

Guilherme Deola Borges

**TRABALHO EM ALTURA: UM ESTUDO DE CASO DO
MONTADOR DE ANDAIME NA INDÚSTRIA NAVAL**

Dissertação submetida ao Programa de
Pós-Graduação em Engenharia de
Produção da Universidade Federal de
Santa Catarina para a obtenção do
Grau de Mestre em Engenharia de
Produção.
Orientador: Prof. Dr. Antônio Renato
Pereira Moro

Florianópolis
2018

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Deola Borges, Guilherme
TRABALHO EM ALTURA: UM ESTUDO DE CASO DO
MONTADOR DE ANDAIME NA INDÚSTRIA NAVAL / Guilherme
Deola Borges ; orientador, Antônio Renato Pereira
Moro, 2018.
114 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de
Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós
Graduação em Engenharia de Produção, Florianópolis,
2018.

Inclui referências.

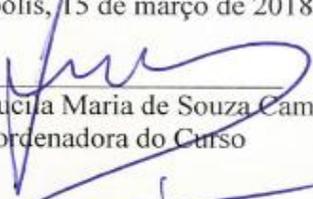
1. Engenharia de Produção. 2. Ergonomia. I.
Pereira Moro, Antônio Renato. II. Universidade
Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação
em Engenharia de Produção. III. Título.

Guilherme Deola Borges

**TRABALHO EM ALTURA: UM ESTUDO DE CASO DO
MONTADOR DE ANDAIME NA INDÚSTRIA NAVAL**

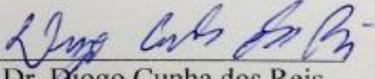
Esta Dissertação/Tese foi julgada adequada para obtenção do Título de
“MESTRE” e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-
Graduação em Engenharia de Produção na área de Ergonomia.

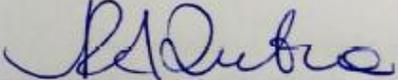
Florianópolis, 15 de março de 2018.


Prof.^a Dr.^a Lucila Maria de Souza Campos
Coordenadora do Curso

Banca Examinadora:


Prof. Dr. Antônio Renato Pereira Moro
Orientador
Universidade Federal de Santa Catarina


Dr. Diogo Cunha dos Reis
Universidade Federal de Santa Catarina


Prof.^a Dr.^a Ana Regina de Aguiar Dutra
Universidade do Sul de Santa Catarina

Este trabalho é dedicado a todos que trabalham na difícil indústria de construção naval, em especial aos montadores de andaimes.

AGRADECIMENTOS

A todos que de alguma forma contribuíram, tornando possível a realização deste sonho:

Aos meus pais Arlete Deola Borges e João Luiz Borges, e à minha irmã Eloísa Deola Borges, pela compreensão e apoio.

À Angélica Mufato Reis pela parceria nos momentos mais difíceis desta dissertação.

Aos meus professores, pelos ensinamentos, e em especial ao meu orientador Antônio Renato Pereira Moro, pela tranquilidade e confiança no trabalho.

Aos meus amigos, que me apoiam incondicionalmente onde quer que nós estejamos.

Aos meus colegas de trabalho pelas inúmeras vezes em que aprendemos juntos.

RESUMO

BORGES, Guilherme Deola. **Trabalho em altura: um estudo de caso do montador de andaime na indústria naval**. 2018. 112f. Dissertação (mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2018.

Historicamente a indústria de construção como um todo possui uma das maiores taxas de acidentes, atualmente com mais de 60 mil mortes por ano no mundo, sendo as quedas as principais causadoras. Na indústria naval verificou-se que, dentre as áreas de construção e montagem (solda, estrutura, elétrica, andaime, pintura, instrumentação, comissionamento, tubulação e movimentação de carga), os montadores de andaimes são os trabalhadores que ficam expostos a maior quantidade de condições inseguras, pelos riscos inerentes ao trabalho em altura e o risco de quedas. Este estudo teve como objetivo analisar as condições de trabalho dos montadores de andaime, diagnosticar os meios de regulação trabalhador/ambiente e aplicar uma ferramenta de gestão da segurança. Para a coleta de dados, utilizou-se da observação direta da atividade, com vista a realizar a Análise Ergonômica do Trabalho (AET), e assim apurar o diagnóstico do contexto que abrange a rotina de trabalho dos montadores de andaime. Na sequência foi implantada a ferramenta ErgCCP (Ergonomia de Correção, Conscientização e Participação), onde a equipe de construção e montagem foi responsável por identificar as condições inseguras e solucioná-las. Foi elaborado um diagrama de causa e efeito baseando-se nos pilares Homem, Produtividade e Segurança, apresentando um mapa construído a partir dos artigos científicos da área e da experiência de trabalho na obra de construção e montagem. Da observação percebeu-se que o próprio trabalhador ultrapassa alguns limites do procedimento para atingir metas de produção, colocando em risco a si e aos outros. O ErgCCP registrou 599 condições inseguras na área de montagem de andaime. Constatou-se que a aplicação da AET associada ao ErgCCP para a atividade do montador de andaime se mostrou uma ferramenta importante no combate aos acidentes por queda de altura, onde as responsabilidades são compartilhadas para todos os trabalhadores da obra, mudando a conduta e percepção do risco.

Palavras-chave: Ergonomia, Construção Industrial. Trabalho em Altura. Montador de Andaime.

ABSTRACT

BORGES, Guilherme Deola. **Work at height: a case study of scaffolding in the naval industry.** 2018. 112f. Production Engineering Masters Degree with ergonomics emphasis. Graduation in Production Engineering Program. Federal University of Santa Catarina, Florianopolis, 2018.

Historically, the construction industry has one of the highest accident rates, with more than 60,000 deaths per year in the world, with falls being the main cause. In the naval industry it was found that, among the areas of construction and assembly (welding, structure, electrical, scaffolding, painting, instrumentation, commissioning, piping and load handling), scaffolders are the workers who are the most exposed to unsafe conditions, due to the risks inherent in working at heights and the risk of falls. The aim of this study was to analyze the working conditions of the scaffolders, to diagnose the means of worker / environment regulation and to apply a safety management tool. For the data collection, the direct observation of the activity was used, in order to perform the Ergonomic Analysis of Labor (EAL), and to ascertain the diagnosis of the context that covers the work routine of the scaffolders. The ErgCAP (Ergonomics of Correction, Awareness and Participation) tool was implanted, where the construction and assembly team was responsible for identifying the unsafe conditions and solving them. A cause and effect diagram was drawn up based on the Human, Productivity and Safety pillars, presenting a map built from the scientific articles of the area and work experience in the construction and assembly work. From the observation it was noticed that the worker himself goes beyond some limits of the procedure to achieve production goals, putting himself and others at risk. ErgCAP recorded 599 unsafe conditions in the scaffolding area. The application of the EAL associated with the ErgCAP to the scaffolder activity was shown to be an important tool against accidents due to fall from height, where responsibilities are shared for all workers, changing the behavior and perception of the risk.

Keywords: Ergonomics. Industrial Construction. Work at height. Ergonomic. Scaffolder.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Levantamento de dados	31
Figura 2 - Multidirecional (esq.) e Tubo e Braçadeira (dir.)	38
Figura 3 - Andaime tubo equipado com seus elementos	40
Figura 4 - Braçadeira Fixa Acoplada.....	42
Figura 5 - Braçadeira Giratória.....	42
Figura 6 – Luva de acoplamento estrutural	43
Figura 7 - Sapata Fixa.....	43
Figura 8 – Rodízio	44
Figura 9 - Pranchão de Madeira	44
Figura 10 - Guarda-Corpo de Arco sem Degrau e com Degrau .	45
Figura 11 - Protetor para Braçadeiras.....	46
Figura 12 - Protetor de Ponta de Tubo.....	46
Figura 13 - Ferramentas utilizadas na montagem de andaimes ..	47
Figura 14 - Plataforma de trabalho	49
Figura 15 - Andaime tipo Torre.....	51
Figura 16 - Andaime tipo Fachadeiro.....	52
Figura 17 - Registro de condições inseguras	61
Figura 18 - Diagrama de causa e efeito	62
Figura 19 – Módulo de Desidratação e Tratamento de Gás	63
Figura 20 – Módulos de Geração de Energia	63
Figura 21 - Plataforma para operação na área do Pré-Sal.....	64
Figura 22 - Área de armazenamento de material de andaime.....	68
Figura 23 - DDS – Diálogo Diário de Segurança	69
Figura 24 - EPI e Ferramentas de Trabalho.....	69
Figura 25 - Movimentação de material de andaime	70
Figura 26 - Utilização de EPI	71
Figura 27 - Carrinho manual para transporte de braçadeiras.....	74
Figura 28 - Cestos para içamento de material de andaime	74
Figura 29 - Chegada do material na frente de trabalho.....	75
Figura 30 - Início da Montagem de Andaime.....	76
Figura 31 - Trabalho em Equipe.....	76
Figura 32 - Trabalho em Altura.....	77
Figura 33 - Montador de Andaime em Plataforma Elevatória....	78
Figura 34 - Andaime pronto e liberado.....	79
Figura 35 - Andaimes Prontos e Liberados para todo o Módulo	80
Figura 36 - Gaveteiro de Andaime	81
Figura 37 - Cinto de segurança atado incorretamente	82
Figura 38 - Diagrama de causa e efeito	85

Figura 39 - Síntese dos resultados da busca sistemática nas bases científicas consultadas de acordo com os critérios de busca e seleção .	87
Figura 40 - Número de publicações por país nos últimos 5 anos	89
Figura 41 - Tipo de pesquisa utilizada na análise dos dados.....	90
Figura 42 – Diagrama com foco no homem.....	93
Figura 43 - Diagrama com foco em segurança.....	96
Figura 44 - Diagrama com foco em produtividade	98
Figura 45 - ErgCCP (out/2016 a jun/2017)	100
Figura 46 - Categorias de condições inseguras em andaimes ..	101

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Perfil dos Montadores de Andaimos.....	66
Tabela 2 - Periódicos de publicação dos artigos.....	88
Tabela 3 – Autores e suas publicações	89
Tabela 4 – Descritores utilizados pelos pesquisadores.....	90
Tabela 5 – Autores, títulos e quantidade de citações.....	91

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABERGO	Associação Brasileira de Ergonomia
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AET	Análise Ergonômica do Trabalho
APR	Análise Preliminar de Risco
BIM	<i>Building Information Modelling</i>
DDS	Diálogo Diário de Segurança
Dir.	Direita
EPC	Equipamento de Proteção Coletiva
EPI	Equipamento de Proteção Individual
ErgCCP	Ergonomia de Correção, Conscientização e Participação
Esq.	Esquerda
FPSO	<i>Flotation, Production, Storage and Offloading</i>
IEA	International Ergonomics Association
N	Norma Técnica Petrobras
NBR	Norma Brasileira
NR	Norma Regulamentadora
OIT	Organização Internacional do Trabalho
OSHA	<i>Occupational Safety and Health Administration</i>
PT	Permissão de Trabalho

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	23
1.1	CONTEXTO DA PESQUISA	23
1.2	OBJETIVOS	25
1.2.1	Objetivo geral.....	25
1.2.2	Objetivos específicos	25
1.3	JUSTIFICATIVA.....	25
1.4	DELIMITAÇÕES DO TRABALHO.....	27
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	29
2.1	ERGONOMIA	29
2.1.1	Análise Ergonômica do Trabalho (AET)	31
2.2	ERGONOMIA E A INDÚSTRIA DE CONSTRUÇÃO	32
2.2.1	Queda de altura.....	32
2.2.2	Causas da queda.....	33
2.2.3	Proteção contra queda	33
2.2.4	Prevenção de acidentes	34
2.2.5	Tecnologia	35
2.2.6	Treinamento	36
2.2.7	Custo de queda	36
2.2.8	Segurança em andaimes	36
2.3	MONTAGEM DE ANDAIMES.....	37
2.3.1	Tipos de andaimes.....	38
2.3.1.1	Andaimes como estrutura de acesso.....	39
2.3.1.2	Andaimes de tubo equipado.....	39
2.3.1.3	Andaime simplesmente apoiado fixo	39
2.3.2	Elementos que compõem a estrutura do andaime.....	40
2.3.3	Estabilidade dos andaimes	41
2.3.4	Componentes adicionais de segurança dos andaimes	45
2.3.5	Ferramentas utilizadas pelo montador de andaime.....	46

2.3.6	Padronização da montagem de componentes.....	48
2.3.7	Projetos de andaime padronizados.....	50
2.3.7.1	Projeto Andaime Padrão Tipo 1 – Torre.....	50
2.3.7.2	Projeto Andaime Padrão Tipo 2 – Fachadeiro	51
2.3.7.3	Projeto Andaime Padrão Tipo 3 – Tablado.....	52
2.3.7.4	Projeto Andaime Padrão Tipo 4 – Balanço de 2,0 metros	52
2.3.7.5	Projeto Andaime Padrão Tipo 5 – Balanço de 3,5 metros	52
2.3.7.6	Projeto Andaime Padrão Tipo 6 – Negativo	53
2.3.7.7	Projeto Andaime Padrão Tipo 7 – Bancada	54
2.3.8	Estruturas de apoio de equipamentos de andaimes.....	54
2.3.8.1	Projeto Pau-de-carga.....	54
2.3.8.2	Projeto Linha de Vida– Aplicação no “Caminhão Prancha”	55
2.3.8.3	Projeto Escoramento/Cimbramento	55
2.3.8.4	Projeto Cesto de Içamento	55
2.3.9	Segurança na montagem e desmontagem de andaimes... 	56
2.3.10	Manutenção de peças e acessórios	57
2.3.11	Montador de andaime	58
3	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	59
3.1	DELINEAMENTO DO ESTUDO	59
3.2	PESQUISA BIBLIOGRÁFICA.....	59
3.3	ESTUDO DE CASO.....	60
3.3.1	Análise Ergonômica do Trabalho - AET	60
3.3.2	ErgCCP.....	61
3.3.3	Diagrama de causa e efeito.....	61
3.4	CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA	62
4	ANÁLISE ERGONÔMICA DO TRABALHO	65
4.1	DEMANDA	65
4.2	ANÁLISE DA TAREFA E DAS ATIVIDADES REALIZADAS	65
4.2.1	Perfil dos montadores de andaime	65

4.2.2	Antes de iniciar o trabalho	66
4.2.2.1	Análise Preliminar de Risco e PT	67
4.2.2.2	DDS – Diálogo Diário de Segurança	68
4.2.2.3	Segurança, EPI e Ferramentas.....	69
4.2.2.4	Movimentação de Material	70
4.2.3	Durante a montagem.....	70
4.2.3.1	EPIs e Ferramentas para segurança.....	71
4.2.3.2	Sequência de Atividades	75
4.2.3.3	Trabalho em Altura	77
4.2.4	Liberação do andaime.....	78
4.3	DIAGNÓSTICO/RECOMENDAÇÕES ERGONÔMICAS.	81
5	ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	87
5.1	Perfil de Publicações.....	87
5.2	Análise ergonômica e o diagrama de causa e efeito.....	92
5.3	Ergonomia de Correção, Conscientização e Participação	99
6	CONCLUSÃO	105
7	REFERÊNCIAS.....	107

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTO DA PESQUISA

A produção de petróleo é mais do que uma questão econômica, é uma questão estratégica para o Brasil. O aumento na produção está diretamente relacionado com a construção de novas plataformas, o que movimentou a indústria de construção. O Projeto Replicantes é parte do Programa de Aceleração do Crescimento do Governo Federal e tem previsto um total de R\$ 12 bilhões em investimentos. Os Replicantes são um conjunto de seis plataformas do tipo FPSO (*Floating, Production, Storage and Offloading*) que juntas produzirão 900 mil barris de óleo e processarão 36 milhões de m³ de gás por dia. As plataformas são construídas em partes e depois integradas, antes de começar a produzir. Módulos e cascos são construídos em diversos locais, como Maceió-AL, Angra dos Reis-RJ, Itajaí-SC, Rio Grande-RS, China e Tailândia. A obra localizada em Itajaí-SC atingiu um pico de 2.000 trabalhadores e média de cerca de 1000 pessoas na construção e montagem de 18 módulos (Geração e Gás Combustível e Desidratação) destas plataformas em um estaleiro com área de 110.000 m².

De acordo com a Organização Internacional do Trabalho (OIT), acidente ocupacional é um incidente que ocorre no trabalho, podendo ou não resultar em fatalidade. A OIT estima que dentre os 2,7 bilhões de trabalhadores no mundo, mais de 2 milhões de mortes por ano são devidas a doenças ou ferimentos causados no trabalho (ILO, 2013). A indústria de construção possui uma das maiores taxas de acidentes, com mais de 60 mil acidentes fatais por ano. E a principal causa de acidentes fatais em construção são quedas de altura (LIPSCOMB et al., 2014). Segundo López et al., (2008), as chances de um acidente ter sérias consequências aumentam quando andaimes estão envolvidos. Mesmo com o aumento da atenção dos trabalhadores da construção aos perigos e riscos envolvidos com o trabalho em altura, as quedas ainda aparecem liderando as causas de acidentes fatais (GOH E SA'ADON, 2015).

Entre as técnicas aplicadas na prevenção de riscos ocupacionais, atualmente se está utilizando a Ergonomia como uma ferramenta multidisciplinar dedicada a examinar as condições de trabalho com o fim de obter a melhor harmonia possível entre o homem e o ambiente de trabalho, conseguindo também o desenvolvimento de condições ótimas de conforto e eficácia produtiva (GUÉRIN et al., 2002).

Os acidentes ocupacionais podem ser abordados através da Análise Ergonômica do Trabalho (AET), uma ferramenta utilizada na ergonomia.

A abordagem da AET é estruturada nas etapas de análise da demanda, análise da tarefa, análise da atividade, diagnóstico e recomendações. Todas se encadeiam com o objetivo de compreender o trabalho para transformá-lo (GUÉRIN et al., 2001).

O problema da queda de altura tem sido estudado em todo o mundo, com estudos teóricos e aplicados, mas a queda ainda é o maior problema de segurança na indústria de construção, especialmente na presença de estruturas temporárias como andaimes.

A questão da queda de altura não se limita à lesão do trabalhador, mas também às consequências sociais e econômicas decorrentes de acidentes de trabalho. Um acidente causa custos financeiros para a área da saúde e custos sociais.

Quedas, ser atingido por objeto, ser eletrocutado e ficar preso são conhecidos como “o quarteto mortal – *the fatal four*” pela OSHA (Segurança Ocupacional e Administração da Saúde). Dentro deles, as quedas são responsáveis por 35% dos acidentes fatais (OSHA, 2017).

Existe uma relação bilateral entre segurança e produtividade que é influenciada por diversos fatores dinâmicos em um canteiro de obras. Há uma máxima na indústria que diz que “quanto maior a produtividade, menor é a segurança. Ao mesmo tempo que quanto maior a segurança, menor é a produtividade.” Foi desenvolvido um diagrama de causa e efeito, baseado em citações da literatura e na experiência de obras, que irá mostrar como a segurança e a produtividade estão vinculadas.

Por fim, foi aplicada a ferramenta ErgCCP – Ergonomia de Correção, Conscientização e Participação, que é uma ferramenta onde a equipe de construção e montagem fica responsável por identificar as condições inseguras e atuar até que estas sejam eliminadas. Transfere a responsabilidade para todos os trabalhadores da obra e atua imediatamente na percepção do risco. Não apenas quem está na frente de trabalho é informado do problema e aprende a perceber os riscos da sua atividade, como todos os demais tornam-se guardiões da segurança no estaleiro

Diante de um cenário de construção complexo e estatísticas de acidente tão impactantes, o que fazer para prevenir? A AET e o diagrama de causa e efeito são eficazes para o mapeamento do risco? A ferramenta ErgCCP é eficiente para diminuir os incidentes?

1.2 OBJETIVOS

Para responder tais questões o presente estudo analisa - sob o ponto de vista da ergonomia - os fatores que tangem as questões de segurança do trabalho dos montadores de andaime por ocasião de obras em uma obra de construção naval.

1.2.1 Objetivo geral

Analisar as rotinas de montadores de andaime e suas relações com os fatores de risco relacionados a queda de altura.

1.2.2 Objetivos específicos

- Estudar as condições de trabalho, por meio da Análise Ergonômica do Trabalho no posto de trabalho e suas relações com os fatores de risco de queda de altura do montador de andaime;
- Construir um diagrama de causa e efeito que apresente a dinâmica da construção naval.
- Indicar as principais causas, consequências e tentativas de melhoria da segurança do trabalhador;
- Aplicar uma ferramenta de gestão para combater os acidentes por queda de altura;
- Realizar modificações na organização do trabalho visando mais produtividade e menos riscos no trabalho em altura.

1.3 JUSTIFICATIVA

Do início ao fim das obras no estaleiro em Itajaí-SC, há necessidade de montagem e desmontagem de andaimes, fatores que tornam esta atividade crítica na obra. O andaime é uma estrutura montada provisoriamente e é utilizada pelos trabalhadores de todas as frentes de trabalho. O montador de andaimes tem a importante responsabilidade de promover o acesso seguro às demais disciplinas de construção e montagem da plataforma, dentro dos prazos definidos pela obra.

Apesar da indústria de construção ter mostrado melhoras significativas em segurança nos últimos 30 anos (NGUYEN et al., 2016). E, mesmo com o aumento da atenção dos trabalhadores da construção aos

perigos e riscos envolvidos com o trabalho em altura, as quedas ainda aparecem liderando as causas de acidentes fatais (GOIH E SA'ADON, 2015). Em muitos países os riscos de queda de altura no trabalho têm sido discutidos. No Reino Unido, quase metade das mortes de trabalhadores no setor da construção, de 2010 a 2014, foram causadas por queda de altura (U.K. HEALTH AND SAFETY EXECUTIVE, 2015). Em Hong Kong, 50% dos acidentes fatais em construção em 2012 foram causados por queda de altura (HONG KONG LABOUR DEPARTMENT, 2013). As chances de um acidente ter sérias consequências aumentam quando andaimes estão envolvidos (LÓPEZ et al., 2008). O risco não está limitado a trabalhadores inexperientes e sérias lesões ultrapassam os limites de idade e etnias (DONG et al., 2009).

Em 2015, as quedas foram responsáveis por 27% do total de acidentes ocupacionais nos EUA (BUREAU OF LABOR STATISTICS, 2015). Alguns fatores que contribuem são a falta de barreira de proteção coletiva, ineficiência de algumas barreiras, falta de treinamento dos trabalhadores e local restrito (HSIAO E SIMEONOV, 2001).

Lesões por quedas não afetam apenas os trabalhadores da construção e suas famílias, mas também resultam em um impacto econômico significativo. Para medicamentos e dias de afastamento, estão relacionados custos ao empregador relacionados ao plano de saúde e despesas jurídicas (HINZE E GAMBATESE, 1996). Pesquisadores apontaram que as quedas foram as causas dos maiores custos relacionados a lesões em vários países (GAVIOUS et al., 2009). Nos EUA, o custo total associado a lesões por queda varia entre 55 mil dólares e 76 mil dólares. O custo total estimado por lesões ocupacionais na indústria de construção foi de 11,5 bilhões de dólares em 2002 (WAEHRER et al., 2007). Na Holanda, o custo total de saúde devido a quedas foi aproximadamente 500 milhões de euros em 2004 (MEERDING et al., 2006).

No estaleiro em Itajaí, durante 9 meses foram verificadas 2491 situações de risco, das quais 499 estavam relacionadas ao trabalho do montador de andaimes. Estas situações, estatisticamente, geram acidentes e, neste caso, relacionados ao trabalho em altura.

Este tema está muito atual no meio científico devido aos impactos sociais e econômicos que os acidentes por queda causam na indústria de construção.

Tanto a Análise Ergonômica do Trabalho (realizando a observação das atividades e diagnóstico) quanto a ferramenta ErgCCP (ergonomia de

correção, de conscientização e de participação) estão fortemente vinculadas à área de ergonomia neste trabalho.

1.4 DELIMITAÇÕES DO TRABALHO

O presente trabalho de dissertação foi realizado em um estaleiro localizado em Itajaí-SC, onde é realizada a construção e montagem de módulos para o projeto Replicantes de plataformas de petróleo para o pré-sal.

O público-alvo são as equipes de montadores de andaimes que contam com mão-de-obra variável, em média 90 montadores e 7 supervisores. Foram escolhidos por ser o principal grupo sob risco de sofrer queda de altura. Foram priorizadas ações que envolvessem todos os usuários dos andaimes, não apenas os montadores.

Este trabalho não realizou entrevistas com os empregados, o que poderia contribuir para um entendimento mais aprofundado de questões técnicas e sociais.

O diagrama de causa e efeito é específico para o problema deste trabalho e não contém fórmulas matemáticas para expressar numericamente os efeitos de um sobre outro. Mas pode ser usado como referência para a construção de diagramas similares.

A ferramenta ErgCCP é uma planilha simples e, portanto, não há realimentação de dados para a solução definitiva de algumas condições inseguras que são recorrentes.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 ERGONOMIA

A Associação Brasileira de Ergonomia (ABERGO) define ergonomia da seguinte forma: Entende-se por ergonomia o estudo das interações das pessoas com a tecnologia, a organização e o ambiente, objetivando intervenções e projetos que visem melhorar, de forma integrada e não-dissociada, a segurança, o conforto, o bem-estar e a eficácia das atividades humanas. (ABERGO, 2010).

Segundo Iida (2005), “a ergonomia estuda tanto as condições prévias como as consequências do trabalho e as interações que ocorrem entre homem, máquina e ambiente durante a realização deste trabalho.”

Os objetivos da ergonomia são melhorar o conforto, a segurança e o bem-estar dos trabalhadores. E apesar de o aumento da produtividade não ser um objetivo da ergonomia, é uma consequência natural das melhores interações do trabalhador com a sua atividade, trazendo benefícios econômicos. Atualmente tem sido usada a ergonomia como uma técnica multidisciplinar com foco a analisar as condições de trabalho e buscar a melhor interação possível entre o homem e o ambiente de trabalho, como uma técnica aplicada na prevenção de riscos ocupacionais (GUERIN et al., 2002).

O termo “ergonomia” foi utilizado pela primeira vez em 1857 na obra de Wojciech Jastrzebowski, intitulada *An Outline of Ergonomics, Or The Science of Work Based Upon the Truths Drawn from the Science of Nature* (Ensaio de Ergonomia, ou a Ciência do Trabalho baseado nas Leis Objetivas da Ciência da Natureza). A Ergonomia, como ciência, é resultado de uma longa evolução, desenvolvendo-se mediante as análises de situações de trabalho, procurando-se a adaptação dos postos de trabalho e do ambiente onde o trabalhador realiza suas atividades. (IIDA, 2005).

Desde os primórdios da humanidade sempre se procurou facilitar a execução de tarefas, adaptando as situações de trabalho às características humanas, com o intuito de facilitar a execução de tarefas. Começou provavelmente com o homem pré-histórico que escolheu uma pedra que melhor se adaptasse à forma da sua mão. A preocupação em adaptar o ambiente natural e construir objetos artificiais para atender às suas conveniências é antiga. No processo de evolução da ergonomia, os métodos que fizeram essa ciência se consolidar foram as Análises do Trabalho, ou seja, observações sistematizadas que permitiram a aplicação

de melhorias e criação de regras baseadas em uma lógica natural (IIDA, 2005).

A ergonomia pode ser considerada um marco na história do trabalho, sobretudo porque ela não visa modificar o homem, mas sim as condições do seu trabalho. Ela preza pela proteção do trabalhador e atenta aos aspectos subjetivos do homem, ou seja, vai além da identificação de não conformidades físicas como a temperatura, o ruído e a carga física de trabalho, e entende que aspectos psicológicos são tão importantes quanto os fisiológicos (FALZON, 2007).

A ergonomia apresenta-se por três domínios principais, que podem ser assim definidos:

Ergonomia Física: Aborda as características anatômicas, antropométricas, fisiológicas e biomecânicas do homem em sua relação com a atividade física. Tópicos relevantes incluem as características da anatomia humana, a antropometria, fisiologia, biomecânica, postura de trabalho, o levantamento de objetos, os movimentos repetitivos, o layout do posto de trabalho, a segurança e a saúde relacionados com a atividade física. (IEA, 2017; IIDA, 2005; COUTO, 2002).

Segundo Iida (2005) e Couto (2002), a aplicação da ergonomia no âmbito laboral se concentra na melhora dos seguintes aspectos: Ferramentas e utensílios de trabalho; Condições ambientais; Comandos e indicadores; Condições do posto de trabalho; Carga física e carga mental.

Ergonomia Cognitiva: Está preocupada com os processos mentais dos trabalhadores, tais como percepção, memória e resposta motora, pois afetam a relação do trabalhador com os outros elementos do sistema. Os temas centrais são a carga mental de trabalho, a tomada de decisão, a interação homem-máquina, a confiabilidade, o estresse e o treinamento (IEA, 2017, IIDA, 2005).

É uma disciplina científica que tem por objetivo explicar os aspectos cognitivos da relação entre a ação humana e os elementos físicos e materiais do ambiente (CRUZ, 2006).

Ergonomia Organizacional: Aborda a otimização dos sistemas sócio- técnicos, incluindo a estrutura organizacional, regras e processos. Os tópicos mais relevantes incluem a comunicação, a gestão dos processos industriais, a concepção do trabalho, os horários e a jornada de trabalho, o trabalho em equipe, o trabalho participativo e sua gestão, as novas formas de trabalho, a cultura organizacional, organizações virtuais e a gestão da qualidade. Estes fatores interagem diretamente nas questões relacionadas ao comportamento humano e às relações de trabalho (IEA, 2017; IIDA, 2005; VIDAL, 2002).

Quanto ao campo de atuação, a ergonomia tem aplicação na indústria, agricultura, mineração, construção, setor de serviços, ou seja, abrange tudo que fazemos. A aplicação sistemática é feita identificando os locais com alto índice de erro, acidentes, doenças, absenteísmo e rotatividade dos empregados. (IIDA, 2005).

A Ergonomia pode ser dividida em quatro segmentos distintos:

Ergonomia de Concepção: aplicada na fase de projeto do produto, da máquina, ambiente ou sistema. (IIDA, 2005).

Ergonomia de Correção: é aplicada em situações já existentes para resolver problemas de segurança, fadiga, doenças do trabalhador ou problemas de produção. Modifica elementos pontuais, como mudanças de posturas, colocação de dispositivos de segurança ou aumento da iluminação (IIDA, 2005).

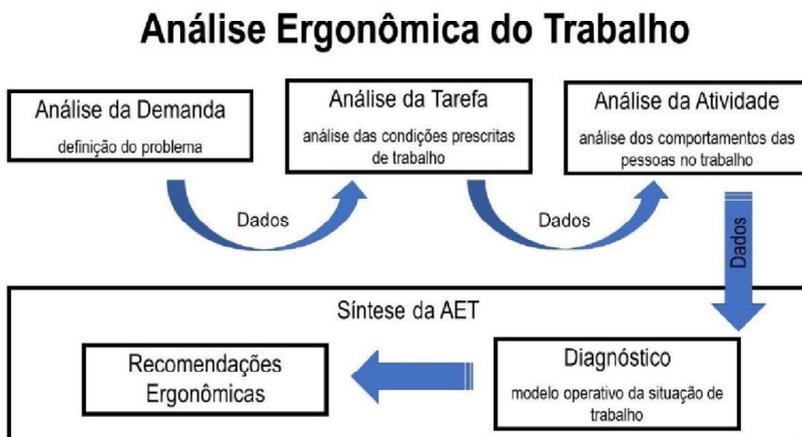
Ergonomia de Conscientização: capacita os próprios trabalhadores para a identificação dos problemas diários, recorrentes e emergenciais. Pode ser transmitido o conhecimento através de treinamentos ou passagem de experiência (IIDA, 2005).

Ergonomia de Participação: Envolve o trabalhador na solução do problema (IIDA, 2005).

2.1.1 Análise Ergonômica do Trabalho (AET)

A Figura 1 apresenta o fluxo de uma AET.

Figura 1 - Levantamento de dados



Fonte: Adaptado de Santos et al, 1997

A AET visa aplicar os conhecimentos científicos da ergonomia para entender o problema, analisar a atividade, diagnosticar a situação, recomendar e realizar a adequação de um problema real de trabalho (IIDA, 2005).

Na demanda tem-se a descrição do problema, que é o ponto de partida da AET. A análise da demanda procura investigar em todas as fontes possíveis a origem e o tamanho dos problemas, que por vezes não tem consenso entre os trabalhadores envolvidos. O ergonomista deve estruturar as informações e orientar o seu estudo para o restante da análise (ABRAHÃO et al., 2009; IIDA, 2005).

A tarefa é o conjunto dos objetivos prescritos dados aos operadores. A distância entre a tarefa e a realidade é um dos objetivos da AET. O ergonomista nessa etapa busca conhecer todos os fatores que se apresentam prescritos para o trabalhador, tais como o ambiente de trabalho, os procedimentos e as instruções de trabalho e segurança (GUÉRIN et al., 2001; IIDA, 2005).

A atividade descreve o comportamento do trabalhador na realização e obtenção dos resultados da sua tarefa, e como os meios prescritos são usados pelo trabalhador. Nesta etapa ocorre a investigação sobre fenômenos fisiológicos e psicológicos que caracterizam o ser humano na realização de seus atos. Procura-se entender quais são as estratégias do trabalhador para atender aos objetivos que lhe foram atribuídos (GUÉRIN et al., 2001; IIDA, 2005). A observação da atividade isenta de pré-conceitos é uma característica essencial da AET (WISNER, 2004).

O diagnóstico evidencia as diversas patologias ergonômicas da situação de trabalho. É o resultado da AET e procura descobrir as causas que provocam o problema descrito na demanda. Tem como orientação o princípio da globalidade, com o foco na participação holística do homem no trabalho (GUÉRIN et al., 2001; IIDA, 2005).

As recomendações ergonômicas são as providências a serem tomadas para solução dos problemas. Devem ser bem detalhadas para não restar dúvidas quanto à maneira que serão implementadas, indicando responsáveis pela execução e prazos (IIDA, 2005).

2.2 ERGONOMIA E A INDÚSTRIA DE CONSTRUÇÃO

2.2.1 Queda de altura

Nas atividades realizadas em locais elevados, com altura superior a dois metros do piso, o risco de queda pode ter consequências graves e

fatais. Nesse sentido, se faz importante observar as atividades e as condições do ambiente do trabalho a ser realizado para que se possa evitar a queda do trabalhador.

Quatro tipos de acidentes são considerados como “o quarteto fatal – *the fatal four*” pela OSHA (*Occupational Safety and Health Administration*): quedas, ser atingido por objeto, ser eletrocutado e ficar preso. Dentre os quatro, “quedas” são responsáveis por 35% dos acidentes fatais (OSHA, 2017).

Alguns fatores que contribuem são a falta de proteção coletiva, ineficiência de algumas barreiras, falta de treinamento dos trabalhadores e local restrito (HSIAO E SIMEONOV, 2001).

2.2.2 Causas da queda

Segundo Guha e Biswas (2013), negligência pela gerência para assegurar práticas seguras em campo e deixar de usar medidas de segurança pessoal são as maiores fontes de fatalidades na indústria da construção.

Alguns fatores potencializam a incidência de acidentes no trabalho, tais como: ato inseguro, condição de trabalho insegura, barreira de comunicação e falta de comprometimento gerencial (LIY, 2016).

Segundo Lij (2016), a barreira de comunicação é a principal causa de acidentes, principalmente quando a informação não é clara, quando há barreira de linguagem (fala, escrita e leitura) e quando há falha na linha de comunicação entre técnico de segurança e empregados.

2.2.3 Proteção contra queda

Com relação à gravidade da queda, os três fatores críticos são a distância do chão, a ocupação do trabalhador e a origem da queda (CHEN e LUO 2016). Portanto, o uso de equipamentos de proteção contra quedas tem um enorme impacto no nível de ferimento sofrido (JANICAK, 1998).

Alguns trabalhadores, como os montadores de andaime, devem usar o cinto de segurança contra queda sempre que vão a campo. Porém, muitos deles sentem-se desconfortáveis com a vestimenta. Por isso, além da conscientização dos trabalhadores, o projeto de cintos precisa ser melhorado.

A falsa sensação de segurança em altura muitas vezes se deve ao acúmulo de experiência sem sofrer quedas.

A gerência precisa fornecer regularmente aos montadores de andaimes os relatórios de casos de acidentes causados pela não utilização de cintos de segurança para conscientizar os montadores de andaimes de acidentes causados por não usar. É importante que os gerentes conheçam o significado de sua influência sobre os montadores de andaimes (ZHANG e FANG, 2013, p. 220).

O uso de equipamento de proteção individual (EPI) é obrigatório e extremamente importante na proteção contra queda.

2.2.4 Prevenção de acidentes

A construção é um lugar de atividades complexas e relacionamentos dinâmicos. (FASS et al., 2016). Além disso, tem estatísticas de acidente impactantes. O que fazer para prevenir? Certamente investir no treinamento de empregados e chefia é crucial para a melhora nos resultados.

O treinamento deve incluir como instalar, usar, testar e inspecionar corretamente os sistemas de proteção de queda (JANICAK, 1998).

Na Índia, andaime inadequado é um dos quatro maiores perigos em construções (GUHA E BISWAS, 2013). Por isso, Kines (2003) afirma que a utilização de medidas de proteção coletiva representaria menos esforço e ao final seria mais efetivo na prevenção de quedas. A exemplo dessa afirmação, GOH e GOH (2016) dizem o seguinte:

Em Cingapura, as empreiteiras são solicitadas a desenvolver e implementar um plano de prevenção de queda para eliminar e mitigar o risco de queda nos canteiros de obra. Este plano é um documento que registra informações como política de prevenção de queda, papéis e responsabilidades, avaliação de risco de queda e resposta de emergência (GOH e GOH, 2016, p.186).

Os estágios cognitivos para o trabalhador evitar um acidente passam por detecção dos riscos, reconhecimento dos perigos e execução

da decisão tomada. Em cada um o fator humano está presente, portanto, sujeito a erro. Segundo Liy et al., (2016) as medidas típicas para reduzir os perigos de queda são: treinamento, sistema de proteção contra quedas, execução de atos, regulamentos e diretrizes, consciência de segurança e campanha de prevenção contra queda, inspeção no local de trabalho, sistema efetivo de gerenciamento de segurança.

2.2.5 Tecnologia

Tornar os locais de construção mais seguros usando tecnologia é uma tentativa de evitar quedas. Por exemplo, Albert et al. (2014) desenvolveram uma abordagem identificando e transmitindo um risco de construção em tempo real.

Yang et al. (2014) utilizaram unidades de medição inercial e introduziu um método que detecta incidentes de queda.

A modelagem de informações de construção (BIM) é outra tecnologia empregada para reduzir acidentes de queda. Kim et al., (2016) testaram-na para integrar as sequências de trabalho e as estruturas temporárias no planejamento de segurança.

Park et al. (2016) monitoraram automaticamente a segurança da construção com o uso de sensores Bluetooth de baixo consumo de energia.

Tecnologia de Equipamentos: Equipamentos de prevenção de queda, como cintos de segurança e amortecedores, devem ser melhorados para reduzir danos ao corpo e à cabeça durante as quedas. (HINO et al., 2014)

Tecnologia na Gestão de Riscos: As árvores de falha podem ser muito eficazes na comunicação dos achados de pesquisa de possíveis causas e cenários de acidentes para trabalhadores da construção (SVEDUNG e RASMUSSEN, 2002). Dado que as quedas fatais podem ser causadas por mais de uma combinação de causas, a integração de todas as possíveis combinações de causas pode ser considerada como a união dessas combinações de causas (CHI et al., 2014).

2.2.6 Treinamento

Educar os empregadores e os trabalhadores sobre a importância e a eficácia da proteção contra quedas é crucial para o cumprimento e a prevenção de queda (DONG et al., 2017).

Trabalhadores sem experiência podem estar expostos a riscos com os quais não estão preparados para lidar. Porém, bem treinados, podem estar mais seguros do que aqueles que tem apenas experiência. De outro lado, os supervisores recebem a pressão por resultados de produção e muitas vezes nem conhecem os procedimentos de segurança contra queda. Por isso, o treinamento para supervisores pode aumentar o uso da proteção contra quedas, melhorar a comunicação com os trabalhadores, o que somados darão melhores resultados em termos de segurança.

Após o treinamento, a frequência das orientações diárias aumentou e essas conversas se tornaram mais interativas e focadas nas tarefas perigosas do trabalho diário. Os supervisores observaram seus locais de trabalho atentando para os riscos de queda com mais frequência. Observamos maior conformidade com a proteção contra quedas e diminuição dos comportamentos inseguros durante as auditorias do local de trabalho. (KASKUTAS et al., 2013).

2.2.7 Custo de queda

Um acidente causa custos para a área da saúde, para previdência e pela falta de produtividade do trabalhador afastado. O custo é um dos motivos que gera inúmeras iniciativas voltadas a melhorar a segurança em canteiros de obra, conforme apontaram Welch et al., (2007).

A queda de altura em um canteiro de obras é uma causa comum de trauma que representa um fardo financeiro significativo no sistema de saúde (TUMA et al., 2013).

2.2.8 Segurança em andaimes

Segurança no trabalho tem relação direta com o tipo de andaime utilizado e a forma como é montado. Conforme alertado em (GOH et al., 2016), as construtoras que usam equipamentos para trabalho temporário

em altura devem priorizar o uso de andaimes padrão e não andaimes não padronizados.

Estudos abordam os riscos ergonômicos envolvidos nas posturas de trabalho adotadas ao manejar cargas em "andaimes suspensos" (PENALOZA et al., 2008) e as técnicas ergonomicamente inadequadas na desmontagem de andaimes (CUTLIP et al., 2000). A desmontagem de andaimes foi relatada como uma das tarefas mais perigosas na indústria da construção devido aos riscos de queda.

Na China, os resultados dos testes empíricos mostram um quadro alarmante.

O desconforto de usar cintos de segurança, subestimando o risco de não usar cintos de segurança, pressões negativas de encarregados, supervisores e técnicos de segurança, e a falta de linhas de segurança são causas de montadores de andaimes decidirem não usar cintos de segurança (ZHANG e FANG, 2013, p. 207).

Outro aspecto fundamental é o uso dos EPIs adequadamente. Em Goh e Sa'adon (2015), observou-se que alguns dos montadores de andaimes imediatamente ancoravam seus cintos quando seus supervisores estavam perto.

2.3 MONTAGEM DE ANDAIMES

Andaimes são “plataformas necessárias à execução de trabalhos em lugares elevados, onde não possam ser executados em condições de segurança a partir do piso.” (NBR 6494:1990).

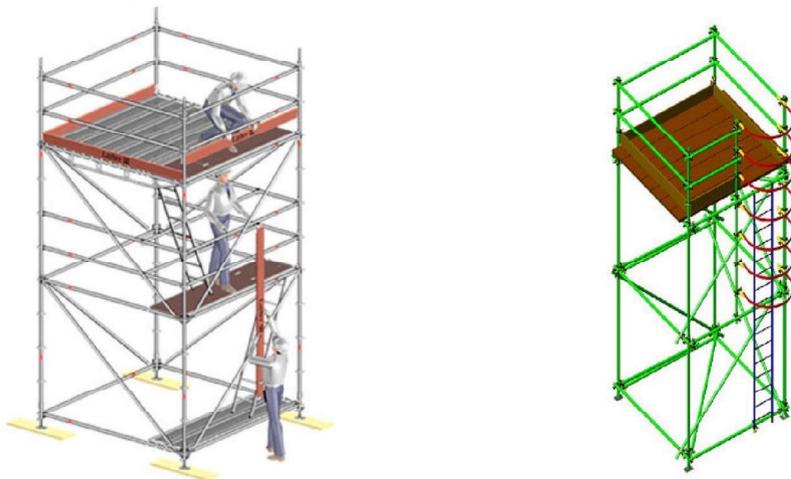
Para permitir acesso aos pontos mais elevados são utilizados acessos, os quais podem ser escadas, rampas, elevadores, passarelas ou plataformas. O acoplamento de dois tubos de andaime pode ser normal (formando ângulo reto) ou giratório (formando qualquer ângulo). Das partes que formam o andaime, o colarinho tem a função de facilitar e dar rigidez ao andaime junto à base regulável, permitindo a montagem das primeiras travessas antes de serem montados os postes. As diagonais têm a função de contraventamento da estrutura e distribuição dos esforços. As diagonais podem ser fixadas nas travessas, proporcionando maior rigidez à estrutura, ou fixada nos postes, para manter o esquadro da estrutura.

Guarda-corpo é a estrutura responsável por evitar a queda de pessoas. Rodapé é a estrutura responsável por evitar queda de material ou ferramenta da plataforma de andaime. Longarina é o tubo na direção oposta à da travessa, fixado em ângulo reto e responsável pela amarração longitudinal do andaime. Luva de união é o equipamento de união de dois tubos. A base regulável é utilizada para nivelamento dos postes quando o solo é irregular. Mão francesa ou mísula é o equipamento que aumenta a plataforma de serviço. Plataforma de serviço são as pranchas justapostas que formam o piso do andaime. Poste é o tubo do andaime que fica na vertical e transmite os esforços para a base de apoio. Rodízio é o equipamento com rodas e travas de segurança que permitem o deslocamento horizontal do andaime. Travessa é o tubo do andaime de encaixe montado na horizontal e responsável pela amarração transversal do andaime. Os sistemas de ancoragem para equipamentos de segurança são componentes dimensionados para suportar impactos de queda através do EPI do montador, de modo a permitir sua mobilidade na execução das atividades com a devida segurança.

2.3.1 Tipos de andaimes

Os tipos de andaimes mais comuns em obra são o Multidirecional e o Tubo e Braçadeira (Figura 2).

Figura 2 - Multidirecional (esq.) e Tubo e Braçadeira (dir.)



Fonte: ABEMI – Associação Brasileira de Engenharia Industrial
www.abemi.org.br/?wpdmact=process&did=MzUwLmhvdGxpbms=

Conforme Toffoletto e Mata (2014), o Multidirecional e outros Sistemas de Encaixe utilizam uma cunha de travamento do próprio sistema para fixação das horizontais (travessas), onde não há necessidade de conferência de medidas (postes e horizontais) dos elementos para a montagem. Este tipo de andaime possibilita a conexão de até 8 peças num só ponto. O Tubo e Braçadeira necessita ter as medidas (tamanhos de postes e horizontais) feitas durante a montagem, além da necessidade de fixação de parafusos (braçadeiras) para montagem da estrutura. Neste tipo o travamento da diagonal é feito com braçadeira giratória travado no poste ou com braçadeira fixa travada na travessa, necessitando maior quantidade de diagonais para travamento e estabilidade do conjunto.

2.3.1.1 Andaimos como estrutura de acesso

Para realização de atividades da indústria de construção é comum a necessidade de dar acesso a trabalhadores em locais que não foram projetados para receber pessoas depois de construídos. Muitos destes locais são elevados e configuram trabalho em altura.

O mercado de andaime atualmente vem recebendo grande quantidade de diferentes tipos de equipamentos que prometem atender a necessidades do trabalho em altura em muitas situações com mais agilidade, segurança e melhor custo benefício.

O tipo de andaime utilizado neste trabalho é ideal, pois se adequa a qualquer necessidade de acesso e, o mais importante, provendo segurança. O andaime tubo equipado também pode ser chamado de tubo forte, tubo e braçadeira, tubular ou tubo Rohr.

2.3.1.2 Andaimos de tubo equipado

O sistema tipo tubo equipado é simples. São tubos de aço de diversos tamanhos, todos do mesmo diâmetro. Os tubos são unidos por braçadeiras também de aço que são apertadas através de ferramenta manual (chave catraca) pelos montadores de andaime.

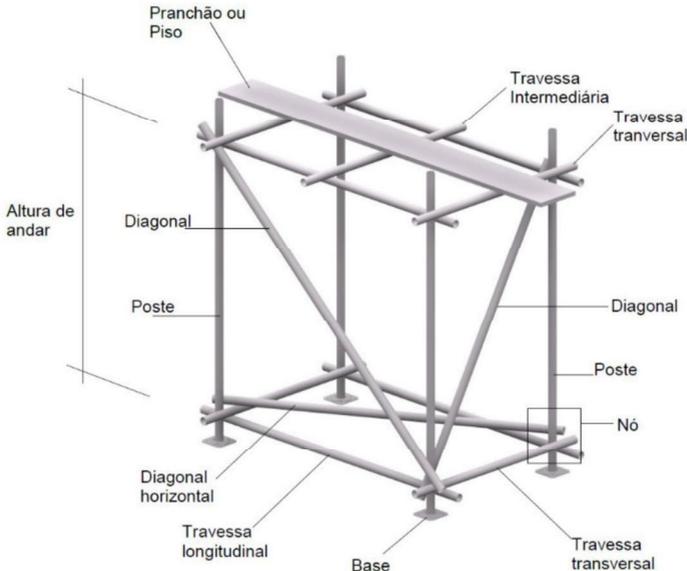
2.3.1.3 Andaime simplesmente apoiado fixo

São estruturas simplesmente apoiadas sobre uma superfície de suporte. Sua base pode estar apoiada sobre diferentes níveis no solo. As cargas recebidas nas plataformas de trabalho são descarregadas diretamente no solo através dos postes e sapatas.

2.3.2 Elementos que compõem a estrutura do andaime

O elemento principal do andaime tubo equipado é o próprio tubo, que recebe o nome técnico de tubo de aço carbono de seção circular com costura de 48,3mm. A Figura 3 mostra os nomes dos elementos e a posição que ocupam na estrutura do andaime.

Figura 3 - Andaime tubo equipado com seus elementos



Fonte: <http://www.sh.com.br/blog/2012/montagem-de-andaimes/>

A seguir a descrição dos principais elementos do andaime:

Poste: tubo na posição vertical que transmite as cargas do andaime no ponto de apoio. Nesta condição, trabalha a compressão. Podem ser: articulado (localizado próximo ao engastamento); intermediário (acoplado apenas com uma braçadeira fixa em uma travessa ou longarina); engastado (acoplado a uma travessa e também a uma longarina, ambas com braçadeiras fixas); e duplo (dois postes engastados no mesmo nó, ambos com braçadeiras fixas).

Travessa: tubo que une dois postes na menor dimensão da base do andaime.

Longarina: tubo que une dois postes na maior dimensão da base do andaime.

Diagonal Vertical Transversal: tubo é fixado nas longarinas com braçadeiras fixas.

Diagonal Vertical Longitudinal: tubo é fixado nas travessas com braçadeiras fixas.

Diagonal Horizontal: tubo acoplado nos postes, com braçadeiras fixas, formando uma diagonal no plano horizontal da base do andaime.

Mão Francesa: barra inclinada que trabalha como uma diagonal e é projetada para fora da estrutura, normalmente sofrendo esforço de compressão. Muito utilizada para aumentar a plataforma de serviço.

Quebra-vão: tubo utilizado na horizontal e transversalmente ao andaime, realizando a função de reduzir o vão do piso do andaime, aumentando a capacidade de carga do mesmo ao mesmo tempo em que reduz a deformação (flecha) do pranchão.

Estroncamento: tubos que ligam a estrutura do andaime a um ou mais pontos rígidos, o suficiente para dar estabilidade ao andaime.

Montante: barra vertical que une travessas com tubos e braçadeiras.

Nó: É o encontro de dois ou mais tubos unidos por braçadeiras fixas ou giratórias que compõem a estrutura do andaime. Esta união pode ser entre postes e travessas, longarinas, diagonais horizontais ou verticais.

Nó simples: encontro de dois tubos acoplados por uma braçadeira fixa;

Nó duplo: encontro de um poste com uma travessa e uma longarina; e,

Nó de contraventamento: nó duplo com uma diagonal de contraventamento.

O acoplamento de dois tubos com uma braçadeira giratória constitui uma rótula, não constitui um nó rígido.

O acoplamento das barras e as emendas dos postes com utilização de luvas devem ser o mais próximo possível do nó, para evitar esforços de flexão nos tubos.

2.3.3 Estabilidade dos andaimes

O andaime tipo tubo equipado é composto por vários componentes e acessórios, cada um com uma função bem específica e essencial para a sua completa montagem. O andaime montado é composto de tubos de diversos tamanhos, braçadeiras fixas, braçadeiras giratórias, sapatas fixas ajustáveis ou rodízios, luvas, pranchões e rodapés de diversos tamanhos. Estes são os principais componentes com suas características e funcionalidades:

Tubo: o material utilizado para andaime tipo tubo equipado tem como elemento principal o tubo circular de aço carbono com costura DIN 2440. Este material não é fabricado para utilização em andaimes, mas cumpre muito bem esta função, porque suporta bem o carregamento do sistema estrutural.

Braçadeira Fixa - Acoplamento Fixo: a braçadeira fixa (Figura 4) muitas vezes chamada de acoplamento fixo, tem a função de unir dois tubos em ângulo reto (90°). O aperto da braçadeira fixa não deve ultrapassar a deformação elástica do aço mola.

Figura 4 - Braçadeira Fixa Acoplada



Fonte: <http://www.urbe.com.br/equipamentos/tubo-equipado/>

Braçadeira Giratória - Acoplamento Giratório: a braçadeira giratória (Figura 5) muitas vezes chamada de acoplamento giratório, tem a função de unir dois tubos em qualquer ângulo. É utilizada para unir elementos como diagonais e mão francesas.

Figura 5 - Braçadeira Giratória



Fonte: <http://www.urbe.com.br/equipamentos/tubo-equipado/>

Luva de acoplamento: a luva (Figura 6) tem a função de unir dois tubos em linha reta. Para as necessidades de tubos na função de postes sujeitos a tração, deve ser feita a união de um tubo adicional no trecho do tubo emendado com luva através da utilização de braçadeiras giratórias.

Figura 6 – Luva de acoplamento estrutural



Fonte: <http://www.urbe.com.br/equipamentos/tubo-equipado/>

Sapata Fixa - Base Fixa: a sapata fixa (Figura 7) muitas vezes chamada de base fixa, tem por função principal a distribuição de cargas dos tubos às bases. Por receber as pontas dos tubos, também contribui para a conservação do material de andaime. Podem ser simplesmente em chapa com ressalto, que impede o deslizamento do tubo, ou como dispositivo que permita variação angular. Deve ter preferencialmente dois furos, permitindo um melhor posicionamento.

É uma boa prática o uso de pranchão de madeira e apoiar a sapata sobre este pranchão.

Figura 7 - Sapata Fixa



Fonte: <http://grupomtorre.com.br/andaimos-tubo-roll>

Rodízio: a finalidade do rodízio (Figura 8) é permitir o deslocamento rápido horizontal de uma estrutura tubular. Podem ser totalmente metálicos ou com rodas envolvidas em borrachas, para que sejam utilizadas em pisos sensíveis aos rodízios com rodas metálicas.

Figura 8 – Rodízio



Fonte: <http://brasloc.com.br/produto/rodizio/>

Todo modelo de rodízio deve ter travas que impeçam o deslocamento acidental.

Pranchão: segundo NR 18 – 18.15.5 – A madeira para confecção de andaimes deve ser de boa qualidade, seca, sem apresentar nós e rachaduras que comprometam a sua resistência, sendo proibido o uso de pintura que encubra imperfeições. Figura 9 apresenta o pranchão de madeira.

Figura 9 - Pranchão de Madeira



Fonte: <http://grupomtorre.com.br/andaimetubo-roll>

Os pranchões de madeira com rachaduras devem ser descartados, exceto quando somente as extremidades estiverem danificadas. Neste

caso as extremidades podem ser serradas para uma dimensão padrão menor, descartando, assim, apenas a madeira inutilizável.

As pranchas devem ser montadas lado a lado, sem vão entre elas, e fixadas nas duas extremidades, de modo a prevenir o deslocamento durante o uso normal ou sob rajadas de ventos.

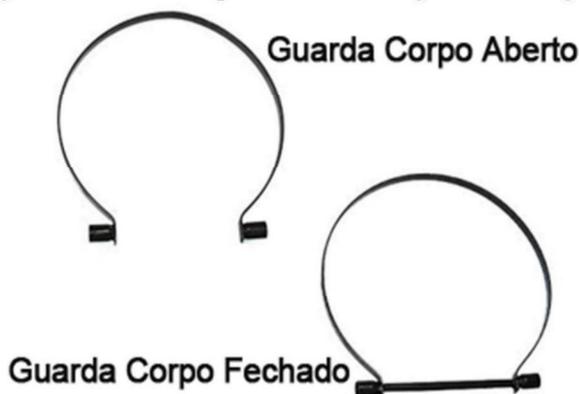
Rodapé: o rodapé geralmente utilizado é de madeira, sem função estrutural. É preferível o uso de uma madeira macia para facilitar eventuais ajustes que acontecem.

2.3.4 Componentes adicionais de segurança dos andaimes

Alguns componentes são utilizados como acessórios nas montagens dos andaimes e têm função de garantir maior segurança aos usuários, a saber:

Guarda-Corpo de Arco: o guarda-corpo de arco (Figura 10) normalmente é utilizado nas escadas marinheiro. Sua função é permitir o apoio das costas para descanso quando o usuário estiver subindo ou descendo as escadas, bem como possibilitar o apoio e escoramento em caso de desequilíbrio.

Figura 10 - Guarda-Corpo de Arco sem Degrau e com Degrau



Fonte: <http://grupomtorre.com.br/andaim-es-tubo-roll>

Protetor de Braçadeira: o protetor de braçadeira (Figura 11) protege os usuários e transeuntes de se machucar ao encostar acidentalmente na estrutura do andaime.

Figura 11 - Protetor para Braçadeiras



Fonte: <http://www.espiral.eng.br/protetor.html>

Protetor de Poste: o protetor de poste (Figura 12) também protege os usuários e transeuntes de se machucar ao encostar acidentalmente na estrutura do andaime, e também ao próprio tubo das intempéries ambientais.

Figura 12 - Protetor de Ponta de Tubo



Fonte: <http://www.cntecnica.com.br/>

2.3.5 Ferramentas utilizadas pelo montador de andaime

A ferramenta mais utilizada pelo montador de andaime é a catraca sextavada de 7/8". Praticamente todas das braçadeiras são acopladas com esta ferramenta. Frequentemente sua ponta é utilizada como martelo para promover uma melhor acomodação da braçadeira ao tubo. No entanto, esta prática não é recomendável, pois diminui a vida útil da ferramenta. A extremidade do cabo deve obrigatoriamente ser amarrada, como medida de segurança, através de cordão resistente ao cinto ou à roupa do montador de andaime. A amarração com o cordão evita a queda da ferramenta caso a mesma escape da mão do montador.

O serrote é uma ferramenta muito utilizada no ajuste das medidas dos pranchões e rodapés de madeira.

O nível deve ser metálico com imã, para reduzir o risco de queda. É utilizado para o nivelamento de travessas e longarinas, bem como o prumo de postes e torres.

Os tubos não devem ser cortados à revelia, sob o risco de faltar material de andaime no final da obra. Mas a ferramenta corta tubos de mão facilita o corte do tubo em campo.

A serra ferro de mão é uma ferramenta comum de canteiro de obra na indústria de construção. É prática e facilita o corte do tubo de andaime em campo.

O martelo utilizado para pregar e despregar os pranchões e rodapés nas plataformas dos andaimes.

Essas ferramentas podem ser vistas na Figura 13.

Figura 13 - Ferramentas utilizadas na montagem de andaimes

Ferramentas utilizadas	Foto ilustrativa
Nível de bolha	
Corta Tubos de Mão	
Serra Ferro de Mão	
Martelo	
Chave catraca	
Cinto de Chave Catraca	
Serrote de madeira	

Fonte: Autor com base em imagens da internet

2.3.6 Padronização da montagem de componentes

A padronização tem a vantagem de facilitar o entendimento nas montagens, agiliza a produção das atividades e facilita a leitura da liderança e supervisão no momento de liberar os andaimes para utilização.

No processo de desenvolvimento de um projeto de andaime, é comum que sejam estruturas superdimensionadas do ponto de vista de resistência estrutural, pois em primeiro lugar está a segurança das estruturas temporárias. No entanto, deve-se buscar otimizações de modo a diminuir custo, tempo e aumentar a eficiência sem perder de vista a garantia da segurança.

Os projetos padrões definem dimensões para base, largura e comprimento, onde os dados serão expostos em planilhas no memorial descritivo e em projeto para auxiliar nas montagens. A dimensão de sua altura será definida pela necessidade de montagem em campo para altura máxima total de 24 metros, que se trata do ponto mais alto das estruturas dos módulos das plataformas.

Plataforma de Trabalho: a plataforma de trabalho (Figura 14) é o local onde os trabalhadores utilizam para trabalho e traslado pela estrutura. Segundo as normas regulamentadoras, com relação a plataforma de trabalho:

NR 18 – 18.15.2.6 – As superfícies de trabalho dos andaimes devem possuir travamento que não permita seu deslocamento ou desencaixe;

NR 34 – 34.6.4.1 – As plataformas devem ser projetadas, aprovadas, instaladas e mantidas de modo a suportar as cargas máximas permitidas;

NBR 6.494 – 3.1.8.2 – Pisos em tábuas de 0,025 m de espessura não podem ter vãos maiores que 2,00 m, e devem ser travados entre si. Para vãos até 1,50 m, não é obrigatório o travamento;

NBR 6.494 – 3.1.8 – Os pisos em pranchas ou tábuas devem apoiar-se preferencialmente sobre três travessas com dispositivos em suas extremidades para evitar o escorregamento. No caso de apoio sobre duas travessas, a fixação das extremidades é obrigatória. A madeira empregada na execução dos pisos deve ser de boa qualidade, seca e sem nós ou rachaduras;

NBR 6.494 – 4.5.6 – As plataformas de serviço nos andaimes devem ter uma largura mínima de 0,60 m com altura livre mínima de 1,75 m.

Figura 14 - Plataforma de trabalho



Fonte: <https://antoneillocacoes.com/equipamento/guarda-corpo-fechado-e-plataforma/>

Grapas podem ser usadas para controlar a abertura de fendas em pranchões de madeira, reduzindo o volume de descarte por rachaduras. As mesmas podem ser utilizadas para conectar pranchões ou rodapés.

Formação do Nó: são junções de engastamento entre mais de um elemento estrutural, como: poste, travessa, longarina e diagonal. São essências para montagem do andaime e devem ter suas partes bem inspecionadas, para garantir o correto encaixe das braçadeiras nos tubos.

Utilização do Guarda-corpo: o guarda-corpo deve ser fixado de modo a não se deslocar, sob hipótese alguma, em nenhuma direção.

Segundo as normas regulamentadores, com relação ao guarda-corpo:

NR 18 – 18.13.5 – A proteção contra quedas, quando constituída de anteparos rígidos, em sistema de guarda-corpo e rodapé, deve atender aos seguintes requisitos:

a) ser construída com altura de 1,20m (um metro e vinte centímetros) para o travessão superior e 0,70m (setenta centímetros) para o travessão intermediário; b) ter rodapé com altura de 0,20m (vinte centímetros);

NR 34 – 34.11.16 – A plataforma do andaime deve ser protegida em todo o seu perímetro, exceto na face de trabalho, com: a) guarda-corpo rígido, fixo e formado por dois tubos metálicos, colocados

horizontalmente a distâncias do tablado de setenta centímetros e um metro e vinte centímetros;

NR 34 – 34.11.17 – Quando houver possibilidade de queda em direção à face interna deve ser prevista proteção adequada de guarda-corpo e rodapé;

Fixação do Rodapé: a fixação do rodapé pode ser feitas com as próprias braçadeiras fixas. Deve ser evitada a utilização de pregos, que nesta situação costumam ficar expostos.

Pranchões de Madeira: as montagens de andaimes são compostas de pranchão de madeira de 38mm de espessura. Os pranchões em mesmo nível são unidos de topo, com transpasse na travessa em que o mesmo se apoia, de 8cm à 20cm. As uniões dos pranchões emendados de topo são reforçadas com o auxílio de grapas. É adotada distância máxima entre quebra vão de 1,5m e, em muitos casos, os quebra vão são as próprias travessas.

2.3.7 Projetos de andaime padronizados

Alguns projetos de andaime são padronizados, pois são usados com frequência e seguem as regulamentações. Desta forma, facilita a montagem e inspeção dos requisitos de segurança.

2.3.7.1 Projeto Andaime Padrão Tipo 1 – Torre

Os andaimes tipo Torre estão representados pela Figura 15. Segundo as normas regulamentadoras que tratam do andaime tipo torre:

NR 18 – 18.15.18 – As torres de andaimes não podem exceder, em altura, quatro vezes a menor dimensão da base de apoio, quando não estaiadas;

NR 34 – 34.11.11– Devem ser utilizados somente tubos de comprimento inferior a 4,50 metros como montantes em torres e andaimes, exceto na montagem da base.

Figura 15 - Andaime tipo Torre



Fonte: <http://www.estalandaimos.com.br/produtos/torre/>

2.3.7.2 Projeto Andaime Padrão Tipo 2 – Fachadeiro

Os andaimes tipo Fachadeiro (Figura 16) podem ser entendidos como torres dispostas lado a lado ao longo de uma fachada, face de uma edificação, e configuram o andaime bi apoiado. Ainda, segundo a norma regulamentadora NR 18 que trata do andaime tipo fachadeiro:

NR 18 - 18.15.19 – Os andaimes fachadeiros não devem receber cargas superiores às especificadas pelo fabricante. Sua carga deve ser distribuída de modo uniforme, sem obstruir a circulação de pessoas e ser limitada pela resistência da forração da plataforma de trabalho.

Figura 16 - Andaime tipo Fachadeiro



Fonte: <http://www.urbe.com.br/aluguel-andaime-fachadeiro/>

2.3.7.3 Projeto Andaime Padrão Tipo 3 – Tablado

Os andaimes tipo Tablado são estruturas que têm grandes dimensões em sua base, não tendo grandes riscos de tombamento.

2.3.7.4 Projeto Andaime Padrão Tipo 4 – Balanço de 2,0 metros

Os andaimes tipo Balanço de 2,0 metros são estruturas que necessitam que a plataforma do andaime esteja projetada para fora do mesmo, em balanço de até 2,0m. O andaime conta somente com um nível de plataforma e, ao longo de seu comprimento, pode ser ilimitadamente repetido.

2.3.7.5 Projeto Andaime Padrão Tipo 5 – Balanço de 3,5 metros

Os andaimes tipo Balanço de 3,5 metros são estruturas que necessitam que a plataforma do andaime esteja projetada para fora do mesmo, em balanço de até 3,5m. Assim como o anterior, conta somente

com um nível de plataforma e, ao longo de seu comprimento, pode ser ilimitadamente repetido.

Dentro do projeto dos módulos, estes andaimes estão ancorados a partir das plataformas dos andaimes fachadeiros e em muitas vezes na própria estrutura metálica das plataformas.

É expressamente proibido o acúmulo de material permanente em cima dos balanços. O reforço da estrutura do andaime deve sempre ser considerado. A atividade sobre este tipo de andaime deve ser orientada e fiscalizada pelos líderes.

Ainda, segundo as normas que tratam do andaime em Balanço:

NR 18 – 18.15.28 – Os andaimes em balanço devem ter sistema de fixação à estrutura da edificação capaz de suportar três vezes os esforços solicitantes;

NR 18 – 18.15.29 – A estrutura do andaime deve ser convenientemente contraventada e ancorada, de tal forma a eliminar quaisquer oscilações.

NBR 6.494 – 4.4.3 – A estrutura do andaime em balanço deve ser calculada e projetada para as cargas solicitantes, em cada caso;

NBR 6.494 – 2.1.2 – Andaimes que se projetam para fora da construção são suportados por vigamentos ou estruturas em balanço, que tenham sua segurança garantida, seja por engastamento ou outro sistema de contraventamento no interior da construção, podendo ser fixos ou deslocáveis.

2.3.7.6 Projeto Andaime Padrão Tipo 6 – Negativo

Os andaimes tipo Negativo são estruturas montadas de cima para baixo, a partir da estrutura da edificação já existente, muitas vezes metálica. As diagonais são distribuídas e utilizadas para a estabilidade das plataformas. É recomendado o reforço imediato desta estrutura diante de qualquer dúvida quanto à seguridade da resistência da estrutura como um todo.

O carregamento da estrutura deve ser controlado, ou seja, o número de operários nas plataformas deste tipo de andaime deve ser limitado. Para as necessidades do projeto pode-se estimar um operário para cada dois metros quadrados, ou seja, 75kgf /m², para carregamento máximo da plataforma. É expressamente proibido acúmulo de materiais, nem mesmo cesto com componentes de tubo equipado.

2.3.7.7 Projeto Andaime Padrão Tipo 7 – Bancada

Os andaimes tipo Bancada são estruturas pequenas (altura máxima 2 metros) de apenas uma plataforma elevada, utilizados em cima das plataformas do andaime de tablado. Estes têm como objetivo o acesso a níveis em que a plataforma do andaime existente não alcança.

Estes andaimes não podem receber cargas excessivas a fim de evitar o efeito de punção, efeito este que tende a perfurar os pranchões da plataforma.

2.3.8 Estruturas de apoio de equipamentos de andaimes

Muitas estruturas de apoio em um estaleiro precisam de armação de estrutura metálica. A tecnologia do sistema de tubo equipado é adaptável a diferentes situações para dar acesso seguro aos trabalhadores. Pode atender às necessidades de escoras, armação para cobertura de lonas, bancadas de trabalho, cestos de armazenagem de material, cavaletes, linhas de vida e outras que se fizerem necessárias. Algumas estruturas podem ser mais críticas e exigir dimensionamento e projeto, outras não.

2.3.8.1 Projeto Pau-de-carga

Nome dado para a estrutura que serve principalmente para o içamento das peças do andaime no momento de sua montagem. O Pau-de-carga é uma prática comum e é muito utilizado quando há necessidade de subir pouco material, evitando que os próprios montadores precisem carregar andaime acima e não dependendo de disponibilidade do guindaste. A estrutura deve ser reforçada em caso de suspeita quanto ao peso a ser içado ou à resistência dos elementos.

Segundo as normas que tratam do içamento de materiais de andaime:

NBR 6.494 – 3.3.3 – Toda a movimentação vertical de componentes e acessórios para a montagem e/ou desmontagem de andaimes deve ser feita através de cordas ou sistemas próprios de içamento. Não é permitido lançar peças em queda livre.

NR 18 – 18.15.15 – O ponto de instalação de qualquer aparelho de içar materiais deve ser escolhido, de modo a não comprometer a estabilidade e segurança do andaime;

NR 34 – 34.11.21 – Caso seja necessário instalar aparelho de içar material, deve-se escolher o ponto de aplicação em conformidade com o

projeto, de modo a não comprometer a estabilidade e a segurança do andaime.

2.3.8.2 Projeto Linha de Vida– Aplicação no “Caminhão Prancha”

No estaleiro é comum o recebimento de matérias através de caminhões. Para tanto, é necessário que trabalhadores subam em “caminhões prancha” para o carregamento e descarregamento destes materiais. Como a atividade tem risco considerável de queda, é projetada uma linha de vida de tubo equipado para evitar a queda do trabalhador.

Segundo as normas que tratam das exigências de ancoragem quando o trabalhador estiver exposto ao risco de queda:

NR 35 – 35.5.3.2 – O trabalhador deve permanecer conectado ao sistema de ancoragem durante todo o período de exposição ao risco de queda;

NR 35 – 35.5.3.3 – O talabarte e o dispositivo trava-quadras devem estar fixados acima do nível da cintura do trabalhador, ajustados de modo a restringir a altura de queda e assegurar que, em caso de ocorrência, minimize as chances de o trabalhador colidir com estrutura inferior;

NR 35 – 35.5.4 – Quanto ao ponto de ancoragem, devem ser tomadas as seguintes providências: a) ser selecionado por profissional legalmente habilitado; b) ter resistência para suportar a carga máxima aplicável; c) ser inspecionado quanto à integridade antes da sua utilização.

2.3.8.3 Projeto Escoramento/Cimbramento

Durante a construção e montagem dos módulos é comum a instalação de equipamentos robustos e cargas pesadas. Para isso se utiliza o escoramento de estruturas de tubo equipado, que na realidade são cimbramentos. O suporte se dá tanto pela parte superior do travessão, que configura um cimbramento, como pela parte inferior do travessão com o auxílio de uma talha.

2.3.8.4 Projeto Cesto de Içamento

A estrutura de cesto permite agrupar de forma firme e segura, formando uma única unidade, um conjunto de tubos e pranchões. Sua função não é içar as peças que nele estão armazenadas. A função de içamento é do conjunto de amarras, cintas e cabos de içamento dos guindastes. Nas duas laterais são dispostos pranchões de madeira para evitar o deslizamento de braçadeiras e peças menores.

Todos estes projetos-padrão com uso de estruturas de andaimes facilitam a montagem em campo. Mesmo assim são necessários treinamentos periódicos dos líderes e dos montadores de andaimes, para garantir o correto entendimento dos projetos, possíveis adequações e correção dos desvios de montagem.

2.3.9 Segurança na montagem e desmontagem de andaimes

A atividade de montagem de andaimes é um trabalho em equipe por definição, pois não é permitida a realização de trabalhos em andaimes por uma única pessoa. Durante a montagem e desmontagem, a todo momento, deve ser mantido contato visual entre os montadores. Caso este contato visual seja obstruído por obstáculos, deve haver uma pessoa fazendo a interlocução necessária ou utilizar rádio para comunicação.

Devido aos riscos inerentes do trabalho em altura, qualquer anormalidade, dificuldade ou dúvida é comunicada pela equipe de montagem, imediatamente, ao Supervisor de Montagem. A montagem ou desmontagem não deve continuar até que a questão seja resolvida. A atividade deve ser interrompida e deve ser comunicada a supervisão diante de qualquer alteração das condições iniciais previstas na Permissão para Trabalho.

A finalidade de uso do andaime é proporcionar acesso aos equipamentos, tubulações ou estruturas (mas não é permitida a fixação de andaimes nestes). Qualquer alteração na finalidade de uso não é permitida. É necessária análise específica para atender a adição de esforços laterais ou de suportação. É proibido o uso de utensílios improvisados como escada, caixote ou tambor colocados sobre plataformas de andaimes para atingir diferentes níveis.

É obrigatório o uso de EPIs, bem como cinto de segurança, tipo paraquedista, com dois talabartes. As chaves ou outras ferramentas devem ser presas aos cintos dos montadores para evitar a queda das mesmas. Por questão de organização e de segurança, toda sobra de materiais deve ser retirada dos andaimes.

O andaime não deve criar condições inseguras para acionamento e/ou utilização de válvulas, instrumentos ou painéis de comando. Mesmo sendo estruturas temporárias, não podem obstruir os acessos a hidrantes, extintores, escadas e acesso de máquinas de

carga. Casos extremos devem estar registrados na Permissão de Trabalho e assinada pelo responsável da área.

Cuidados especiais devem ser tomados quanto à montagem, movimentação e utilização de andaimes próximos a redes elétricas, energizadas ou não. Da mesma forma, se o local da montagem, movimentação e desmontagem do andaime estiver próximo de tubulações ou equipamentos aquecidos, devem ser previstos meios de atenuação do calor para evitar queimaduras. Cuidados especiais de segurança também quando a estrutura do andaime (tubos, braçadeiras, pranchas) estiver aquecida devido à proximidade de equipamentos ou tubulações quentes.

Para o içamento de materiais de andaime por guindaste, todos os acessórios do cabo de aço (olhais, ganchos, grampos) devem ser fabricados e inspecionados de acordo com a N-2170 – Inspeção em Serviço de Acessório de Carga:

- No caso de guincho para elevação dos materiais de andaimes, ele deve possuir dispositivos que impeçam o retrocesso do tambor.
- O ponto de fixação de qualquer dispositivo para içar materiais deve ser escolhido e calculado de modo a não comprometer a estabilidade e segurança do andaime.

Não deverá ser realizada montagem ou desmontagem de andaime com tempo chuvoso, ventos fortes ou baixa visibilidade. Casos excepcionais devem ser autorizados pela gerência após a avaliação da segurança industrial.

2.3.10 Manutenção de peças e acessórios

É importante que as peças e acessórios estejam sempre em boas condições de uso, para isso:

- Luvas e braçadeiras devem ser estocadas em recipientes contendo uma solução de óleo ou outro produto específico, devendo ser limpas antes da utilização.
- Pranchas de madeira devem ser armazenadas empilhadas em local ventilado e à sombra.

- Tubos de andaimes com extremidades amassadas devem ser cortados a frio em uma dimensão padrão menor.
- Segmentos de tubos, tubos empenados, braçadeiras e luvas deformadas ou avariadas devem ser descartados como sucata ferrosa.
- As pranchas de madeira com rachaduras devem ser descartadas.
- Todo material antes do seu armazenamento no seu “gaveteiro”, deverá ser inspecionado quanto a sua integridade física. Em caso de estarem não conformes deverão ser enviados para recuperação ou descartado.

2.3.11 Montador de andaime

Vistos os equipamentos e considerações de segurança, tem-se uma melhor noção do ambiente, das ferramentas, dos meios que serão usados e das obrigações dos montadores de andaimes.

Os riscos de queda de altura na indústria de construção aumentam quando há presença de andaimes. O montador de andaime é um profissional que proporciona aos demais envolvidos em uma obra, o acesso necessário para construção e montagem. A sua função é montar os andaimes, escadas, corrimãos e rodapés para garantir o acesso seguro de todos, e ao final de cada etapa da obra, desmontá-los.

Seu trabalho é executado quase sempre em locais abertos, fica exposto às condições climáticas de calor, frio, ventos, umidade e enquanto exercita as atividades está sujeito a ruídos, posições variadas de trabalho, esforço físico, movimentação de materiais, uso de ferramentas e trabalho em altura. Segundo a NR 34, “o trabalho de montagem e desmontagem deve ser interrompido imediatamente em caso de iluminação insuficiente e condições climáticas adversas, como chuva, ventos superiores a quarenta quilômetros por hora, dentre outras.”

Outra característica comum do trabalho de montador de andaime é ser executado trabalho em altura, pois é considerada “toda atividade executada acima de 2,00 m (dois metros) do nível inferior, onde haja risco de queda”. (NR 35 – Trabalho em Altura / Segurança e Medicina do Trabalho).

Portanto, estes aspectos de ambiente de trabalho do montador de andaime têm importância no campo físico, cognitivo e organizacional em uma análise ergonômica.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Buscando atingir os objetivos propostos para este trabalho, o presente capítulo apresenta e descreve os procedimentos utilizados na coleta e análise dos dados.

3.1 DELINEAMENTO DO ESTUDO

De acordo com sua natureza, esta pesquisa é caracterizada como aplicada, visto que tem como objetivo elaborar conhecimentos para uma aplicação prática e é direcionada para a solução de problemas específicos (SILVA e MENEZES, 2005).

De acordo com seus objetivos, esta pesquisa é classificada como estudo exploratório, que proporciona um maior conhecimento do problema, com vistas a uma maior clareza e precisão, na qual torna seu planejamento bastante flexível (GIL, 2002).

Quanto ao delineamento da pesquisa, é um estudo de caso, caracterizado por meio da observação direta das atividades do local em estudo e levantamentos em campo objetivando compreender a realidade do que ocorre na organização (GIL, 2002).

Por fim, com relação à estratégia da investigação, é classificada como quali-quantitativa.

3.2 PESQUISA BIBLIOGRÁFICA

Para realizar a pesquisa foram utilizadas as seguintes bases de dados online: *Scopus*, *Scielo*, *Web of Science*, *Pubmed*, *Compendex e Ebsco*. Estas bases foram escolhidas pois são complementares umas às outras, e juntas abrangem as áreas de interesse desta revisão. Elas formaram o banco de dados que sustentam esta pesquisa.

Inicialmente pesquisou-se aleatoriamente com palavras relacionadas ao assunto, como “queda de altura, montador de andaime, ergonomia, construção”, onde adquiriu-se conhecimento para sistematizar uma mesma estratégia de pesquisa em todas as bases, TITLE-ABS-KEY (ergonomic* OR "human factor" OR construction) AND TITLE-ABS-KEY (fall* AND (height OR scaffold*)) AND (LIMIT-TO (PUBYEAR,2017) OR LIMIT-TO (PUBYEAR, 2016) OR LIMIT-TO (PUBYEAR, 2015) OR LIMIT-TO (PUBYEAR, 2014) OR LIMIT-TO (PUBYEAR, 2013)).

A primeira delimitação são as bases de dados escolhidas que, por questão prática, foi limitada a estas 6 bases. A segunda restrição é

temporal, onde foram usadas dos últimos 5 anos. A terceira restrição foi a busca de informações no título, resumo e palavras-chave. E a quarta restrição é que deveriam ser artigos científicos.

3.3 ESTUDO DE CASO

No período de julho a setembro de 2016, os montadores de andaime foram observados para determinação das condições típicas de trabalho e suas variáveis: tipos de andaimes, ferramentas de manuseio, equipamentos de proteção e condições ambientais.

A partir da observação direta das atividades, visando maior compreensão do quadro laboral, foi realizada uma análise ergonômica do trabalho. Ao final desta, foram feitas algumas recomendações para mitigar os riscos e foi elaborado um diagrama de causa e efeito com as interações na obra.

Algumas soluções pontuais foram aplicadas imediatamente, já outras exigem apoio gerencial e aplicação horizontal para toda a força de trabalho. Portanto, entre outubro de 2016 e junho de 2017 foi utilizada a ferramenta ErgCCP, que visa envolver toda a força de trabalho na eliminação das condições inseguras.

Este estudo de caso se concentrou mais na parte organizacional, mas sem deixar de olhar para a demanda física, psicológica e social que também são importantes na atividade do montador de andaime.

3.3.1 Análise Ergonômica do Trabalho - AET

A metodologia utilizada foi a observação e registro das atividades ao longo do dia, durante várias etapas da obra por um período de 9 meses.

Na análise da demanda foram levantados os dados referentes à obra e aos trabalhadores, bem como dos riscos envolvidos. Na análise da tarefa foram analisados os documentos e procedimentos prescritos para a realização das atividades. Após compreender qual a tarefa do montador, buscou-se, através de observação, entender sua atividade conversando com montadores e supervisores de andaime. Suas rotinas foram registradas com fotos, filmagens e anotações. No diagnóstico foram analisadas as diferenças existentes entre o trabalho prescrito e o trabalho real. A pergunta a ser respondida é: quais são as estratégias utilizadas pelo montador e que não são prescritas ou previstas pela organização? Para ajudar a responder a estas perguntas foi elaborada um diagrama de causa e efeito de toda a obra, com foco nos montadores de andaimes, os riscos ocupacionais e a relação entre produtividade e segurança. Como

recomendação ergonômica foram pontuados os erros de execução das atividades e foi implantado o ErgCCP – Ergonomia de Correção, Conscientização e Participação.

3.3.2 ErgCCP

Em Goh e Goh (2016), foi verificada a eficácia do plano de prevenção de quedas através de documento que registrava informações como política de prevenção de queda, papéis e responsabilidades, avaliação de risco de queda e resposta a emergências. A análise indicou que o plano de prevenção de quedas foi efetiva, porque requer uma clara alocação de responsabilidades, aumenta o compromisso e torna explícito os requisitos de competência.

A ferramenta de gestão de risco ErgCCP surgiu da necessidade de todos participarem da segurança da obra, não apenas os técnicos de segurança. O objetivo é que todos na obra ao perceber uma condição insegura, devem atuar até resolver. É aplicado em todas as áreas da obra e após resolvido o problema deve ser registrado em planilha eletrônica específica para posterior análise de resultados. Os riscos são associados tanto aos montadores de andaimes quanto aos usuários desses andaimes, ou seja, a segurança durante a construção do andaime e o andaime seguro.

Desta forma, a figura 17 mostra como as condições inseguras foram registradas sistematicamente em planilha eletrônica de outubro de 2016 a junho 2017 e serviu de base para a análise dos riscos.

Figura 17 - Registro de condições inseguras

ErgCCP - Ergonomia de Correção, Conscientização e Participação					
Autor	Data	Local	Condição Insegura	Ações Realizadas	Área
Avaliador	03/11/2016	Módulo	Andaime sem placa de liberação	Solicitada adequação	Andaime

Fonte: Autor

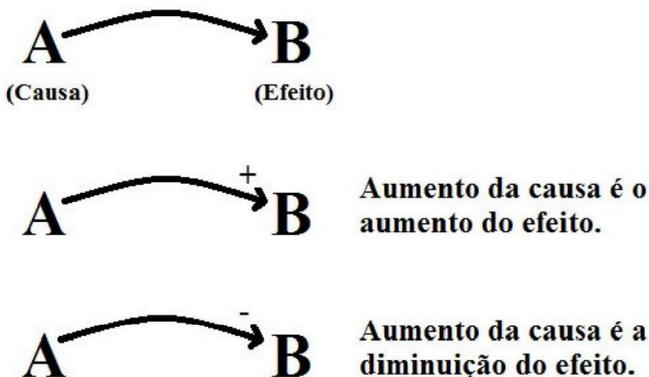
3.3.3 Diagrama de causa e efeito

O diagrama de causa e efeito para este estudo de caso se baseia nos pilares Homem, Produtividade e Segurança, apresentando um mapa construído a partir dos artigos científicos da área e da experiência de

trabalho na obra de construção naval.

Os termos e as relações entre eles são definidos pelo autor e por conceitos estabelecidos pela literatura. A construção do modelo foi realizada manualmente utilizando o *software* Vensim, versão 6.3 e deve ser lido conforme explicado na Figura 18.

Figura 18 - Diagrama de causa e efeito



Fonte: Autor

3.4 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA

No canteiro de obras, localizado em Itajaí, Santa Catarina, são construídos módulos, que serão integrados aos cascos para formar as plataformas de petróleo. Este local foi escolhido por ser uma área de construção naval onde há relevante utilização de andaimes. A quantidade de trabalhadores varia no decorrer do contrato. Em ritmo normal são aproximadamente 1.000 empregados, dos quais 90 são montadores de andaimes. O horário de trabalho é das 07:30h às 17:30h, com uma hora de almoço.

As figuras 19 e 20 mostram os módulos em construção.

Figura 19 – Módulo de Desidratação e Tratamento de Gás



Fonte: Autor

Figura 20 – Módulos de Geração de Energia



Fonte: Autor

A construção e montagem destes módulos está inserida no contexto das plataformas replicantes P-66, P-67, P-68, P-69, P-70 e P-71 do Tipo FPSO (*Flotation, Production, Storage and Offloading*) para campos exploratórios localizados na Bacia de Santos, a serem operadas no pré-sal. Cada plataforma tem capacidade de produzir 150.000 barris de óleo por dia e 6 milhões de m³ de gás.

A Figura 21 representa uma plataforma completa do tipo FPSO com as seguintes características:

Distância da Costa = 300 km
Lâmina D'água = 2.200 m
Comprimento total: 288 m
Boca (largura do casco): 54 m
Pontal (altura do casco): 31,5 m
Calado máximo: 23,1 m
Acomodações: 110 pessoas
Vida Útil: 25 anos
Geração Elétrica: 100 MW

Figura 21 - Plataforma para operação na área do Pré-Sal



Fonte: <http://www.petrobras.com.br/fatos-e-dados/p-66-deixa-estaleiro-rumo-ao-campo-de-lula.htm>

4 ANÁLISE ERGONÔMICA DO TRABALHO

A observação direta das atividades, visando maior compreensão do quadro laboral, revelou-se importante para perceber os riscos aos quais os montadores de andaime são expostos. Familiarizado com isso, buscou-se a compreensão da ordem física e do arranjo, bem como entender a distribuição das tarefas entre os trabalhadores.

4.1 DEMANDA

Levantamento e análise dos riscos de queda de altura dos montadores de andaime. A origem da demanda é devido à enorme quantidade de incidentes percebidos na obra e longo histórico de queda de altura na indústria de construção naval em todo o mundo.

4.2 ANÁLISE DA TAREFA E DAS ATIVIDADES REALIZADAS

O montador de andaime é um profissional presente em diversos setores da indústria, inclusive no setor de petróleo e gás. Estes profissionais são requisitados para construção e manutenção de instalações em refinarias, estaleiros e plataformas marítimas. É o montador de andaime que proporciona acesso a lugares que os demais profissionais envolvidos em uma obra precisam executar trabalhos de construção, limpeza e pintura.

4.2.1 Perfil dos montadores de andaime

A quantidade de funcionários na obra varia no decorrer da construção e montagem da plataforma. Em média trabalham 90 pessoas na montagem de andaimes. Por ser uma função que exige muito esforço físico, 100% são trabalhadores do sexo masculino, com idade variando de 20 a 45 anos, ensino médio completo, tempo de empresa de 1 a 4 anos e experiência na área de 1 a 20 anos. Todos recebem treinamento específico das atividades quando iniciam na empresa e mensalmente treinamentos relativos a segurança.

A Tabela 1 mostra o perfil dos montadores de andaimes na obra.

Tabela 1 - Perfil dos Montadores de Andaimes

Montadores de Andaime	90 trabalhadores
Sexo	100% homens
Idade	20 - 45 anos
Escolaridade	Ensino Médio
Tempo de Empresa	1 a 4 anos
Tempo de Experiência	1 a 20 anos

Fonte: Empresa

A função básica destes profissionais é montar os andaimes com seus acessórios, provendo segurança aos usuários, conforme projetos-padrão e orientações da supervisão. Também são solicitados a modificar andaimes, alterando e ampliando armações, plataformas e outros elementos, para adaptá-los à progressão das tarefas. Por fim, quando a estrutura temporária já não tem mais utilidade na obra, deve-se desmontar os andaimes e acessórios para abrir espaço e reutilizar o material em outra frente de serviço. O aprendizado pode ocorrer por intermédio de cursos de qualificação profissional e pela experiência de campo. Pelas características do trabalho em altura, é imprescindível que o montador de andaime não tenha medo de altura.

Seu trabalho é executado tanto em locais fechados e quanto em locais abertos (em campo). Das condições ambientais, o trabalhador é exposto ao sol, chuva, altas e baixas temperaturas, ventos, umidade. Enquanto exercita suas atividades está sujeito ainda a ruídos, esforço físico, posições variadas de trabalho, movimentação de materiais, ferramentas e equipamentos e trabalho em altura. Por isso, o uso de EPI é obrigatório. É um trabalho que exige muita força física, mas não é caracterizado como repetitivo, pois possui paradas prolongadas durante a jornada de trabalho.

O montador de andaime ainda é responsável por verificar a qualidade dos equipamentos. Deve conferir os apertos de abraçadeiras, garantir a amarração da estrutura e informar ao supervisor qualquer problema observado no material da montagem.

4.2.2 Antes de iniciar o trabalho

Todo montador de andaime recebe treinamento teórico e prático de 8 horas antes do início das atividades. O treinamento contém os seguintes conteúdos: montagem e desmontagem de andaimes e trabalho em altura,

materiais utilizados no andaime, técnicas em montagem e desmontagem de andaimes, utilização de EPI e Equipamento de Proteção Coletiva (EPC) permissão para trabalho, análise preliminar de riscos, riscos ocupacionais, lições aprendidas relativas a acidentes envolvendo a atividade de montagem e desmontagem de andaimes, noções básicas de combate a incêndio, resgate e primeiros socorros.

Para montar andaimes do tipo tubo equipado é necessária uma Permissão de Trabalho (PT) assinada pelo supervisor e uma Anotação de Responsabilidade Técnica emitida por profissional habilitado do fornecedor, devendo atender aos requisitos de memorial de cálculo e projetos.

4.2.2.1 Análise Preliminar de Risco e PT

As atividades são analisadas previamente em ferramentas de Análise Preliminar de Risco e liberadas pelo supervisor com assinatura da PT. Após cumprir esta etapa a atividade está liberada para iniciar de fato.

Antes do início dos trabalhos de montagem e desmontagem de andaimes deve-se:

- planejar as atividades de modo a não obstruir passagens, equipamentos operacionais ou instalações de segurança;
- certificar que as áreas onde ocorrem as montagens e desmontagens estão liberadas;
- isolar e sinalizar as áreas onde ocorrem as montagens e desmontagens de andaimes;
- limitar o acesso apenas à equipe responsável pela montagem e desmontagem;
- atentar para a simultaneidade de atividades;
- prover iluminação adequada;
- verificar os materiais e os mecanismos de transporte e elevação de carga.

A Figura 22 mostra o local onde os andaimes e acessórios são armazenados.

Figura 22 - Área de armazenamento de material de andaime



Fonte: Autor

4.2.2.2 DDS – Diálogo Diário de Segurança

O dia começa com o DDS, que normalmente é conduzido pelo líder de cada equipe, mas pode também ser feito pelo técnico de segurança ou até mesmo pela fiscalização da Petrobras. A conversa aborda os principais temas de segurança que podem ocorrer naquela jornada de trabalho. Por exemplo, em dias de chuva pede-se atenção quanto ao piso molhado e quando alguma atividade especial será realizada para que redobre a atenção aos detalhes. Durante o DDS sempre é reforçado o lema “Produtividade com Segurança” e finaliza com uma oração seguida de aplausos. A Figura 23 representa um DDS.

Figura 23 - DDS – Diálogo Diário de Segurança



Fonte: Autor

4.2.2.3 Segurança, EPI e Ferramentas

Antes de iniciar as atividades certifica-se de que todos estão com todos os seus EPIs, que devem estar bom estado de conservação. Na Figura 24, pode-se observar um trabalhador utilizando os EPIs.

Figura 24 - EPI e Ferramentas de Trabalho



Fonte: Autor

4.2.2.4 Movimentação de Material

Os principais elementos da montagem do andaime são: o tubo Rohr, como é chamado, que pode ser de 1 a 6 metros de comprimento e pesa 3,65 kg/m; a braçadeira pesa 1,2 kg cada; e o pranchão de madeira que mede 0,30 x 0,04 x (0,50 a 4,00) metros. Este material é transportado sempre a pé ou com a ajuda de um carrinho que é empurrado sobre piso irregular. Nas fotos da Figura 25 observa-se essa movimentação de material de andaime.

Figura 25 - Movimentação de material de andaime



Fonte: Autor

4.2.3 Durante a montagem

Segundo a Norma Regulamentadora NR 18 – 18.15.2.7:

Nas atividades de montagem e desmontagem de andaimes, deve-se observar que:

- a) todos os trabalhadores sejam qualificados e recebam treinamento específico para o tipo de andaime em operação;
- b) é obrigatório o uso de cinto de segurança tipo paraquedista e com duplo talabarte que possua ganchos de abertura mínima de cinquenta milímetros e dupla trava;
- c) as ferramentas utilizadas devem ser exclusivamente manuais e com amarração que impeça sua queda acidental;
- d) os trabalhadores devem portar crachá de identificação e qualificação, do qual conste a data de seu último exame médico ocupacional e treinamento.

4.2.3.1 EPIs e Ferramentas para segurança

O procedimento da empresa diz que no processo de montagem e desmontagem de andaime é obrigatório o uso de EPIs e ferramentas, tais como: capacete de segurança com jugular, protetor auricular de inserção ou abafador, cinto de segurança com talabarte ambos do mesmo fabricante, luva de vaqueta, óculos transparente e/ou escuro, botas de segurança com biqueira de aço.

Também são verificados:

- Veículo para transporte de materiais de andaime;
- Carrinhos manuais para movimentação dos materiais de andaime;
- Cestas metálicas, cordas e lingadas para elevação dos materiais;
- Cordas de $\frac{1}{2}$ " "ou 5/8".

Durante o processo de montagem e desmontagem de andaime é obrigatório o uso de EPI e ferramentas, tais como: macacão, capacete de segurança com jugular, protetor auricular, cinto de segurança com talabarte, luva de vaqueta, óculos, botas de segurança com biqueira de aço, catraca e martelo. A Figura 26 mostra um exemplo de como os montadores de andaime estão sempre com o EPI completo.

Figura 26 - Utilização de EPI



Fonte: Autor

Alguns cuidados são exigidos pela empresa durante a realização da atividade:

- Manter sempre desobstruídas as vias de acesso a equipamentos, instalação de combate a incêndio e instalações de emergência;
- Garantir sistema de ancoragem adequado para fixação dos cintos de segurança;
- Transportar os materiais travados e amarrados no carrinho;
- Não deixar peças, materiais ou ferramentas soltas sobre a plataforma do andaime;
- Manter amarradas as ferramentas utilizadas na montagem e desmontagem dos andaimes;
- Para as plataformas de trabalho que utilizam pranchas de madeira, as mesmas devem ter boa qualidade, isentas de pintura, nós, rachaduras, óleos ou graxas;
- As plataformas de trabalho devem possuir forração completa, antiderrapante, fixadas de modo seguro e resistente e providas de rodapés de proteção com altura mínima de 0,20 m em todo o seu perímetro;
- Prover estruturas de guarda corpo rígidas e fixadas em todo o perímetro, a uma altura de 1,20 m para o travessão superior e 0,70 m para o travessão intermediário;
- Em andaimes de encaixe multidirecional, o guarda-corpo deve possuir travessão superior a uma altura de 1,50 m e travessões intermediários a 1,00 e 0,50 m;
- As escadas de uso coletivo, rampas e passarelas para circulação de pessoas e materiais devem possuir corrimão;
- Travar as peças que podem sofrer ação do vento;
- O andaime deve ser aterrado caso suas estruturas estejam em áreas abertas onde haja a previsão de utilização de equipamentos elétricos (como máquinas de solda, esmerilhadeiras, furadeiras) ou outra situação de risco elétrico indicada pela APR;
- A altura entre os travamentos horizontais do andaime não deve exceder 2 m de altura;
- É proibido retirar qualquer dispositivo de segurança dos andaimes ou anular sua ação;
- Sobre a plataforma de serviço é proibida a utilização de escadas e outros meios para atingir lugares mais altos;
- A estrutura do andaime deve ser convenientemente contraventada e ancorada de forma a eliminar quaisquer oscilações;

- Toda movimentação vertical de componentes e acessórios para a montagem e desmontagem de andaimes deve ser feita através de cordas ou sistema próprios de içamento. Não é permitido lançar peças em queda livre nem realizar trabalhos do tipo "formiguinha" (onde os montadores transferem material de um para outro em linha vertical);
- A área de risco abaixo do andaime deve estar isolada e sinalizada;

Todas as sobras de materiais provenientes da montagem e desmontagem devem ser recolhidas e encaminhadas aos seus devidos locais de armazenagem.

Quando o andaime tipo plataforma não permitir a montagem total dos guarda corpos, deverão ser adotadas medidas adicionais de segurança tais como a utilização de cinto de segurança com duplo talabarte, devendo o mesmo ser ancorado permanentemente até a conclusão dos trabalhos; calhas elétricas, tubulações e outros que não apresentem resistência não devem ser utilizados para ancoragem.

Ainda segundo as Normas Brasileira (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1991) e Regulamentadora (BRASIL, 2017):

NBR 6.494 – 3.3.4 – Não se deve permitir que pessoas trabalhem em andaimes sob intempéries, tais como chuva ou vento forte; e
NR 34 – 34.11.8– As áreas ao redor dos andaimes devem ser sinalizadas e protegidas contra o impacto de veículos ou equipamentos móveis.

O material de andaime é transportado por carrinhos manuais, conforme Figura 27, ou içados através de cestos de tudo equipado conforme Figura 28.

Figura 27 - Carrinho manual para transporte de braçadeiras



Fonte: Autor

Figura 28 - Cestos para içamento de material de andaime



Fonte: Autor

4.2.3.2 Sequência de Atividades

A Figura 29 mostra o material chegando no local onde o andaime será montado. A equipe se prepara para dividir as tarefas. Todo tubo precisa de braçadeiras, portanto antecipa-se esta atividade antes de subir a estruturas.

Figura 29 - Chegada do material na frente de trabalho



Fonte: Autor

Muitas vezes é utilizada a mesma catraca (ferramenta para torquear os parafusos nas braçadeiras) para martelar os pregos nas pranchas de madeira, o que é prático para o montador mas diminui a vida útil da catraca. É aplicada tamanha força de torque nos parafusos que alguns tubos apresentam forma ovalada por amassamento. A Figura 30 mostra o torqueamento da braçadeira no tubo de aço.

Figura 30 - Início da Montagem de Andaime



Fonte: Autor

Por segurança e por produtividade, a atividade de montagem de andaimes nunca é realizada sozinha. Esta atividade obrigatoriamente é realizada em equipe, conforme pode ser observado nas fotos da Figura 31. Este fato faz aumentar o espírito de equipe e cumplicidade que é uma marca dos montadores de andaime. É fundamental que um esteja olhando pela segurança do outro durante toda a atividade. Os riscos estão presentes na passagem de material de um nível para outro, bem como durante o aperto e posicionamento dos elementos estruturais e principalmente o risco de queda.

Figura 31 - Trabalho em Equipe



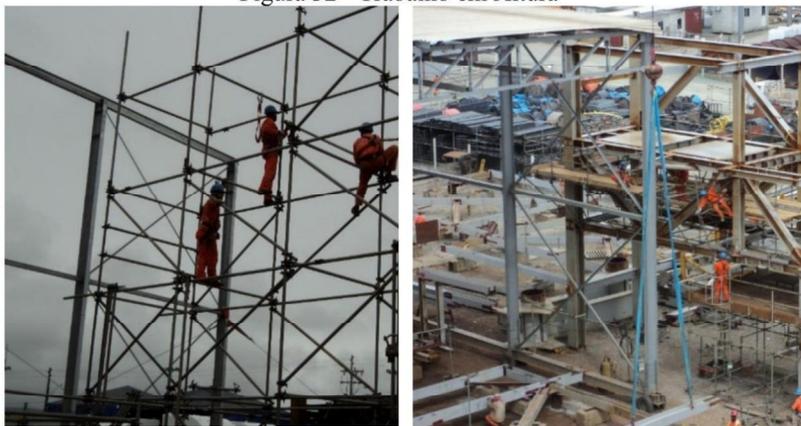
Fonte: Autor

“O montador de andaime é um dos que menos ganha na obra, mas nem por isso é insatisfeito com o trabalho. Montador de andaime é feliz porque gosta do que faz, não é raro ver a gente cantando enquanto trabalha.”

4.2.3.3 Trabalho em Altura

O maior risco do montador de andaime é o fato de trabalhar em altura sobre uma estrutura provisória e que ainda está sendo montada. Essa situação está representada nas fotos da Figura 32. A combinação destes fatores coloca o montador de andaime em condição insegura com muito mais frequência do que qualquer outra atividade, conforme registros da equipe de fiscalização. Uma medida de precaução que é adotada é parar a atividade em área aberta quando começa a chover.

Figura 32 - Trabalho em Altura



Fonte: Autor

Este trabalho exige atenção, concentração, agilidade, equilíbrio, força e algo que não é exigido nas entrevistas de emprego, mas é fundamental segundo os próprios montadores: *“Pra ser montador de andaime tem que ter coragem.”*

As plataformas elevatórias do tipo lança articulada, Figura 33, vieram para competir com os andaimes, pois facilitam muitas atividades, ainda assim não conseguem substituir nos casos onde as instalações são mais “permanentes” durante a obra.

Figura 33 - Montador de Andaime em Plataforma Elevatória



Fonte: Autor

4.2.4 Liberação do andaime

Após a montagem, antes da liberação dos andaimes deve-se realizar um *check list* para certificar se:

- Todos os elementos estruturais estão em perfeito estado;
- As bases estão apoiadas sobre sapatas niveladas;
- Os rodízios estão devidamente encaixados e travados;
- O andaime está montado sem obstruir saídas de emergência;
- Todos os pranchões estão presos em pelo menos dois pontos;
- Os guarda-corpos estão montados adequadamente;
- A plataforma de trabalho possui rodapé e guarda-corpo;
- O piso da plataforma está sem frestas e/ou aberturas;
- As escadas de acesso estão montadas com guarda-corpo;
- O andaime está nivelado adequadamente;
- O andaime sobre roda está sobre piso adequado;
- Todos os encaixes estão travados;
- O andaime está devidamente travado com diagonais;
- O andaime está travado externamente.

Terminado o serviço, verificam-se todos os itens do *check list* para colocar a placa de liberação e as outras disciplinas poderem realizar suas atividades.

Primeiro deve ser etiquetado com uma placa vermelha indicando que o andaime não está liberado para o uso. Após a montagem e liberação do andaime a placa deverá ser substituída por uma verde, indicando que o andaime está liberado para a utilização com o traslado e trabalho de usuários, conforme Figura 34.

Figura 34 - Andaime pronto e liberado



Fonte: Autor

O andaime deverá ser etiquetado durante todo o processo de montagem. Os montadores de andaime são responsáveis pela liberação do andaime juntamente com o técnico de segurança. A Figura 35 mostra o módulo com todos os acessos de andaime montados e liberados para as diversas disciplinas.

Figura 35 - Andaimos Prontos e Liberados para todo o Módulo



Fonte: Autor

Após a desmontagem dos andaimos, no recebimento dos elementos estruturais que compõem os andaimos (tubos, pranchões de madeira, braçadeiras, escadas), verifica-se se estão em perfeitas condições de uso, ou seja, sem amassamentos, furos, soldas ou corrosão.

Os elementos estruturais do andaime são armazenados em local específico, o gaveteiro de andaime, permitindo que os mesmos sejam retirados obedecendo à sequência de utilização planejada. Os tubos são armazenados por tamanhos em estantes identificadas. A Figura 36 mostra a organização dos andaimos no gaveteiro, separados por cores que indicam os tamanhos dos tubos.

Figura 36 - Gaveteiro de Andaime



Fonte: Autor

4.3 DIAGNÓSTICO/RECOMENDAÇÕES ERGONÔMICAS

A observação direta das atividades, visando maior compreensão do quadro laboral, revelou-se importante para perceber os riscos aos quais os montadores de andaime são expostos. Familiarizado com isso, buscou-se a compreensão da ordem física e do arranjo, bem como entender a distribuição das tarefas entre os trabalhadores. Verificaram-se, ao longo de 9 meses, 599 situações de risco potencial, causados principalmente por risco de queda de material de andaime em área próxima a de montagem e desmontagem (área não isolada) e risco de queda de montador de andaime (ainda que sempre preso pelo cinto de segurança).

É esperado que o montador de andaime promova o acesso seguro às disciplinas responsáveis pela construção do módulo, dentro dos prazos definidos pela obra. Para tal, trabalha em equipe com seus EPI e ferramentas, sem impactar os demais, que muitas vezes estão próximos realizando outras atividades simultaneamente.

Após compreender qual a tarefa do montador, buscou-se, através de observação, entender sua atividade. A pergunta a ser respondida é: quais são as estratégias utilizadas pelo montador e que

não são prescritas ou previstas pela organização? Neste ponto, duas características da atividade foram observadas e consideradas críticas. Em primeiro lugar, nem sempre é possível atar o cinto de segurança em estrutura que não seja o próprio andaime que está sendo montado, conforme pode ser visto na Figura 37.

Figura 37 - Cinto de segurança atado incorretamente



Fonte: Autor

Este é um erro grave, pois coloca em risco a eficácia do cinto de segurança em caso de queda ou desequilíbrio do montador. Outra característica observada é que muitas vezes braçadeiras, pranchões de madeira e até mesmo os tubos de andaime são arremessados ao chão. Mesmo atentando para quem está abaixo, este procedimento coloca em risco alguém que esteja se movimentando, muitas vezes a área não está isolada e o arremesso pode não acertar o alvo pretendido. Em ambos os casos é acrescentado um risco extra de acidente por queda

(de pessoa ou material), causados parte por imprudência do montador e parte por exigência de produtividade.

Com base nestas observações, algumas recomendações são aplicáveis para este estudo:

- Construir estruturas fixas para atar o cinto de segurança do montador de andaime, em altura adequada, nunca abaixo da linha de cintura;
- Providenciar um cesto para colocação das braçadeiras, para que estas não caiam dos tubos durante desmontagem e não sejam arremessadas pelo montador;
- Sinalizar e isolar as áreas onde os andaimes estão sendo montados e desmontados, para evitar acidentes em caso de queda de material;
- Garantir a eficiência nos treinamentos e capacitação dos profissionais em questão de segurança;
- Antes de iniciar os trabalhos lembrar os principais aspectos a serem notados para evitar erros durante a execução dos procedimentos;
- Realizar DDS focado nas atividades do dia e citar desvios comuns a fim de evita-los;
- Inspeccionar diariamente todas as ferramentas e equipamentos para garantir que estejam em bom estado de conservação;
- Verificar os acessos à área de trabalho, bem como as atividades que estejam ocorrendo simultaneamente;
- Conferir se os EPI e EPC estão adequados à realização da atividade;
- Recolher todo material de andaime ao término da jornada deixando a área limpa, evitando o risco de queda na ausência dos montadores;
- As plataformas elevatórias do tipo tesoura devem ser evitados em obra, pois oferecem muitos riscos à segurança. Caso seja utilizada, é preciso checar se os

travamentos e se os níveis de elevação estão espaçados adequadamente.

- As catracas poderiam ter torquímetro para não exigir demais do montador durante o aperto, não quebrar as braçadeiras e não amassar os tubos e ainda assim garantindo o toque adequado.
- Construir trilhos no canteiro de obra para transporte de carga.

Como consequência da análise ergonômica foi possível construir o diagrama de causa e efeito apresentado na Figura 38.

Existe uma relação bilateral entre segurança e produtividade que é influenciada por diversos fatores dinâmicos em um canteiro de obras. Há uma máxima na indústria que diz que “quanto maior a produtividade, menor é a segurança. Ao mesmo tempo que quanto maior a segurança, menor é a produtividade.”

Outro pilar para a construção deste diagrama é o homem, que influencia e sofre influência de várias formas. Para o problema de queda de altura, foram incluídos ainda os andaimes e os riscos ocupacionais. E no topo se apresenta a importância da gerência em toda a dinâmica, atuando fortemente sobre o homem, sobre a segurança e sobre a produtividade.

Para sua construção foram utilizados os termos técnicos de artigos científicos e termos usuais de obra. O diagrama da Figura 38 mostra como a segurança e a produtividade podem estar vinculadas, mas para testar a afirmação acima seria preciso aplicar fórmulas matemáticas em cada um dos fluxos e verificar as curvas de respostas.

5 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

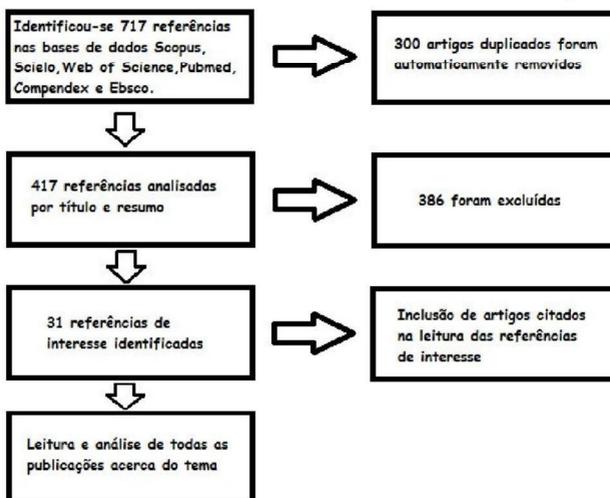
5.1 Perfil de Publicações

A revisão sistemática da literatura trouxe de forma organizada as principais contribuições práticas e acadêmicas recentes acerca do principal acidente ocupacional na indústria da construção: a queda de altura. No dia 11/julho/2017 foram encontrados os seguintes resultados: *Scopus* – 201; *Scielo* – 106; *Web of Science* – 111; *Pubmed* – 43; *Compendex* – 148; *Ebsco* – 108. No total foram 717 publicações, das quais 300 foram automaticamente removidas pelo *Mendeley* por se tratar de artigos duplicados em mais de uma base de dados.

Dos 417 artigos restantes foi feita a leitura criteriosa dos resumos para verificar quais abordam o problema da queda de altura na indústria de construção, e ainda trazem uma ênfase multidisciplinar com vistas ao andaime e à ergonomia. Restaram 31 trabalhos de interesse alinhados com o tema da pesquisa. Realizou-se a leitura integral dos 31 artigos, os quais trouxeram em suas referências diversas publicações de igual valor e que também foram lidas, por entender que agregam informações consolidadas ao entendimento da problemática.

A Figura 39 apresenta o passo a passo realizado.

Figura 39 - Síntese dos resultados da busca sistemática nas bases científicas consultadas de acordo com os critérios de busca e seleção



Fonte: Autor

A partir dos dados das 31 publicações, a Tabela 2 apresenta onde foram publicados e a quantidade de artigos.

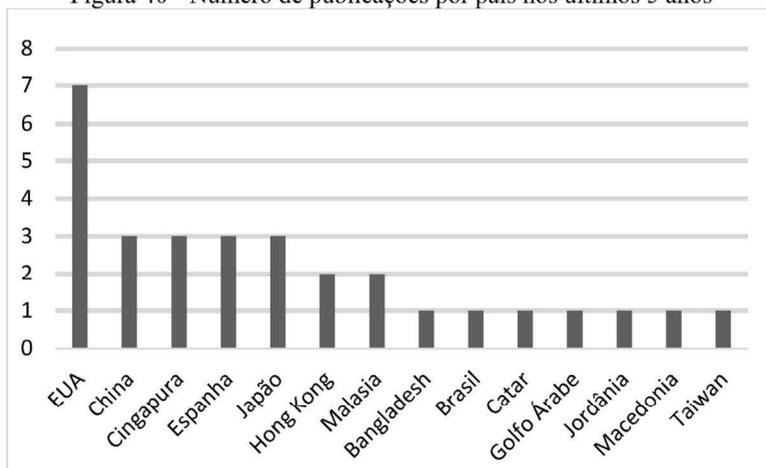
Tabela 2 - Periódicos de publicação dos artigos

Nº	Periódicos	Artigos
1	Journal of Construction Engineering and Management	5
2	Accident Analysis and Prevention	3
3	Industrial Health	3
4	American Journal of Industrial Medicine	2
5	Safety Science	2
6	Annals of the Faculty of Engineering Hunedoara - International Journal of Engineering	1
7	Applied Ergonomics	1
8	Construction Management and Economics	1
9	Construction Research Congress	1
10	Creative Construction Conference 2016	1
11	Ergonomics	1
12	International Journal of Critical Illness & Injury Science	1
13	International Journal of Industrial Ergonomics	1
14	International Journal of Injury Control and Safety Promotion	1
15	International Review of Management and Marketing	1
16	Jordan Journal of Civil Engineering	1
17	Journal of Forensic and Legal Medicine	1
18	Journal of Safety Research	1
19	MATEC Web of Conferences	1
20	The Thirteenth East Asia-Pacific Conference on Structural Engineering and Construction (EASEC-13)	1
21	31st Annual ARCOM Conference	1
Total		31

Fonte: Autor

Os resultados indicam que a abrangência com o tema perpassa por diversos países. A Figura 40 mostra o número de publicações por país.

Figura 40 - Número de publicações por país nos últimos 5 anos



Fonte: Autor

Os pesquisadores que atualmente estão trabalhando sobre o tema estão listados na Tabela 3.

Tabela 3 – Autores e suas publicações

Author	Quantidade
Goh, Y. M.	3
Hino, Y.	3
Ohdo, K.	3
Rubio-Romero, J. C.	3
Takahashi, H.	3
Carrillo-Castrillo, J. A.	2
Dale, A. M.	2
Evanoff, B.	2
Goh, W. M.	2
Kaskutas, V.	2
Lipscomb, H.	2
Nguyen, L. D.	2

Fonte: Autor

A Tabela 4 mostra que os descritores *Fall From Height (FFH)* e *Falls / Fall Accidents* são as palavras-chave mais utilizadas pelos pesquisadores. Intimamente ligadas estão a construção, segurança em construção e andaimes.

Tabela 4 – Descritores utilizados pelos pesquisadores

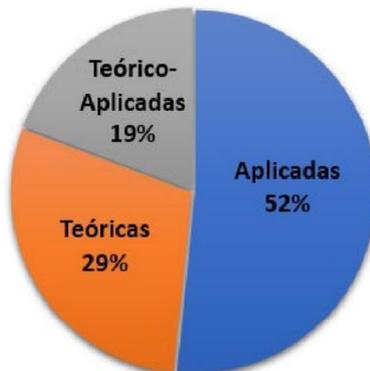
Palavra-chave	Quantidade
Fall From Height (FFH)	9
Falls / Fall Accidents	7
Construction	6
Scaffold	6
Construction safety	4

Fonte: Autor

A Figura 41 apresenta gráfico indicando que 52% das publicações analisadas eram de pesquisas aplicadas, 19% eram pesquisas teórico-aplicadas e 29% era publicações teóricas do problema.

Figura 41 - Tipo de pesquisa utilizada na análise dos dados

Tipo de Pesquisa



Fonte: Autor

A seguir é apresentada a Tabela 5, que mostra a importância acadêmica que é dada à segurança. O artigo mais citado é um projeto piloto para melhorar a segurança na construção residencial. Em segundo lugar está o custo, que é o motor do mundo, com o trabalho que apresenta os custos causados pela queda de altura.

Tabela 5 – Autores, títulos e quantidade de citações

Ano	Autores	Título	Citações
2013	Vicki Kaskutas, Ann Marie Dale, Hester Lipscomb, Brad Evanoff.	Fall prevention and safety communication training for foremen: Report of a pilot project designed to improve residential construction safety	40
2013	Mazin A. Tuma, John R. Acerra , Ayman El-Menyar, Hassan Al-Thani, Ammar Al-Hassani, John F. Recicar, Wafaa Al Yazeedi, Kimball I. Maull.	Epidemiology of workplace-related fall from height and cost of trauma care in Qatar	24
2013	Mengchun Zhang, Dongping Fang.	A cognitive analysis of why Chinese scaffolders do not use safety harnesses in construction	20
2014	Chia-Fen Chi, Syuan-Zih Line, Ratna Sari Dewi.	Graphical fault tree analysis for fatal falls in the construction industry	16
2014	Hongwei Hsiao.	Fall Prevention Research and Practice: A Total Worker Safety Approach	15
2014	Hester J. Lipscomb, Ashley L. Schoenfisch, Wilfrid Cameron, Kristen L. Kucera, Darrin Adams,BA, Barbara A. Silverstein.	How Well Are We Controlling Falls From Height in Construction? Experiences of Union Carpenters in Washington State, 1989–2008	14
2013	J. C. Rubio-Romero, M. C. Rubio, C. García-Hernández.	Analysis of Construction Equipment Safety in Temporary Work at Height	11
2012	Esther Cheung, Albert P.C. Chan.	Rapid demountable platform (RDP)—A device for preventing fall from height accidents	9
2015	Yang Miang Goh, Nur Faddilah Binte Sa'adon.	Cognitive Factors Influencing Safety Behavior at Height: A Multimethod Exploratory Study	8
2013	Juan Carlos Rubio-Romero, M. Carmen Rubio Gámez, Jesús Antonio Carrillo-Castrillo.	Analysis of the safety conditions of scaffolding on construction sites	8

Fonte: Autor

5.2 Análise ergonômica e o diagrama de causa e efeito

A área de construção civil e naval está diretamente ligada ao desenvolvimento e infraestrutura do país. Para construir uma plataforma de petróleo são necessárias várias disciplinas que trabalham em conjunto. As principais são solda, elétrica, instrumentação, estrutura, tubulação, pintura, movimentação de carga, comissionamento, inspeção e andaime.

A observação direta das atividades, visando maior compreensão do quadro laboral, revelou-se importante para perceber os riscos aos quais os montadores de andaime são expostos. Familiarizado com isso, buscou-se a compreensão da ordem física e do arranjo, bem como entender a distribuição das tarefas entre os trabalhadores.

O treinamento é uma complementação importante em qualquer plano de prevenção de acidentes. A experiência do trabalhador é muito importante na execução das atividades, mas é preciso cautela quando o risco não pode ser eliminado, apenas mitigado, como é o caso do trabalho em altura. Ao andar sobre as tábuas de andaimes, os mais experientes dão passadas mais confiantes, espaçadas. Uma atitude mais cautelosa seria correta diante de andaimes desconhecidos, diminuindo assim o potencial de queda em caso de erro de julgamento (LIY et. al, 2014). Além disso, o treinamento deve garantir que o trabalhador saiba instalar, usar, testar e inspecionar os sistemas, pois os equipamentos e correto uso deles traz resultados positivos mesmo em caso de uma falha ocorrer.

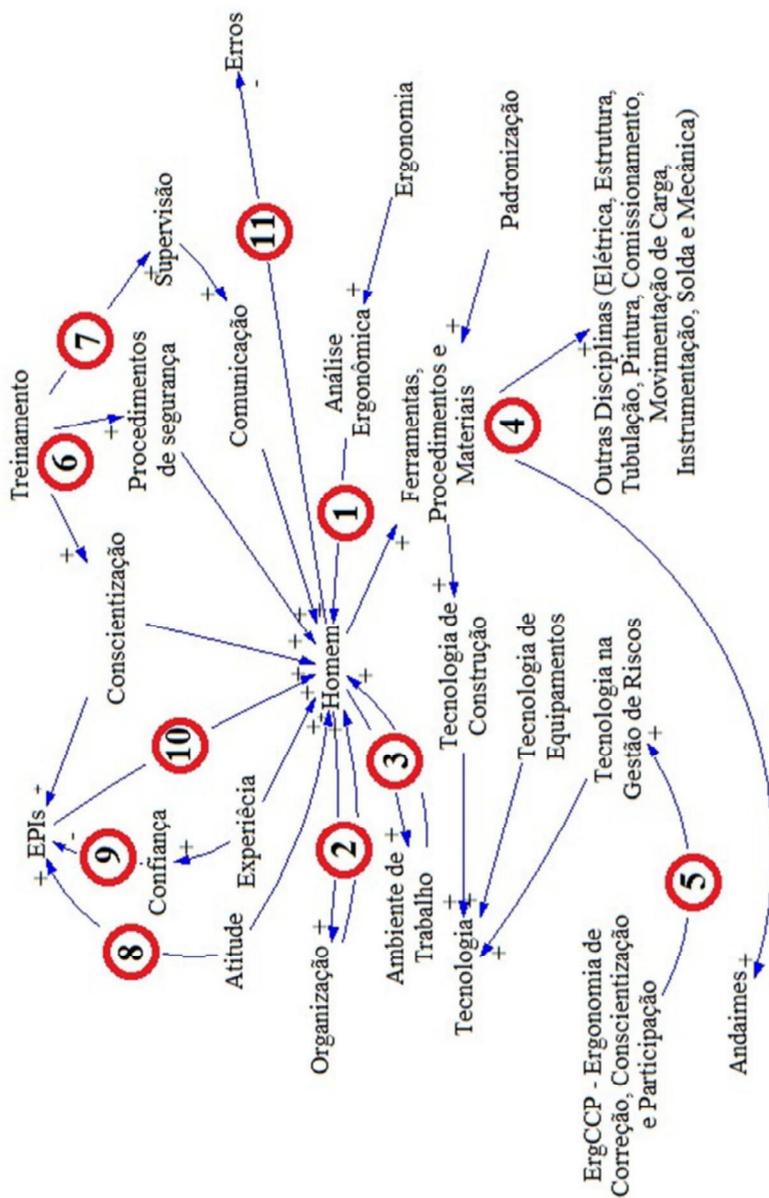
Mesmo tendo os equipamentos de segurança e conhecendo os procedimentos, muitos trabalhadores optam por não seguir a regra por motivo de conforto, conveniência, produtividade e normas de grupo (HALE e BORYS, 2013). Esta decisão potencializa os riscos e é, certamente, o maior desafio para evitar as quedas: a conscientização.

Os técnicos de segurança e supervisores por vezes concluem que o problema é a falta de atitude de segurança do trabalhador, e consideram que a baixo nível educacional dos montadores de andaime é uma barreira para aplicação do treinamento (ZHANG e FANG, 2013). Mas ignoram o poder de dar o bom exemplo e a influência disso na atitude do trabalhador (GOH e SA'ADON, 2015).

A seguir são apresentados os resultados do diagrama de causa e efeito separados em 3 partes, cada qual com um foco (Homem-Segurança-Produtividade). A maneira como foram construídos está pode ser verificada pelos números constantes nos diagramas, que corresponde às explicações que aparecem em seguida no texto.

A Figura 42 mostra o diagrama com foco no homem.

Figura 42 – Diagrama com foco no homem



Fonte: Autor

1 – Neste trabalho a ergonomia utilizou-se da análise ergonômica para fazer o estudo das interações das pessoas com a organização, o ambiente de trabalho e a tecnologia (ABERGO, 2010). AET procura entender quais são as estratégias do trabalhador para atender aos objetivos que lhe foram atribuídos (GUÉRIN et al., 2001; IIDA, 2005).

2 e 3 – Entende-se que o homem é influenciado pela organização e pelo ambiente de trabalho. mas também é pessoa ativa, capaz de modificá-lo.

4 – As empreiteiras que usam equipamentos para trabalho temporário em altura devem priorizar o uso de andaimes padronizados (GOH et al., 2016). Quanto melhor forem as ferramentas, procedimentos e materiais utilizados pelo trabalhador, tanto melhor serão os resultados nas disciplinas em que atua.

5 – Na ergonomia de conscientização, os trabalhadores são capacitados para a identificação dos problemas diários, recorrentes e emergenciais (IIDA, 2005). A ferramenta ErgCCP foi utilizada também como ferramenta de tecnologia da gestão de riscos, contribuindo para a diminuição dos riscos ocupacionais.

6 – Treinamento é parte importante na conscientização no uso de EPIs e de procedimentos de segurança. Para conscientizar os montadores de andaimes, a gerência deve fornecer relatórios de casos de acidentes causados pela não utilização de cintos de segurança (ZHANG e FANG, 2013). O treinamento deve ainda incluir como instalar, usar, testar e inspecionar corretamente os sistemas de proteção de queda (JANICAK, 1998).

7 – Educar os empregadores e os trabalhadores sobre a importância e a eficácia da proteção contra quedas é crucial para a prevenção de queda (DONG et. al, 2017). O treinamento ainda melhora a comunicação entre técnico de segurança e empregados, tornando as conversas mais interativas e focadas nas tarefas do trabalho diário (LIY, 2016; KASKUTAS, 2013).

8 – O ato inseguro potencializa o risco de queda (LIY, 2016). O uso de EPI, além da conscientização, é também uma questão de atitude.

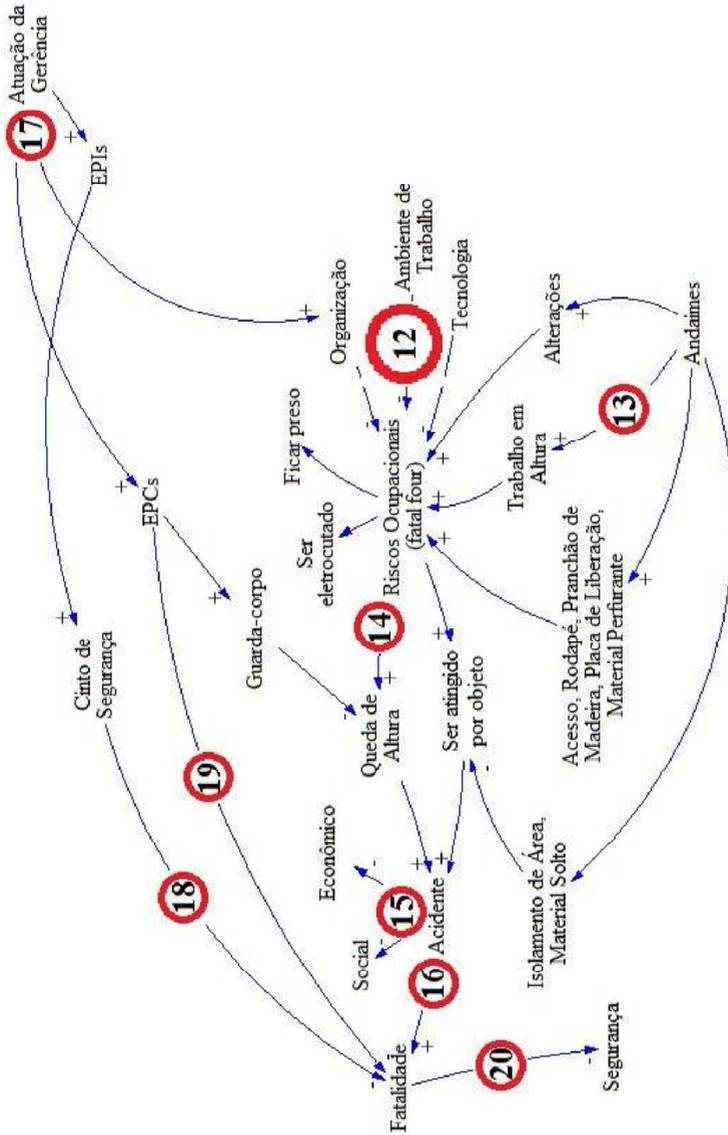
9 – A falsa sensação de segurança em altura muitas vezes se deve ao acúmulo de experiência sem sofrer danos (ZHANG e FANG, 2013). A experiência aumenta a confiança, porém o excesso de confiança pode fazer diminuir o uso de EPI.

10 – O uso de EPI é obrigatório e previne o trabalhador de sofrer acidentes ou ameniza os danos.

11 – Mesmo com treinamento, recomendações ergonômicas, conscientização e uso de EPI, o trabalhador está sempre sujeito a cometer erros.

A Figura 43 mostra o diagrama com foco em segurança. Alguns riscos são inerentes da atividade e outros são gerenciáveis. O acidente é o resultado da soma dos riscos ocupacionais subtraídos pelas precauções que podem ser tomadas. Pode-se verificar que a fatalidade é o resultado final do acidente, mas pode ser atenuada dependendo da existência de EPCs e uso de EPIs.

Figura 43 - Diagrama com foco em segurança



Fonte: autor

12 – Organização, ambiente de trabalho e tecnologia influenciam diretamente nos riscos ocupacionais aos quais os trabalhadores estão expostos. Equipamentos de prevenção de queda, como cintos de segurança e amortecedores, devem ter sua tecnologia melhorada para reduzir danos ao corpo e à cabeça durante as quedas. (HINO et al., 2014).

13 – Trabalho em altura é toda atividade executada acima de 2,00 metros do nível inferior, onde haja risco de queda (NR 35). A atividade de montagem e desmontagem de andaime possui um risco ocupacional inerente ao trabalho em altura, que pode ainda ser potencializado quando há alterações no andaime após *check list* aprovado.

14 – Quedas, ser atingido por objeto, ser eletrocutado e ficar preso são conhecidos como “o quarteto fatal – *the fatal four*” pela OSHA. De fato, a queda de altura e ser atingido por objeto são riscos presentes na atividade de montagem e desmontagem de andaimes.

15 – Lesões por quedas não afetam apenas os trabalhadores da construção e suas famílias, mas também resultam em um impacto econômico significativo. A queda de altura na indústria de construção é uma causa comum de trauma que representa um custo financeiro significativo no sistema de saúde (TUMA et al., 2013; WAEHRER et al. 2007; MEERDING et al., 2006).

16 – Em vários países a queda de altura ainda causa muitas mortes no setor de construção (U.K. HEALTH AND SAFETY EXECUTIVE, 2015; HONG KONG LABOUR DEPARTMENT, 2013; BUREAU OF LABOR STATISTICS, 2015).

17 – A gerência tem influência direta sobre a organização e a utilização dos EPCs e EPIs. Negligência pela gerência para assegurar práticas seguras em campo e deixar de usar medidas de segurança pessoal são as maiores fontes de fatalidades na indústria da construção (GUHA E BISWAS, 2013).

18 – O uso de equipamentos de proteção contra quedas tem um enorme impacto no nível de ferimento sofrido (JANICAK, 1998).

19 – Quando houver possibilidade de queda em direção à face interna deve ser prevista proteção adequada de guarda-corpo e rodapé (NR 34). Falta de barreira de proteção coletiva, ineficiência de algumas barreiras, falta de treinamento dos trabalhadores e local restrito (HSIAO E SIMEONOV, 2001).

20 – Os acidentes são consequência dos riscos ocupacionais, mas as fatalidades podem ser mitigadas pela existência de EPCs e pelo uso de EPIs. A quantidade e intensidade destas fatalidades são o índice de segurança de um canteiro de obras.

A Figura 44 mostra o diagrama com foco na produtividade.

A produtividade é diretamente influenciada pela capacidade dos trabalhadores das diversas disciplinas utilizarem as ferramentas, procedimentos e materiais disponíveis. Estes mesmos trabalhadores podem cometer erros, alguns dos quais são gerenciáveis. A produtividade é o resultado destas interações.

21 e 22 – A utilização de ferramentas, procedimentos e materiais pelos trabalhadores agrega valor à construção nas diversas disciplinas da construção e montagem, como: andaimes, estrutura, elétrica, tubulação, pintura, comissionamento, movimentação de carga, instrumentação, solda e mecânica.

23 – A atuação da gerência no treinamento da supervisão e na forma como irá pressionar por resultados pode impactar no resultado produtivo da equipe.

24 e 25 – Erros são causas de retrabalho e também de mudanças que geram interrupções. Em ambos os casos são exigidos esforços que no final não agregam valor à obra.

26 – A soma das atividades que agregam valor diminuído das interrupções e retrabalhos geram o índice de produtividade de um canteiro de obra.

Diversas tecnologias têm sido testadas, como: uma abordagem em duas etapas identificando e transmitindo um risco de construção em tempo real (ALBERT et al., 2014); um método que detecta incidentes de queda (YANG et al., 2014); monitoramento automático da segurança da construção com o uso de sensores *bluetooth* de baixo consumo de energia (BLE) (PARK et al., 2016); e o método da árvore de falhas, pois as quedas fatais podem ser causadas por mais de uma combinação de causas (CHI et al., 2014).

Se faz necessário aplicar ideias inovadoras para atingir resultados melhores. E como diz (DE JONG et al., 2003), “as razões para a aplicação da inovação para o trabalho de andaimes também incluem a melhoria das condições ergonômicas”. Os resultados da ErgCCP são inovadores e complementam os diagramas de causa e efeito aqui apresentados.

5.3 Ergonomia de Correção, Conscientização e Participação

Como todo processo de construção envolve riscos, especialmente em obras de grande porte, há grande rotatividade de pessoas e equipes, muitas delas vindas de outras cidades e estados. É mais difícil criar uma

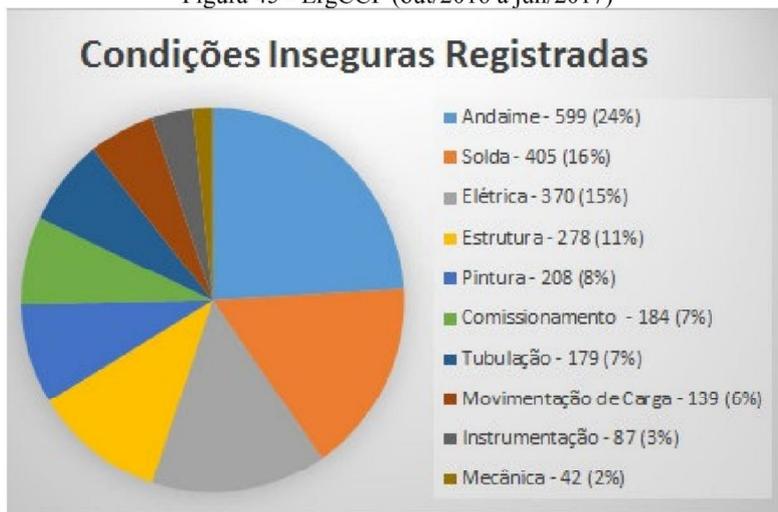
cultura de segurança onde o ambiente é dinâmico e as equipes não são fixas.

A ergonomia de conscientização procura capacitar os próprios trabalhadores para identificação e correção dos problemas do dia-a-dia ou aqueles emergenciais. E a ergonomia de participação procura envolver o próprio trabalhador na solução dos problemas (IIDA, 2005).

Verificou-se em toda a obra 2491 situações de risco potencial, sendo 599 na área de andaimes, causados principalmente por risco de queda de material de andaime em área próxima a de montagem e desmontagem (área não isolada) e risco de queda de montador de andaime (ainda que sempre preso pelo cinto de segurança).

A Figura 45 mostra as quantidades de registros em cada área.

Figura 45 - ErgCCP (out/2016 a jun/2017)



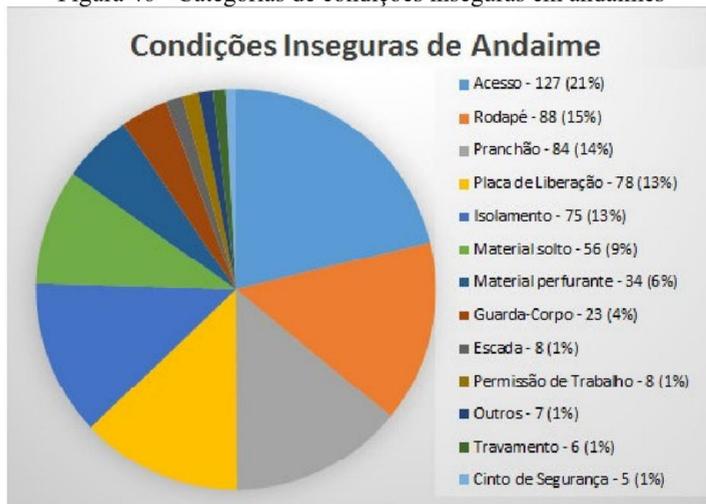
Fonte: Autor

Percebeu-se que a atividade de montagem de andaimes é a que oferece mais riscos e os trabalhadores ficam expostos a condições inseguras. Este fato é devido principalmente pelo grande rigor dos procedimentos de segurança que devem ser seguidos, pois o trabalho em altura é por si só um fator de risco.

Dentre os registros de condições inseguras em andaimes foram categorizadas as principais, dentre elas estão: abertura em piso, andaime sem rodapé, falta de inspeção e placa de liberação, atividade sendo

realizada sem emissão de permissão de trabalho; material de andaime espalhado, cinto não usado corretamente. Conforme mostra a Figura 46.

Figura 46 - Categorias de condições inseguras em andaimes



Fonte: Autor

As condições da ferramenta ErgCCP foram classificadas conforme os riscos que representam, seguem exemplos registrados na planilha:

Acesso - a passagem de pessoas está bloqueada, dificultada ou insegura.

- Andaime desmontado e com tubos soltos acumulados na passagem provisória.
- Tubos de andaime localizados na altura do rosto dos colaboradores, podendo causar acidentes.
- Falta de acesso para as atividades de comissionamento.

Rodapé - não há rodapé, não está bem afixado ou não está dimensionado conforme norma.

- Andaime sem rodapé com risco de queda de materiais.
- Rodapé com altura inferior ao normalizado.
- Rodapé quebrado próximo ao filtro coalescedor.

Pranchão - há vão nos pranchões de madeira, não estão bem fixados ou estão deteriorados.

- Abertura em andaime com risco de queda de material.
- Pranchões de andaime com rachaduras.

Placa de liberação - não há placa de liberação ou não está adequada.

- Andaime sem placa de liberação.
- Andaime com acesso obstruído e com placa de liberado.

Isolamento - o trabalho do montador de andaime não está bem isolado, representando risco aos demais, ou o material usado para montagem e desmontagem oferece risco às pessoas que transitam em mesmo nível.

- Desmontagem de andaime com isolamento de área inadequado.
- Material de andaime no chão, sem o isolamento adequado.

Material solto – material de andaime com risco de queda.

- Braçadeiras de andaime sendo jogadas ao nível abaixo durante a desmontagem.
- Pedços de madeira solta no piso da plataforma de andaime.

Material perfurante – geralmente pregos usados na montagem dos pranchões de madeira que ficam expostos oferecendo riscos aos usuários do andaime.

- Prego exposto em andaime, com risco de perfuração.

Guarda-corpo – não há guarda-corpo, não está bem fixado ou não está dimensionado conforme norma.

- Falta guarda-corpo em andaime.

Escada – montada inadequadamente oferecendo risco aos usuários.

- Escadas de marinheiro com aro de proteção mais alto do que o normalizado.

Permissão de Trabalho – sem emissão ou assinatura na permissão de trabalho.

- Atividade de montagem de andaime sem emissão de Permissão de Trabalho.

Outros – oferecem riscos que não estão enquadrados nas demais classificações.

- Andaime com rodízio danificado.
- Andaime montado com amarra deficiente.
- Parte de andaime desmontado sendo utilizado como escada para passagem de material.
- Pau-de-carga instalado com somente 2 tubos de andaime (procedimento pede 3 tubos).
- Pedço de dormente usado para apoio de materiais.

- Tubo de andaime com comprimento maior do que o previsto em projeto padrão (risco de flambagem).
- Utilização de roldana inadequada, com parafuso soldado ao gancho.

Travamento – andaime não travado para a utilização.

- Plataforma de andaime sendo utilizada sem travamento dos rodízios.

Cinto de Segurança – não acoplado ou acoplado de forma inadequada.

- Montador de andaime com cinto ancorado em cabo elétrico.
- Montador de andaime com cinto ancorado na boca de tubo de andaime.

Foram registradas 127 situações de riscos causados por acesso bloqueado, dificultado ou inseguro.

Além disso, podem ser agrupadas 337 condições inseguras que podem gerar acidente por queda de objeto ou presença de objeto em local inadequado: falta de rodapé (88), vão entre pranchões de madeira (84), falta de isolamento de área (75), material solto na plataforma de andaime (56) e material perfurante deixado pelo montador de andaime (34).

Portanto, do total de 2491 registros em toda a obra: 599 (24%) são atribuídas aos andaimes, sendo 127 (5%) das condições inseguras são categorizadas como acesso em andaime e 337 (13,5%) são devido a objetos que colocam em risco a segurança de outros.

Sendo a função do montador de andaime dar acesso às demais disciplinas, era de se esperar que neste quesito principal não deveriam haver tantos desvios. Os treinamentos e foco nas pequenas tarefas diárias, assim como a conscientização das equipes de montagem de andaimes, mostrando a importância da sua atividade na segurança da obra, são fundamentais para a diminuição destes números.

6 CONCLUSÃO

Evitar as quedas é importante não apenas para a produtividade, saúde, mas também para não gerar um custo financeiro e social, pois envolve pagamento de assistência de saúde e redução da força de trabalho na sociedade.

Este trabalho trouxe uma revisão da literatura com as principais contribuições práticas e acadêmicas recentes acerca do principal acidente ocupacional na indústria da construção: a queda de altura. As literaturas foram pesquisadas nas principais bases de dados disponíveis da área. Foram indicadas as principais causas, consequências e tentativas de melhoria da segurança do trabalhador, especialmente na presença de andaimes.

De acordo com o que foi proposto no objetivo geral deste trabalho, que era analisar as rotinas de montadores de andaime e suas relações com os fatores de risco relacionados a queda de altura, concluiu-se que não apenas os montadores de andaime estão expostos aos riscos ocupacionais de queda, como são agentes criadores de situações de riscos para os demais usuários dos andaimes e trabalhadores da obra.

O diagrama de causa e efeito baseou-se nos pilares Homem, Produtividade e Segurança, apresentando um mapa construído a partir dos artigos científicos da área e da experiência de trabalho na obra de construção e montagem (análise ergonômica). Este diagrama contribuiu para identificar onde podem ser aplicadas melhorias e como estas irão causar o efeito desejado na dinâmica da obra. Pode ainda orientar futuros trabalhos para saber onde atuar e qual o efeito esperado. É possível verificar, por exemplo, como as ferramentas ergonômicas são positivas para a melhoria da produtividade e da segurança. Este tipo de diagrama é aplicável em outras situações onde se queira expressar visualmente o quadro geral de uma organização. Uma ressalva que se faz é que o diagrama seja construído com o auxílio de alguém experiente na área, pois algumas interligações são subjetivas e expressam conhecimento tácito do responsável.

A AET associada à ferramenta ErgCCP evidenciaram uma grande série de situações de riscos importantes para serem tratadas. Esta ferramenta de gestão mostrou-se eficiente e de fácil aplicação. Pode ser utilizada além das obras de construção, como em fábricas ou qualquer ambiente onde o número de incidentes se mostrar relevante. Uma ressalva que se faz é que não devem existir metas de registros, pois o objetivo principal é a conscientização da força de trabalho quanto aos riscos. A expectativa gerencial deve ser registrar cada vez menos situações de risco,

por entender que o ambiente está se tornando mais seguro desde a implementação da ferramenta.

A observação da atividade mostrou que a preocupação com produção atropela os procedimentos de segurança. Durante a desmontagem de andaimes é frequente o descumprimento do procedimento que diz que é proibido arremessar material de andaime. Esta prática é motivada pelo cumprimento dos prazos da obra e coloca em risco os demais montadores que ficam no nível abaixo, mas também os demais trabalhadores da obra, especialmente quando a área não está isolada adequadamente.

Para trabalhos futuros sugere-se aplicar fórmulas matemáticas em cada um dos fluxos do diagrama de causa e efeito, a fim de verificar as curvas de respostas envolvendo segurança e produtividade.

As ideias e resultados apresentados aqui ajudam futuras pesquisas e orientam os trabalhadores da indústria de construção no lidar com o problema da queda de altura. Ênfase ainda que antes de utilizar os melhores equipamentos, as ferramentas mais tecnológicas e os procedimentos mais bem escritos, é preciso garantir a eficácia do treinamento e da conscientização dos trabalhadores, pois o homem é a base da segurança no trabalho.

7 REFERÊNCIAS

- ABRAHÃO, J.; SZNELWAR, L. I.; SILVINO, A.; SARMET, M.; PINHO, D. **Introdução à Ergonomia: Da Prática à Teoria**. Editora Blucher, 2009. 240 p.
- AL-ABDALLAT, E. M.; OQAILAN, A. M. A.; AL ALI, R.; HUDAIB, A. A.; SALAMEH, G. A. Occupational fatalities in Jordan. **Journal of Forensic and Legal Medicine**, v. 29, p. 25–29, 2015.
- ALBERT, A., HALLOWELL, M.R., KLEINER, B., GOLPARVAR-FARD., M., AND CHEN, A. Enhancing construction hazard recognition with high-fidelity augmented virtuality. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 140, n. 7, p. 04014024, 2014.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6494:90**. Segurança nos andaimes. Rio de Janeiro, 1991.
- BRASIL, Ministério do Trabalho e Emprego. Normas Regulamentadoras de Segurança e Medicina do Trabalho. **NR 18 Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção**. Disponível em: <http://www.mte.gov.br>. Acesso em: 10 jul. 2017.
- BRASIL, Ministério do Trabalho e Emprego. Normas Regulamentadoras de Segurança e Medicina do Trabalho. **NR 34 Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção, Reparação e Desmonte Naval**. Disponível em: <http://www.mte.gov.br>. Acesso em: 10 jul. 2017.
- BRASIL, Ministério do Trabalho e Emprego. Normas Regulamentadoras de Segurança e Medicina do Trabalho. **NR 35 Trabalho em altura**. Disponível em: <http://www.mte.gov.br>. Acesso em: 10 jul. 2017.
- BUREAU OF LABOR STATISTICS, Nonfatal Occupational Injuries And Illnesses Requiring Days Away From Work, 2015. **US Department of Labor, BLS, Washington, DC**. Disponível em: https://www.bls.gov/news.release/archives/osh2_11102016.pdf. Acesso em: 10 jul. 2017.
- CHEN, H.; LUO, X. Severity Prediction Models of Falling Risk for Workers at Height. **Creative Construction Conference 2016**.

CHEUNG, E.; CHAN, A. P. C. Rapid demountable platform (RDP) - A device for preventing fall from height accidents. **Accident Analysis and Prevention**, v. 48, p. 235–245, 2012.

CHI, C. F.; LIN, S. Z.; DEWI, R. S. Graphical fault tree analysis for fatal falls in the construction industry. **Accident Analysis and Prevention**, v. 72, p. 359–369, 2014.

CUTLIP, R., HSIAO, H., GARCIA, R., BECKER, E., & MAYEUX, B. A comparison of different postures for scaffold end-frame disassembly. **Applied ergonomics**, v. 31, n. 5, p. 507-513, 2000.

DE JONG, A. M., VAN DER MOLEN, H., VINK, P., EIKHOUT, S., & KONINGSVELD, E. Reasons for applying innovations for scaffolding work. **International Journal of Occupational Safety and Ergonomics**, v. 9, n. 2, p. 161-175, 2003.

DONG, X. S.; LARGAY, J. A.; CHOI, S. D.; WANG, X.; CAIN, C. T.; ROMANO, N. Fatal falls and PFAS use in the construction industry: Findings from the NIOSH FACE reports. **Accident Analysis and Prevention**, v. 102, p. 136–143, 2017.

DONG, X.; FUJIMOTO, A.; MEN, Y. “Fatal falls among Hispanic construction workers.” **Accident Analysis and Prevention**, 41, 1047–1052, 2009.

FASS, S.; YOUSEF, R.; LIGINLAL, D.; VYAS, P. Understanding causes of fall and struck-by incidents: What differentiates construction safety in the Arabian Gulf region? **Applied Ergonomics**, v. 58, p. 515–526, 2017.

FOLEY M, FAN ZJ, RAUSER E, SILVERSTEIN B. The impact of regulatory enforcement and consultation visits on workers’ compensation claims incidence rates and costs, 1999–2008. **American Journal of Industrial Medicine**, v. 55, n. 11, p. 976–990, 2012.

GAVIOUS, A., MIZRAHI, S., SHANI, Y., & MINCHUK, Y. The costs of industrial accidents for the organization: developing methods and tools for evaluation and cost–benefit analysis of investment in safety. **Journal of Loss Prevention in the Process Industries**, v. 22, n. 4, p. 434-438, 2009.

GERAMITCIOSKI, T.; MIJAKOVSKI, V.; MITREVSKI, V. Risk Assessment for Scaffolds and Ladders. **Annals of the Faculty of Engineering Hunedoara - International Journal of Engineering**, v. 13, n. 2, p. 117–122, 2015.

GOH, K. C.; GOH, H. H.; OMAR, M. F.; TOH, T. C.; ZIN, A. A. M. Accidents preventive practice for high-rise construction. **MATEC Web of Conferences**, 2016.

GOH, Y. M.; GOH, W. M. Evaluating the effectiveness of fall prevention plan: Do we need another safety document? Procs 31st Annual ARCOM Conference, 2015

GOH, Y. M.; GOH, W. M. Investigating the effectiveness of fall prevention plan and success factors for program-based safety interventions. **Safety Science**, v. 87, p. 186–194, 2016.

GOH, Y. M.; SA'ADON, N. F. B. Cognitive Factors Influencing Safety Behavior at Height: A Multimethod Exploratory Study. **Journal of Construction Engineering and Management**, 2015.

GUÉRIN, F., LAVILLE, A., DANIELLOU, F., DURAFFOURG, J; KERGUELEN, A. **Compreender o trabalho para transformá-lo: a prática da ergonomia**. Edgar Blucher, 2001.

GUHA, H.; BISWAS, P. P. Measuring construction site safety in Kolkata, India. **International Journal of Science and Research**, v. 4, n. 5, p. 2138-2143, 2013.

HALE, A.; D. BORYS. Working to rule, or working safely? Part 1: A state of the art review. **Safety Science**. 55, 207-221, 2013.

HEALTH AND SAFETY EXECUTIVE (2014). Annual report and account 2013/2014. **London: Her Majesty's Stationery Office, UK**.

HINO, Y.; OHDO, K.; TAKAHASHI, H. Fall protection characteristics of safety belts and human impact tolerance. **Industrial Health**, v. 52, p. 424–431, 2014.

HINZE, J. W. e GAMBATESE, J. A. Addressing construction worker safety in the project design.” **Research Report 101-11**, CII, Austin, TX, 1996

HONG KONG LABOUR DEPARTMENT. Occupational safety and health statistic 2012. **Occupational Safety and Health Branch**, Hong Kong, 2013.

HSIAO, H. Fall Prevention Research and Practice: A Total Worker Safety Approach. **Industrial Health**, v. 52, p. 381–392, 2014.

HSIAO, H.; SIMEONOV, P. Preventing falls from roofs: a critical review. **Ergonomics**, v. 44, n. 5, p. 537-561, 2001.

IEA. **Definicion and Domains of Ergonomics**. Disponível em: <<http://www.iea.cc/whats/index.html>>. Acesso em 01 ago 2017.

ILO. ILO calls for urgent global action to fight occupational diseases. 2013. Disponível em: <http://www.ilo.org/hanoi/Informationresources/Publicinformation/Presreleases/WCMS_211708/lang--en/index.htm>. Acesso em: 10 jul. 2017.

ISLAM, M. S.; RAZWANUL, I.; MAHMUD, M. T. Safety Practices and Causes of Fatality in Building Construction Projects : A Case Study for Bangladesh. **Jordan Journal of Civil Engineering**, v. 11, n. 2, p. 267–278, 2017.

JANICAK, Christopher A. Fall-related deaths in the construction industry. **Journal of Safety Research**, v. 29, n. 1, p. 35-42, 1998.

KANG, Y.; SIDDIQUI, S.; SUK, S. J.; CHI, S.; KIM, C. Trends of Fall Accidents in the U.S. Construction Industry. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 143, n. 8, 2017.

KASKUTAS, V.; BUCKNER-PETTY, S.; DALE, A. M.; GAAL, J.; EVANOFF, B. A. Foremen’s intervention to prevent falls and increase safety communication at residential construction sites. **American Journal of Industrial Medicine**, v. 59, n. 10, p. 823–831, 2016.

KASKUTAS, V.; DALE, A. M.; LIPSCOMB, H.; EVANOFF, B. Fall prevention and safety communication training for foremen: Report of a

pilot project designed to improve residential construction safety. **Journal of Safety Research**, v. 44, p. 111–118, 2013.

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

KINES, P. Case studies of occupational falls from heights: Cognition and behavior in context. **Journal of Safety Research**, v. 34, n. 3, p. 263-271, 2003.

LAVILLE, A. **Ergonomia**. São Paulo, EduspEpu, 1977. p.1-10

LI, Z.; CHANG, C. C.; DIDOMENICO, A.; QI, C.; CHIU, S. L. Investigating gait adjustments and body sway while walking across wooden scaffold boards. **Ergonomics**, v. 58, n. 9, p. 1581–1588, 2015.

LIPSCOMB, H. J.; SCHOENFISCH, A. L.; CAMERON, W.; KUCERA, K. L.; ADAMS, D.; SILVERSTEIN, B. A. How well are we controlling falls from height in construction? Experiences of union carpenters in Washington State, 1989-2008. **American Journal of Industrial Medicine**, v. 57, n. 1, p. 69–77, 2014.

LIY, C. H.; IBRAHIM, S. H.; AFFANDI, R.; ROSLI, N. A.; NAWI, M. N. M. Causes of Fall Hazards in Construction Site Management. **International Review of Management and Marketing**, v. 6, n. 8S, p. 257-263, 2017.

LÓPEZ, M. A. C.; RITZEL; D. O., FONTANEDA, I.; ALCANTARA, O. J. G. Construction industry accidents in Spain. **Journal of safety research**, v. 39, n. 5, p. 497-507, 2008. ong et al., 2009

MEERDING, W. J.; MULDER, S.; VAN BEECK, E. F. Incidence and costs of injuries in The Netherlands. **The European Journal of Public Health**, v. 16, n. 3, p. 271-277, 2006.

NGUYEN, L. D.; TRAN, D. An Approach to the Assessment of Fall Risk for Building Construction. **Construction Research Congress**. 2016

NGUYEN, L. D.; TRAN, D. Q.; CHANDRAWINATA, M. P. Predicting Safety Risk of Working at Heights Using Bayesian Networks. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 142, 2016.

NIOSH, 2014. **Campaign to Prevent Falls in Construction**. Disponível em: <<http://www.cdc.gov/niosh/construction/stopfalls.html>> Acesso em: 01 ago. 2017.

OHDO, K.; HINO, Y.; TAKAHASHI, H. Research on fall prevention and protection from heights in Japan. **Industrial Health**, v. 52, n. 5, p. 399–406, 2014.

OHDO, K.; TAKANASHI, S.; HINO, Y.; TAKAHASHI, H. Study on fall protection for assembling and dismantling works of system scaffolds. **The Thirteenth East Asia-Pacific Conference on Structural Engineering and Construction (EASEC-13)**, 2013.

OSHA. **Safety and Health Regulations for Construction: Fall Protection: Standard 29 CFR 1926, Subpart M**. 2016. Disponível em: <https://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_table=standards&p_id=10922>. Acesso em: 01 ago. 2017.

PARK, J.; KIM, K.; CHO, Y. K. Framework of automated construction-safety monitoring using cloud-enabled BIM and BLE mobile tracking sensors. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 143, n. 2, p. 05016019, 2016.

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

RUBIO-ROMERO, J. C.; CARRILLO-CASTRILLO, J. A.; GIBB, A. Prevention of falls to a lower level: evaluation of an occupational health and safety intervention via subsidies for the replacement of scaffolding. **International Journal of Injury Control and Safety Promotion**, v. 22, n. 1, p. 16–23, 2015.

RUBIO-ROMERO, J. C.; GÁMEZ, M. C. R.; CARRILLO-CASTRILLO, J. A. Analysis of the safety conditions of scaffolding on construction sites. **Safety Science**, v. 55, p. 160–164, 2013.

RUBIO-ROMERO, J. C.; RUBIO, M. C.; GARCÍA-HERNÁNDEZ, C. Analysis of Construction Equipment Safety in Temporary Work at Height. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 139, p. 9–14, 2012.

SVEDUNG, I.; RASMUSSEN, J. Graphic representation of accident scenarios: mapping system structure and the causation of accidents. **Safety Science**, v. 40, n. 5, p. 397–417, 2002.

TOFFOLETTO, O.; MATA, R. Estudo comparativo quanto à utilização de andaimes de montagem rápida. **13º Seminário de Segurança, Saúde, Meio Ambiente e Responsabilidade Social. 2º Seminário da Qualidade**, 2014. ABEMI - Associação Brasileira de Engenharia Industrial. Disponível em: www.abemi.org.br/?wpdmact=process&did=MzUwLmhvdGxpbms=

TUMA, M. A.; ACERRA, J. R.; EL-MENYAR A.; AL-THANI, H.; AL-HASSANI, A.; RECICAR, J. F.; YAZEEDI, W.A., MAULI, K.I. Epidemiology of workplace-related fall from height and cost of trauma care in Qatar. **International Journal of Critical Illness & Injury Science**, v. 3, n. 1, p. 3–7, 2013.

U.K. HEALTH AND SAFETY EXECUTIVE. **Health and safety in construction sector in Great Britain**, 2015. Disponível em: <http://www.hse.gov.uk/statistics/industry/construction/>. Acesso em: 10 jul. 2017.

WAEHRER, G. M., DONG, X. S., MILLER, T., HAILE, E., & MEN, Y. Costs of occupational injuries in construction in the United States. **Accident Analysis & Prevention**, v. 39, n. 6, p. 1258–1266, 2007.

WELCH, L. S., DONG, X., CARRE, F., & RINGEN, K. Is the apparent decrease in injury and illness rates in construction the result of changes in reporting? **International Journal of Occupational and Environmental Health**, v. 13, n. 1, p. 39–45, 2007.

WONG, L. et al. Association of Root Causes in Fatal Fall-from-Height Construction Accidents in Hong Kong. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 142, n. 7, 2016.

YANG, K., ARIA, S., AHN, C. R., & STENTZ, T. L. Automated detection of near-miss fall incidents in iron workers using inertial measurement units. In: **Construction Research Congress 2014: Construction in a Global Network**. 2014. p. 935-944.

ZHANG, M.; FANG, D. A cognitive analysis of why Chinese scaffolders do not use safety harnesses in construction. **Construction Management and Economics**, v. 31, n. 3, p. 207–222, 2013.