeitamente definido um corredor de acesso a todas as zonas de armazenagem.
- ✓ Dispor os materiais sobre dormentes ou paletes, de modo a facilitar a sua movimentação.
- ✓ Organizar a armazenagem de materiais de modo a que os mesmos não fiquem em equilíbrio instável.
- ✓ Ter em especial atenção a armazenagem dos perfis metálicos e, segundo a sua geometria, sobrepor tendo em conta a menor deformação.
- ✓ Gerir a arrumação de modo que se garanta, em permanência, a não contaminação dos materiais por produtos ou substâncias nocivas.
- ✓ A localização do parque de materiais deverá ter em conta a facilidade de movimentação dos veículos transportadores e das cargas a movimentar (cruzar com o diagrama de cargas).
- ✓ Periodicamente deverá ser efetuada limpeza e verificação do estado de conservação das estruturas de apoio dos materiais (dormentes, paletes, etc.).
- ✓ Organizar o interior do armazém de modo a que fique perfeitamente definido um corredor de acesso a todas as zonas.
- ✓ Colocar prateleiras suficientemente largas de modo a que os materiais e ferramentas não fiquem em equilíbrio instável.
- ✓ Gerir a arrumação de modo a que se garanta, em permanência, a não contaminação dos materiais por produtos ou substâncias nocivas.
- ✓ As ferramentas suscetíveis de derramar óleos de lubrificação deverão estar assentes sobre resguardos ou tinas de receção impermeáveis, que garantam a não contaminação da instalação.
- ✓ As garrafas dos gases destinados ao aparelho de oxicorte existente em obra serão armazenadas em local próprio fora desta unidade
- ✓ Os materiais a armazenar não poderão constituir barreira ou de qualquer modo ocultar perigos provenientes da execução do trabalho.
- ✓ As manilhas ou outros materiais cilíndricos e pesados deverão ser devidamente travados e o seu equilíbrio deverá ser estável mesmo quando sobre ele se exerça pequenas solicitações.
- ✓ Só excecionalmente se autorizará a armazenagem provisória na frente de trabalho de bidons contendo combustíveis, óleos ou materiais de inflamabilidade semelhante e, mesmo

assim, em pequenas quantidades e devidamente controlados.

- ✓ O depósito de gasóleo será instalado de acordo com as especificações e supervisão da entidade abastecedora de combustível.
- ✓ Todas as instalações vizinhas serão implantadas a distâncias não inferiores a 4 metros da base do depósito.
- ✓ A circulação do estaleiro será organizada de modo a que na zona do depósito não se verifiquem operações de manobras de viaturas.
- ✓ Não será permitida a armazenagem ou depósito, mesmo que momentaneamente, de materiais inflamáveis ou facilmente combustíveis, junto desta instalação

Ferro

- ✓ Situar estrategicamente as instalações no espaço disponível de modo a poderem ser servidas pela grua, mas sem serem sobrevoadas por cargas suspensas. Deverão ainda ter uma localização e arranjo tais que permitam a chegada e descarga dos camiões de grande porte sem interferências quer com o resto da obra quer com a circulação interna e externa do estaleiro.
- ✓ A zona de fabrico deverá ser coberta e resguardada lateralmente dos ventos dominantes.
- ✓ A zona de armazenagem dos varões não deverá ter sobre ela ramos de árvores, condutores elétricos, nem qualquer outro elemento que possa constituir obstáculo à descarga do ferro com os meios mecânicos previsíveis.
- ✓ Dotar a zona de armazenagem dos varões com pavimento regularizado e com baias separadoras para permitir um correto armazenamento do ferro por tipo e secções.
- ✓ Organizar o armazenamento dos varões de acordo com os pesos a movimentar, tendo presente o posicionamento e diagrama de carga dos meios mecânicos de movimentação.
- ✓ Implantar, sempre que possível, a oficina de fabrico contígua à zona de armazenagem de tal modo que o varão de ferro possa ser ripado, total ou parcialmente, das baias diretamente para a tesoura mecânica.
- ✓ Dotar a oficina com uma ou várias mesas de trabalho, para o fabrico das armaduras, com a altura suficiente que permita o trabalho em posturas aceitáveis.
- ✓ A zona destinada ao armazenamento das peças já fabricadas deverá ter o solo regularizado. Armazenar as armaduras segundo o programa de aplicação de modo a evitar o mais possível a sua movimentação manual.
- ✓ A descarga do ferro deverá ser feita preferencialmente com estropos constituídos por correntes.
- ✓ Não é permitida a utilização do arame que ata os varões como ponto de suspensão para a movimentação do atado.
- ✓ Não é permitida a utilização de lingas compostas por estropos cujas alças sejam feitas com auxílio de cerra-cabos. Definir de acordo com o equipamento a utilizar, a capacidade de corte da tesoura (n.º de varões função do diâmetro) e afixar esta informação junto à zona da máquina.
- ✓ Os desperdícios de ferro deverão ser armazenados provisoriamente em locais previamente definidos, que não constituam riscos acrescidos e que permitam a fácil movimentação. A remoção deverá ser feita com periodicidade adequada.
- ✓ Não é permitido exceder a capacidade do depósito definido para desperdícios.
- ✓ A zona de laboração deverá ser mantida limpa e arrumada, especialmente, nas zonas envolventes das máquinas de cortar e dobrar.
- ✓ Apenas é permitida a utilização das máquinas do estaleiro de ferro por pessoas devidamente habilitadas.
- ✓ A tesoura mecânica deverá ser móvel deslocando-se sobre carris ou calhas ao longo do topo do armazém de ferro perpendicularmente aos varões.

- ✓ Garantir a equipotencialidade de todas as massas metálicas acessíveis das máquinas elétricas e fazer a sua ligação à terra.