

Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Escola de Engenharia  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil

**Identificação de requisitos de desempenho de Sistemas de  
Proteção Periférica (SPP) em obras de edificações**

**Guillermina Andrea Peñaloza**

Porto Alegre  
2015

**GUILLERMINA ANDREA PEÑALOZA**

**Identificação de requisitos de desempenho de Sistemas de  
Proteção Periférica (SPP) em obras de edificações**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em  
Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul,  
como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em  
Engenharia.

Porto Alegre  
2015

## CIP - Catalogação na Publicação

Peñaloza, Guillermina Andrea  
Identificação de requisitos de desempenho de  
Sistemas de Proteção Periférica (SPP) em obras de  
edificações / Guillermina Andrea Peñaloza. -- 2015.  
150 f.

Orientador: Carlos Torres Formoso.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do  
Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia, Programa de  
Pós-Graduação em Engenharia Civil, Porto Alegre, BR-  
RS, 2015.

1. sistemas de proteção periférica. 2. quedas de  
altura. 3. requisitos de desempenho. 4. segurança e  
saúde no trabalho. I. Torres Formoso, Carlos,  
orient. II. Título.

**GUILLERMINA ANDREA PEÑALOZA**

**IDENTIFICAÇÃO DE REQUISITOS DE DESEMPENHO DE  
SISTEMAS DE PROTEÇÃO PERIFÉRICA (SPP) EM OBRAS DE  
EDIFICAÇÕES**

Esta dissertação de mestrado foi julgada adequada para a obtenção do título de MESTRE EM ENGENHARIA, Área de Construção, e aprovada em sua forma final pelo professor orientador e pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, 30 de setembro de 2015.

Prof. Carlos Torres Formoso

Ph.D. pela University of Salford, Grã Bretanha – Coordenador do PPGEC/UFRGS

Prof. Carlos Torres Formoso

Ph.D. pela University of Salford, Grã Bretanha – Orientador

**BANCA EXAMINADORA**

**Profa. María Dolores Martínez Aires (Universidad de Granada, España)**

Dra. pela Universidad de Granada, España

**Prof. Tarcisio Abreu Saurin (UFRGS)**

Dr. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil

**Prof. João Masuero (UFRGS)**

Dr. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil

Dedico este trabajo a mi abuela Rosa, que me cuida  
desde el cielo.

## **AGRADECIMENTOS**

À minha família, que, mesmo distante fisicamente, me deram seu apoio incondicional. Agradeço pela criação e educação.

Ao meu orientador, professor Carlos Torres Formoso, pela confiança depositada ao escolher-me como integrante do projeto CanTechHS. A partir disso, agradeço as inúmeras oportunidades de crescimento e aprendizado que mudaram minha forma de ver as coisas.

Ao professor Tarcísio Abreu Saurin, pela sua valiosa colaboração no desenvolvimento dessa pesquisa, pela dedicação e paciência, pelo conhecimento compartilhado e pelas críticas e questionamentos que contribuíram para a evolução do trabalho.

À professora Sheyla Serra pela bondade e motivação para participar dos eventos realizados pelo projeto CanTechHS.

Aos professores e colegas da Universidade Federal da Bahia, Universidade Politécnica de São Paulo e Universidade Federal de São Carlos que integram junto com a Universidade Federal do Rio Grande do Sul, o projeto CanTechHS.

Agradeço ao CNPq e FINEP, pelo suporte financeiro que possibilitou a minha total dedicação para realização desta pesquisa, bem como pelo apoio para participar nos congressos.

Ao Pedro, meu companheiro, que me fez reconhecer a importância de lutar pelos meus sonhos.

Aos amigos do NORIE, Daniela Dietz, Jeferson Shigaki, Guilherme Trevisan, Fernanda Saidelles Bataglin, Juliana Parise, Eduardo Isatto, Pablo Rangel Pacheco, Jose Villamayor e tantos outros que foram parte deste caminho.

Às empresas construtoras, diretores, engenheiros e técnicos em SST, projetistas de SPC e auditores fiscais que colaboraram para a realização desta pesquisa.

À engenheira Luisa Tânia Elesbão Rodrigues pela colaboração incondicional no começo deste estudo.

Ao engenheiro Milton Oliveira pela colaboração inestimável ao longo de todo o estudo.

À família do NORIE por me acolher.

À Universidade Federal do Rio Grande do Sul e ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil.

A todos aqueles que, embora não citados, também fazem ou fizeram parte da minha jornada e me passaram de alguma maneira seu conhecimento, acrescentando contribuições para minha percepção e sabedoria sobre a vida.

Hay hombres que de su ciencia tienen la cabeza llena;  
Hay sabios de todas menas, mas digo sin ser muy ducho;  
Es mejor que aprender mucho, el aprender cosas buenas.

*Martín Fierro, José Hernández.*

## RESUMO

PEÑALOZA, G. A. **Identificação de requisitos de desempenho de Sistemas de Proteção Periférica (SPP) em obras de edificações**. 2015. Dissertação de Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre, 2015.

Na indústria da construção, as quedas de altura constituem-se em um dos tipos mais frequentes de acidentes graves. Alguns fatores contribuem para essas quedas, entre os quais se destacam a falta de qualificação dos trabalhadores, restrições de leiaute e a falta de barreiras de proteção contra quedas. Embora o uso de sistemas temporários de proteção periférica (SPP) seja uma medida importante para prevenir as quedas de altura em canteiros de obras, a literatura não apresenta um conjunto abrangente de requisitos para esses sistemas. As normas de segurança e saúde no trabalho na construção civil, tanto no Brasil como no exterior, apresentam vários requisitos aos quais os SPP devem atender. Contudo, a maioria destes requisitos são relacionados somente à resistência estrutural e à configuração geométrica, negligenciando a eficiência e flexibilidade dos mesmos, bem como não tratam dos processos de montagem e desmontagem. As limitações nos requisitos considerados em diversas fontes e a falta de métodos para verificar a conformidade dos SPP aos requisitos das normas (e outros requisitos relevantes) criam dificuldades para as partes interessadas, tais como órgãos governamentais de fiscalização, empresas construtoras, e os próprios operários encarregados pela execução dos SPP. O objetivo deste trabalho é propor um conjunto de requisitos de desempenho para sistemas temporários de proteção periférica. Estes requisitos foram identificados a partir de várias fontes de evidencia, tais como regulamentos, observações diretas de operações de montagem e desmontagem dos SPP em obras, análise de projetos de SPP, e entrevistas com especialistas. Deste modo, foi identificado um conjunto de 33 requisitos: 15 relativos à segurança, 12 à eficiência e 6 à flexibilidade. Com base nos referidos requisitos, foram avaliados 9 tipos de SPP, em 26 canteiros de obra. Estes SPP foram agrupados em três categorias de acordo com os materiais constituintes: metálicos, madeira e mistos. As principais contribuições deste estudo referem-se ao desenvolvimento de um conjunto amplo de requisitos, à análise das relações entre estes requisitos, indicando se estes podem reforçar-se mutuamente ou estar em conflito, e a proposição de um protocolo que torna claro as premissas adotadas em cada etapa da avaliação.

**Palavras-chave:** sistemas de proteção periférica, quedas de altura, requisitos de desempenho, segurança e saúde no trabalho.

## ABSTRACT

PEÑALOZA, G. A. **Identification of performance requirements for temporary edge protection systems for buildings**. 2015. Dissertação de Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre, 2015.

In the construction industry falls from height are one of the most frequent types of serious accidents. There are a number of factors that contribute for such falls, such as the lack of training for workers, layout constraints, and the lack of fall protection barriers. Although the use of temporary edge protection systems (TEPS) is an important measure to prevent falls from height in construction sites, the literature does not present a comprehensive set of requirements for those systems. Safety and health standards in construction, both in Brazil and abroad, have several requirements to which the SPP should meet. However, most of those standards are limited to structural strength and geometric configuration requirements, neglecting efficiency and flexibility, as well as do not address the assembly and disassembly processes. The limitations of requirements considered in several sources, and the lack of methods to verify the conformance of TEPS to the requirements established in standards (and other relevant requirements) create difficulties for stakeholders, such as government supervisory bodies, construction companies, and the workforce involved in the installation of TEPS. The aim of this study is to propose a set of performance requirements for temporary edge protection systems. These requirements have been identified from various sources, such as standards, direct observation of assembly and disassembly operations, analysis of TEPS design, and interviews with specialists. Thus, a set of 33 requirements were identified: 15 related to safety, 12 to efficiency and 6 to flexibility. Based on those requirements 9 TEPS solutions were evaluated in 26 construction sites. Those solutions were divided into three categories according to the materials used: metal, wood and mixed. The main contributions of this investigation refers to the development of a broad set of requirements, the analysis of the relationships between those requirements, indicating that these can either reinforce each other or be in conflict, and the proposal of a protocol that makes it clear the assumptions made at each evaluation stage.

**Key words:** temporary edge protection systems, falls from height, performance requirements, safety and health at work.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>13</b>
1.1.	CONTEXTO.....	13
1.2.	PROBLEMA DE PESQUISA.....	17
1.3	ESCOPO DA PESQUISA .....	18
1.3.1	Questões de pesquisa .....	19
1.3.2	Objetivos.....	19
1.3.3	Delimitações .....	20
1.4	ESTRUTURA DO TRABALHO .....	21
<b>2</b>	<b>QUEDAS EM ALTURA</b> .....	<b>22</b>
2.1	CONCEITOS BASICOS.....	22
2.1.1	Acidentes de Trabalho (AT) .....	22
2.1.2	Risco e Perigo .....	23
2.2	BARREIRAS DE SEGURANÇA.....	24
2.3	SISTEMAS DE PROTEÇÃO CONTRA QUEDAS EM ALTURA.....	27
2.3.1	Trabalho em altura.....	28
2.3.2	Características do trabalho em altura na construção de edifícios .....	28
2.3.3	Causas das quedas em altura na Indústria da Construção (IC) .....	29
2.4	SISTEMAS DE PROTEÇÃO COLETIVA (SPC).....	33
2.4.1	Sistema de Proteção Periférica (SPP) .....	34
<b>3</b>	<b>REFERENCIAL NORMATIVO</b> .....	<b>36</b>
3.1	Panorama das normas nacionais.....	36
3.2	Embargos e Interdições .....	37
3.3	Normas relevantes de outros países.....	38
3.4	Comparação entre os referenciais normativos .....	39
<b>4</b>	<b>GESTÃO DE REQUISITOS (GR)</b> .....	<b>41</b>
4.1	CONCEITOS BASICOS.....	41
4.2	Etapas da Gestão de Requisitos.....	43

4.3	Relações entre requisitos .....	44
<b>5</b>	<b>MÉTODO DE PESQUISA.....</b>	<b>45</b>
5.1	ESTRATÉGIA DE PESQUISA.....	45
5.2	DELINEAMENTO DA PESQUISA.....	46
5.3	Identificação de requisitos .....	49
5.4	Categorização de requisitos.....	50
5.5	Relações entre requisitos .....	51
5.6	Níveis de atendimento .....	51
5.7	Escolha dos spp e caracterização das obras visitadas .....	54
5.8	Fontes de evidência.....	57
5.9	Oportunidades de melhoria.....	59
5.10	AVALIAÇÃO DO PROTOCOLO .....	59
<b>6</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>62</b>
6.1	Avaliação de requisitos de Segurança .....	62
6.2	Avaliação de requisitos de Eficiência .....	71
6.3	Avaliação de requisitos de Flexibilidade.....	78
6.4	SÍNTESE DA ANÁLISE .....	82
6.4.1	Nível de atendimento por categoria .....	82
6.4.2	Nível de atendimento aos requisitos .....	83
6.4.3	Nível de atendimento entre Projeto e Uso.....	84
6.5	Oportunidades de melhoria.....	86
6.6	AVALIAÇÃO FINAL DA SOLUÇÃO .....	95
6.6.1	Utilidade do protocolo .....	95
6.6.2	Aplicabilidade do protocolo .....	96
<b>7</b>	<b>CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS .....</b>	<b>98</b>
7.1	CONCLUSÕES.....	98
7.2	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS .....	100
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>100</b>

APÊNDICE 1: INSTRUMENTO DE COLETA DE DADOS .....	110
APÊNDICE 2: RELAÇÕES E CONFLITOS ENTRE REQUISITO .....	120
APÊNDICE 3: ROTEIRO PARA ENTREVISTA COM PROJETISTAS DE EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO COLETIVA: SISTEMA DE PROTEÇÃO PERIFÉRICA (SPP).....	127
APÊNDICE 4: QUESTIONARIO SOBRE A PERCEPÇÃO DOS USUÁRIOS QUE TRABALHAM COM SPP .....	129
APENDICE 5: ESTUDO DOS FLUXOS DE TRABALHO NA MONTAGEM E DESMONTAGEM DOS SPP EM MADEIRA .....	133

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Barreiras de Prevenção e Proteção.....	25
Figura 2: Espaços de Trabalho com Risco de Queda (ETRQ) .....	28
Figura 3: Classificação dos SPC, segundo a NR 18. ....	33
Figura 4: Dimensões do GcR - RTP 01.....	34
Figura 5: Delineamento da pesquisa.....	47
Figura 6: Evolução das versões do protocolo e origem dos requisitos .....	49
Figura 7: Escolha dos trechos de SPP a serem avaliados .....	54
Figura 8: Escala de cores para identificar as médias de atendimento.....	54
Figura 9: Extrato do Protocolo .....	58
Figura 10: Comparação do atendimento aos requisitos de segurança em Projeto.....	65
Figura 11: SPP-MA, SPP-MI .....	64
Figura 12: Comparação do atendimento aos requisitos de segurança em Uso na fase de fôrmas. ....	66
Figura 13: Execução de tarefas em altura sem SPP .....	67
Figura 14: Exemplos de atendimento parcial ao requisito 1. Distância entre montantes .....	67
Figura 15: Exemplo de atendimento ao requisito 1. ....	68
Figura 16: Comparação do atendimento aos requisitos de segurança em Uso na fase de estrutura .....	69
Figura 17: Exemplo de atendimento parcial ao requisito 5 .....	70
Figura 18: SPP-MI-5. Exemplo de atendimento ao requisito 5 na montagem.....	71
Figura 19: SPP-MI-5. Exemplo de atendimento ao requisito 5 na desmontagem.....	71
Figura 20: SPP-ME-2. Exemplo de atendimento ao requisito 5 na montagem e desmontagem.....	72
Figura 21: Comparação do atendimento aos requisitos de eficiência em Projeto.....	73
Figura 22: Comparação do atendimento aos requisitos de eficiência em Uso .....	74
Figura 23: Gráfico das posturas analisadas com WinOWAS na montagem do SPP-MA-1...	75
Figura 24: Posturas de pé, apoiado sobre os dois joelhos curvados, e costas curvadas .....	75

Figura 25: Gráfico das posturas analisadas com WinOWAS na desmontagem (SPP-MA-1)	76
Figura 26: Postura de costas curvada.....	76
Figura 27: Gráfico das posturas analisadas com WinOWAS na montagem de SPP-MI-5.....	77
Figura 28: Posturas de pé, com as costas curvadas.....	77
Figura 29 Gráfico das posturas analisadas com WinOWAS na montagem e desmontagem dos SPP-ME .....	78
Figura 30: Postura de braço acima do ombro .....	78
Figura 31: Comparação do atendimento aos requisitos de flexibilidade em Projeto.....	79
Figura 32: Aspectos de flexibilidade do SPP-ME-2 .....	80
Figura 33: Comparação do atendimento aos requisitos de flexibilidade em Uso.....	81
Figura 34: SPP-MA-1, SPP-MI-5.....	82
Figura 35: SPP-ME-1. Exemplo de atendimento ao requisito 1.....	83
Figura 36: Média total de atendimento por categoria .....	84
Figura 37: Média total de atendimento à requisitos obrigatórios, de 1º grau e 2º grau.....	85
Figura 38: Comparação do atendimento entre projeto e uso.....	86
Figura 39: Suporte metálico que pode facilitar a instalação e remoção do SPP.....	88
Figura 40: Montante que pode facilitar a instalação e remoção do SPP .....	89
Figura 41: SPP em plástico de alto impacto resistente e durável as condições normais de trabalho .....	90
Figura 42: Sistema de porta tipo cancela.....	91
Figura 43: perspectiva do SPP metálico fechado; (b) perspectiva do portão em posição semiaberta; (c) perspectiva do portão em posição aberta.....	91
Figura 44: Sistema de proteção de parapeitos.....	92
Figura 45: Recomendação. Perspectiva e componentes .....	93
Figura 46: Recomendação. SPP instalado.....	93
Figura 47: Recomendação. Combinação de travessões e rodapé .....	94
Figura 48: Recomendação. Montagem do SPP .....	95
Figura 49: Recomendação. Desmontagem por módulos .....	96

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Resultados da análise de PMFC e OWAS .....	75
--	----

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Comparativo dos requisitos de construção e resistência dos SPP das normas NR 18/RTP01, OSHA 1926.502, EN 13374 e S-2.1, r.6.....	40
Quadro 2: Perfil dos participantes entrevistados .....	50
Quadro 3: Lista completa de requisitos ( <i>R</i> ) e critérios ( <i>C</i> ).....	52
Quadro 4: Características dos SPP avaliados .....	55
Quadro 5: Quantidade de obras em que cada SPP foi avaliado .....	55
Quadro 6: Constructos, evidências e fontes de evidências para avaliar o protocolo .....	59
Quadro 7: Participantes dos seminários e workshops de debate e apresentação de resultados.....	60

## LISTA DE SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira e Normas Técnicas

AT – Acidente de Trabalho

AFT – Auditor Fiscal do Trabalho

CanTechIS – Tecnologias para Canteiro de Obras Sustentável em Habitação de Interesse Social

CNAE – Classificação Nacional de Atividades Econômicas

CONIAC – *Construction Industry Advisory Committee*

CPN – Comitês Permanentes Nacional

CPR – Comitês Permanentes Regional

DEIR – *Department of Employment and Industrial Relations*

EN – Norma Europeia

EPI – Equipamento de proteção individual

ES – Engenharia de Software

ETRQ – Espaços de Trabalho com Risco de Queda

FINEP – Financiadora de Estudos e Projetos

FUNDACENTRO – Fundação Centro Nacional de Segurança, Higiene e Medicina do Trabalho

GcR – Guarda-corpo e Rodapé

GR – Gestão de Requisitos

HIS – Habitação de Interesse Social

HSE – *Health and Safety Executive*

IC – Indústria da Construção

NR – Norma Regulamentadora

MCMV – Minha Casa Minha Vida

MPS – Ministério Previdência Social

MTE – Ministério do Trabalho e Emprego

OIT – Organização Internacional do Trabalho

OSHA – *Occupational Safety & Health Administration*

PAC – Programa de Aceleração do Crescimento

PCMAT – Programa de Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção

RTP – Recomendações Técnicas de Procedimentos

SPC – Sistema de Proteção Coletiva

SPP – Sistema de Proteção Periférica

SST – Segurança e Saúde no Trabalho

SRTE – Superintendências Regionais do Trabalho e Emprego

# 1 INTRODUÇÃO

O presente capítulo apresenta a justificativa e o escopo desta dissertação. São apresentados o contexto no qual a pesquisa está inserida, o problema de pesquisa, as questões e objetivos propostos, bem como a estrutura e as delimitações deste trabalho.

## 1.1. CONTEXTO

A SST tem se tornado cada vez mais relevante no setor da construção. Não só por se tratar de uma atividade que envolve riscos significativos, mas também, porque a prevenção de acidentes de trabalho (AT) exige enfoque específico, seja pela natureza particular do trabalho de construção, como pelo caráter temporário dos canteiros de obras (OIT, 2005). De fato, as mudanças na legislação aumentaram a pressão por melhoria da SST. Esta preocupação é verificada pelos trabalhos de Cattledge *et al.*, 1996 e Huang e Hinze, 2003; Bomel 2003; López *et al.*, 2008; Cameron *et al.*, 2008; Holmes *et al.*, 1999; Larsson e Field, 2002; Wong *et al.*, 2005 e Tavares, 2014 os quais relatam os problemas encontrados em países de diferentes continentes, incluindo America, Europa, Oceania e Ásia.

Nos EUA, no período de 1990 a 2001 cerca de um quarto de todos os AT foram causados por quedas durante trabalhos em altura na indústria da construção (IC) (CATTLEDGE *et al.*, 1996; HUANG; HINZE, 2003). No Reino Unido, estudos realizados por Bomel (2003) e Cameron *et al.* (2008), evidenciaram que uma das atividades com maior frequência de acidentes em quedas de altura foi a construção, responsável por 17% dos acidentes fatais nos cinco anos de dados coletados. Na Espanha, tomando como base o número total de acidentes (1.630.452) sofridos pelos trabalhadores no período de 1990 a 2000 (LÓPEZ *et al.*, 2008), 19,91% dos acidentes foram causados por quedas de altura de mesmo nível e quedas de nível diferente, o que correspondeu a 34,9% dos acidentes fatais. Na Austrália, no período de 1996 a 2000, os acidentes com queda de alturas representaram 30% dos acidentes fatais na IC (HOLMES *et al.*, 1999; LARSSON; FIELD, 2002). Em Hong Kong, os dados coletados de 1998 a 2002 (WONG *et al.*, 2005), indicaram que a IC é responsável por uma elevada parcela (27,79%) de acidentes fatais. Dos acidentes fatais nesse período, 63% referem-se à queda de altura. No Brasil, os tipos de acidentes mais citados e estudados são as quedas em altura (TAVARES, 2014). De acordo com os dados do Ministério da Previdência Social (2014), no período de 2009 a 2012, as quedas em altura foram as causas mais frequentes (3,40%) entre os principais acidentes na construção de edifícios, seguida pela exposição a forças mecânicas inanimadas (2,13%) e exposição à corrente elétrica (1,19%).

Os dados de inspeção governamental em Segurança e Saúde no Trabalho (SST), no Brasil, apontam que o setor da construção além de apresentar altos índices de AT, também apresenta elevados índices de embargos e interdições causadas pela falta de atendimento às condições mínimas de SST, comparado a outros setores econômicos (BRASIL, 2012). As estatísticas mais recentes do Ministério da Previdência Social (MPS), divulgadas em Julho de 2014, mostra uma evolução nos dados entre 2008 e 2012. Enquanto o total de acidentes no Brasil cai 6,7% no período, o total de acidentes no setor da construção civil aumenta 19% (BRASIL, 2014a). Evidentemente esse diferencial nas taxas de variação fez com que a construção civil tivesse participação crescente no total de AT no país. As perdas provenientes da falta de segurança em canteiros de obras não ficam restritas apenas aos custos relacionados diretamente com os AT, o que provoca a insatisfação entre os trabalhadores, mas, também, aos danos provocados pelas autuações, embargos e interdições. Em contraponto, os investimentos com campanhas educacionais e programas de incentivos tendem a valorização e respeito da pessoa como ser humano em seu ambiente de trabalho, o que, conseqüentemente traz benefícios que se refletem na eficiência do atendimento ao cliente e a produção. No Brasil, o crescente impacto da fiscalização conduzida pelo Ministério do Trabalho e Emprego (MTE) nos últimos anos vem acentuando-se com a finalidade de gerar um maior comprometimento dos empresários da indústria da construção na conscientização e na promoção de ambientes mais seguros e saudáveis. De acordo com MTE, no período de 2000 a 2012, 60,27% dos embargos e interdições feitas nas inspeções em SST referem-se ao setor da construção civil (BRASIL, 2012).

Na construção de edifícios os trabalhadores estão constantemente expostos a instalações e espaços suscetíveis ao risco de queda em altura, bem como materiais e ferramentas que podem atingi-lo facilmente devido às quedas. Neste contexto, diversos autores definem a construção como um ambiente de alto risco ocasionado por atividades externas (HSIAO e SIMEONOV, 2001; IMRIYAS *et al.*, 2007), trabalhos em altura (LIPSCOMB *et al.*, 2006) e ambientes dinâmicos e complexos, seja pelos diversos métodos de construção, condições de trabalho ou pelos materiais e ferramentas empregados (CHI *et al.*, 2004; IMRIYAS *et al.*, 2007). Conforme Limmer (1997), uma obra de construção civil pode ser considerada como uma fábrica móvel, na qual operadores e materiais movimentam-se em torno do produto final. Essa movimentação de materiais e de estruturas de apoio (por exemplo, formas, andaimes e escoramentos) bem como a execução de escavações, estruturas e trabalhos em altura, aliados à grande rotatividade da mão de obra, geram riscos que comprometem a segurança do trabalho nos canteiros de obras. Freibott (2012) argumenta que, apesar das inovações tecnológicas relativas a materiais de construção, métodos e processos de trabalho, o setor da construção tem adotado práticas de execução de obras que são perigosas à saúde. Por exemplo, com frequência pode-se observar nos canteiros de obra, o carregamento manual de peso; o emprego de mão de obra não qualificada para operações de risco; o uso de máquinas e equipamentos antiquados ou com

manutenção precária; a existência de instalações elétricas inadequadas ou mal conservadas; entre outras (FREIBOTT, 2012). Neste ponto, cabe ressaltar que a manipulação e operação de equipamentos e ferramentas juntamente com atitudes e comportamentos dos trabalhadores, contribuem para um contexto de maior risco de AT (HSIAO; SIMEONOV, 2001).

Os AT podem levar a óbitos e lesões graves requerendo longos períodos de recuperação, que resultam em custos médicos significativos (JANICAK, 1998). No obstante, de acordo com Churcher e Alwani-Starr (1997) evitar os AT traz benefícios econômicos para a sociedade, uma vez que reduz os custos públicos com tratamentos de saúde e com aposentadorias por invalidez, além de evitar a redução da renda dos trabalhadores acidentados pela perda da capacidade laboral. Da mesma forma, beneficia economicamente os investidores na construção civil, pois reduz os custos indiretos das obras. Muitas práticas têm sido sugeridas para a melhoria das condições de segurança, tais como: novos materiais, modificação de equipamentos, programas de formação em prevenção de acidentes, estratégias para gerenciar o custo total da segurança, entre outros (RIVARA; THOMPSON, 2000; CHI *et al.*, 2004; BENTLEY *et al.*, 2006; LEHTOLA *et al.*, 2008). No Brasil, os estudos de práticas têm focado principalmente em estratégias tecnológicas (SAURIN, 2000; MÉLO, 2008; SERRA, 2010), ou nas práticas adotadas para atender aos requisitos mínimos das Normas Regulamentadoras (NR) de segurança (ROCHA, 1999; MALLMANN, 2008; CAMBRAIA; FORMOSO, 2010). O propósito dessas pesquisas tem sido a realização de *benchmarking* sobre práticas ou requisitos de difícil implementação, bem como elaboração de listas de verificação a serem preenchidas a partir de observações diretas realizadas em canteiros de obras.

As quedas em altura constituem-se em uma das principais causas de acidentes fatais e não fatais na indústria da construção, em diferentes países. No Brasil, de acordo com o Anuário Estatístico do Ministério da Previdência Social, em 2013, foram registrados 717,9 mil AT, dos quais 77,32% representam acidentes relativos a quedas em altura e trabalhos de escavação e movimentação de cargas (MPS, 2013). Uma parcela significativa dos AT provenientes das quedas em altura ocorre na periferia das edificações, em que pese as exigências normativas de que os trabalhadores devem ser protegidos (CATTLEDGE *et al.*, 1996; GILLEN *et al.* 1997; HINZE *et al.* 2005). Os trabalhos realizados em altura muitas vezes requerem uma grande quantidade movimentos rápidos, o que aumenta os riscos de queda devido à possibilidade do trabalhador tropeçar em saliências ou sobre obstáculos, tais como ferramentas e materiais depositados na superfície de trabalho. Além disso, concentrando-se na tarefa a ser executada ou movendo-se rapidamente, os trabalhadores podem chegar perto da borda da edificação, sem ter consciência disso, e, na ausência de barreiras de proteção, eles são expostos a sérios riscos de quedas (JOHNSON *et al.*, 1998; CHI *et al.*, 2004; SKLET, 2006). Desta maneira, os Sistemas de Proteção

Periférica (SPP) constituem um dos tipos de barreira de proteção mais importantes, pelo seu papel de evitar quedas em edifícios verticais. Por sua vez, os mesmos permitem a mobilidade, dispensando o trabalhador de ações voluntárias para proteger-se (BARNHARD, 2001; BOBICK *et al.*, 2010; SULOWSKI, 2014).

Assim, a segurança dos operários na execução de operações de construção em ambientes perigosos, envolvendo trabalho em altura, resulta um grande desafio para a IC. Entretanto, deve ser dada especial atenção a aqueles acidentes decorrentes do trabalho realizado em altura, visto que eles tendem a ter consequências graves e irreversíveis (CHAU *et al.*, 2002; LARSSON e FIELD, 2002). O trabalho seguro em altura é um tema crucial para SST em todo o mundo. As organizações em segurança reconhecem que prevenir as quedas em altura é o caminho mais seguro para reduzir o número global de AT na IC (HSE, 2012). Tendo em vista a prevenção de quedas, em primeiro lugar deve-se adotar estratégias preventivas que eliminam os riscos de queda na origem. Nesse sentido, o conceito de prevenção através do projeto (GAMBATESE *et al.*, 2008; MANUELE, 2008; TOOLE *et al.*, 2012) é bastante útil, na medida em que é enfatizada a aplicação de medidas de proteção integradas aos projetos da edificação, especialmente o arquitetônico. Caso não seja possível eliminar os riscos, devem ser adotadas estratégias de proteção com o objetivo de proteger as pessoas das consequências da queda em altura, tais como o uso de EPI, redes ou dispositivos similares. Em que pese as tentativas e esforços de evitar e prevenir as quedas em altura, ainda existem deficiências na implementação de programas de segurança integrados ao projeto da edificação. Tais deficiências podem ser atribuídas a diferentes causas apontadas por diferentes autores, tais como Hinze e Gambatese (1996); Chucher; Alwani-Starr (1997); Gambatese *et al.* (2005); Anderson (2005); Hecker *et al.* (2006). São elas:

- a) dificuldade de prototipagem e padronização de soluções que considerem o processo de projeto e produção, em lugar de delimitar-se à forma, dimensões e materiais;
- b) pouca integração entre projetistas e construtores devido à estrutura tradicional de contratos na construção civil, onde o proprietário firma dois contratos distintos, um com o projetista e outro com o executor, favorecendo a distância entre ambos e dificultando a integração e retroalimentação de informações indispensáveis para a melhoria contínua;
- c) carência na formação de arquitetos e engenheiros sobre a disciplina de segurança do trabalho na construção, e, conseqüentemente, sobre os princípios de projeto de segurança, somado à falta de treinamento da mão de obra empregada para execução dos mesmos;
- d) pouca disponibilidade de métodos, aplicados e validados com base em experiências práticas, para avaliar os diferentes equipamentos disponíveis no mercado.

Contudo, resulta um grande desafio compreender de maneira geral o que é relevante para as diferentes partes interessadas, tais como órgãos governamentais de fiscalização, os próprios operários encarregados pela execução dos SPP e empresas construtoras, devido à multiplicidade de fatores envolvidos, o volume de estudos e diversos métodos de pesquisa utilizados. Neste ponto, cabe salientar que pouco se sabe sobre a relação custo-eficácia das proteções contra quedas. As melhorias aplicadas nos equipamentos de segurança, de acordo com Vieira (2006), além de aumentar a produtividade, diminui o custo do produto final, pois reduz as interrupções no processo, absenteísmo, acidentes e doenças ocupacionais. Por sua vez, o conhecimento incompleto das empresas construtoras sobre a importância da SST em canteiros de obras faz com que, muitas vezes, seja desconsiderada a necessidade de adotar medidas de proteção ou, até mesmo, as estimula a resistir à adoção de práticas de SST adequadas. Isso gera um atrito crescente entre os agentes públicos de fiscalização e as empresas (ROCHA, 2011), bem como entre empresas e sindicatos de trabalhadores, levando à paralisação das obras. Segundo os inspetores da Comissão de Saúde e Segurança no Trabalho de Québec, resulta difícil durante uma visita a obra verificar o cumprimento dos sistemas e equipamentos de segurança devido às características particulares e variabilidade de cada canteiro, tornando-se uma tarefa extremamente difícil (LAN, 2009). Além disso, a ausência de uma abordagem estruturada na avaliação e no controle dos SPP, bem como a falta de clareza e consenso nas normas, faz com que a fiscalização da segurança pelos Auditores Fiscais do Trabalho (AFT) seja, em muitos casos, pontual ou isolada.

## 1.2. PROBLEMA DE PESQUISA

As normas de segurança e saúde no trabalho (SST) na construção civil, no Brasil e no exterior, apresentam vários requisitos aos quais os SPP devem atender. Contudo, a maioria das normas consultadas nesta pesquisa, NR 18 (BRASIL, 2014b); RTP 01 (FUNDACENTRO, 2003); OSHA 1926.502 (OSHA, 1996); EN (AENOR, 2004); S-2.1, r.6 (CCOHS 1981) apresenta requisitos de resistência estrutural e configuração geométrica dos SPP, negligenciando a eficiência e flexibilidade dos mesmos, bem como não tratam dos processos de montagem e desmontagem.

Uma das proteções físicas mais comumente utilizadas nos canteiros de obra são os SPP, os quais oferecem proteção simultânea a vários trabalhadores, impedindo a queda de altura (GARCIA, 2010). No Brasil, de acordo com um informe sobre embargos e interdições realizado pelo Ministério de Trabalho e Emprego (BRASIL, 2013), os SPP encontram-se entre os dez equipamentos que mais frequentemente causam interdições de canteiros de obras. De fato, há evidências de que os requisitos associados aos SPP costumam ser os menos atendidos, dentre aqueles da NR 18 (SAURIN *et al.*, 2000; MALLMANN, 2008; CAMBRAIA, 2011; COSTELLA *et al.*,

2014). Deficiências comumente encontradas estão relacionadas à fragilidade dos componentes que integram os SPP, à ausência de projeto e memorial de cálculo, à ausência ou insuficiente especificação do equipamento de proteção individual (EPI), a ser utilizados para a instalação, manutenção e remoção do SPP (BRASIL, 2013). Dentre as possíveis causas dessa situação, pode ser citada a falta de soluções de SPP adequadas às características tecnológicas e gerenciais das obras. Por outro lado, estudos no Brasil e no exterior (OSTROW, 2001; MARTINS, 2004; LAN *et al.*, 2009, GARCIA, 2010; CHEUNG, 2012) identificaram boas soluções de SPP. Apesar disso, é reconhecida a crescente expansão do número de fornecedores de equipamentos de proteção coletiva, tanto no mercado brasileiro como em outros países (SCANMETAL, 2011; METROFORM, 2009; ORMAN, 2012).

Contudo, a quantidade de requisitos disseminados em diversas fontes e a falta de métodos para verificar a aderência dos SPP aos requisitos das normas (e outros requisitos relevantes), cria dificuldades para as partes interessadas, tais como órgãos governamentais de fiscalização, os próprios operários encarregados pela execução dos SPP e empresas construtoras. Neste ponto, as empresas construtoras muitas vezes carecem de ferramentas para comparar a eficiência e eficácia de diferentes sistemas disponíveis no mercado. Por outro lado, no Brasil, os órgãos regulamentadores e de fiscalização costumam considerar os requisitos de normas estrangeiras para aperfeiçoar as normas nacionais e lidar com lacunas nas mesmas. Dentre essas, merece destaque a norma europeia EN 13374 (AENOR, 2004) por apresentar requisitos detalhados para ensaios estruturais dos SPP, tema ainda não contemplado nas normas nacionais.

O presente estudo faz parte do projeto “Tecnologias para Canteiro de Obras Sustentável de Habitações de Interesse Social (CanTechHIS)”, apoiado pela Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP). O objetivo geral é o desenvolvimento de soluções tecnológicas aplicadas a canteiros de obras de Empreendimentos de Habitação de Interesse Social (HIS), visando à melhoria das condições de trabalho. Por conseguinte, esta pesquisa se insere no subprojeto: “Aperfeiçoamento de sistemas de proteção coletiva em canteiros de obras de HIS (SPSPC)”. A mesma envolve pesquisadores de três Universidades brasileiras (UFRGS, UFBA e UFSCar), bem como conta com a colaboração formal de sindicatos de empresas de construção civil (SINDUSCON) e Secretarias Regionais do Trabalho e Emprego (SRTE) das cidades sede da pesquisa.

### 1.3 ESCOPO DA PESQUISA

O escopo da presente pesquisa está dividido em questão de pesquisa, objetivos e delimitações do trabalho, conforme apresentado nos itens a seguir.

### 1.3.1 Questões de pesquisa

Conforme o problema de pesquisa discutido no item anterior, foi definida a seguinte questão principal:

*"Como avaliar o grau de atendimento a requisitos de desempenho de sistemas de proteção periférica (SPP)?"*

Esta questão foi desdobrada nas seguintes questões secundárias:

- (a) Quais os requisitos de desempenho que devem ser atendidos pelos SPP disponíveis no mercado brasileiro?
- (b) Que tipos de fontes de evidência podem ser utilizadas para avaliar os requisitos?
- (c) Qual dos tipos de SPP (madeira, metálico e misto) disponíveis no mercado tem melhor desempenho em relação aos requisitos de segurança, eficiência e flexibilidade?
- (d) Quais são as principais dificuldades das empresas em atender os requisitos mínimos?
- (e) Quais as principais oportunidades de melhoria podem ser identificadas nos SPP disponíveis no mercado a partir das avaliações?

### 1.3.2 Objetivos

O objetivo deste trabalho é propor um conjunto de requisitos de desempenho para SPP. Embora este conjunto englobe requisitos disseminados em diferentes normas bem como requisitos identificados a partir das entrevistas com os usuários. Cabe salientar que, em alguns casos, os requisitos não são claramente definidos e não há consenso entre eles. Foram definidos critérios qualitativos e quantitativos, os quais foram utilizados para a construção de um protocolo de avaliação de desempenho destes sistemas. Desta maneira, espera-se que a estrutura apresentada ajude a órgãos governamentais de fiscalização e empresas construtoras, a ter um melhor controle sobre o atendimento aos requisitos, bem como a selecionar de forma adequada um subconjunto de soluções ou aperfeiçoamentos compatíveis com as necessidades de cada um.

A partir do objetivo principal, foram propostos objetivos específicos para esta pesquisa:

- (a) com base no conjunto de requisitos, desenvolver um protocolo que permita avaliar os tipos de SPP através de duas fontes de evidência (análise do projeto e análise em uso);

- (b) comparar o grau de atendimento dos requisitos de desempenho (segurança, eficiência e flexibilidade) nos diferentes tipos de SPP (madeira, metálico e misto) disponíveis no mercado, na fase de projeto e de uso;
- (c) determinar as inter-relações entre requisitos existentes (normativos) e novos requisitos, para a tomada de decisões no processo de projeto;
- (d) em função dos requisitos menos atendidos, identificar as principais dificuldades das empresas em cumprir as exigências;
- (e) propor recomendações que favoreçam o aperfeiçoamento dos SPP.

### 1.3.3 Delimitações

Existem algumas delimitações que devem ser consideradas nesta pesquisa:

- (a) os SPP avaliados neste estudo limitam-se aos sistemas do tipo guarda-corpo e rodapé (GcR) para planos horizontais, do tipo classe A de acordo com a classificação proposta pela Aenor (2004). Tais SPP são comumente utilizados nos canteiros de obras da Região Metropolitana de Porto Alegre. Foram escolhidos nove tipos de SPP para avaliação. A escolha dos mesmos ocorreu em função de empresas construtoras locais terem desenvolvido recentemente projetos de SPP de madeira, metálicos e mistos, e as mesmas terem interesse em uma avaliação independente dos mesmos.
- (b) as obras onde os SPP foram avaliados correspondem a edifícios residenciais de quatro ou mais pavimentos de sete empresas construtoras de médio e grande porte atuantes na Região Metropolitana de Porto Alegre e região metropolitana. No total foram realizadas 39 aplicações do protocolo em 26 canteiros de obra
- (c) o sistema construtivo limita-se às técnicas convencionais comumente utilizadas na região. Os SPP em madeira e mistos eram comumente utilizados pelas construtoras nas obras com sistema construtivo tradicional. Já no sistema de alvenaria estrutural, eram utilizados SPP metálicos;
- (d) a implementação das oportunidades de melhoria bem como a elaboração de protótipos em escala real e execução de testes em laboratório resultaram inviáveis para tempo de duração desta pesquisa.

## 1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Essa dissertação está estruturada em sete capítulos. O presente capítulo analisou o contexto no qual foi originado o problema de pesquisa, identificando as principais lacunas de conhecimento. A partir desta discussão, foram apresentadas as questões de pesquisa decorrentes, bem como os objetivos a serem alcançados e as delimitações deste estudo.

O capítulo dois apresenta uma revisão bibliográfica acerca das Quedas em Altura na construção civil. Primeiramente são abordados conceitos relativos a acidentes de trabalho (AT), risco e perigo. Posteriormente apresenta-se as barreiras de segurança com foco na proteção contra quedas. Na sequência são apresentados os Sistemas de Proteção contra Quedas em altura, seguido do conceito de trabalho em altura e as causas de quedas em altura na IC. Por último são apresentados os Sistemas de Proteção Coletiva (SPC) e sua classificação, enfatizando nos Sistemas de Proteção Periférica (SPP).

O capítulo três apresenta uma revisão acerca dos referenciais normativos em relação aos SPP. Neste capítulo, primeiramente, são apresentadas as normas nacionais seguido dos embargos e interdições vinculados aos SPP. Também, são apresentadas as normas relevantes de outros países. Finalmente, foram comparadas as exigências das normas nacionais e internacionais em relação aos requisitos de construção e resistência dos SPP, a fim de verificar as exigências de cada uma.

O capítulo quatro apresenta a gestão de requisitos como abordagem utilizada para o análise do conjunto de requisitos relacionados aos SPP. Primeiramente, é apresentado o conceito de gestão de requisitos, seguido dos conceitos associados à mesma. A partir disto, foram analisadas as etapas necessárias para realizar a gestão de requisitos bem como foram abordadas as relações entre os mesmos.

O capítulo cinco apresenta o método de pesquisa. Este capítulo inicia com a descrição da estratégia de pesquisa escolhida, e posteriormente é apresentado o delineamento do processo de pesquisa sendo detalhadas as etapas realizadas.

O capítulo seis apresenta os resultados obtidos ao longo das etapas desenvolvidas nesta pesquisa. São apresentados os resultados referentes à aplicação do protocolo nos três tipos de SPP (madeira, misto e metálico) bem como as análises em função do atendimento aos requisitos. A partir disto, foram propostas oportunidades de melhoria em função de equipamentos existentes no mercado bem como se sugere um conjunto de soluções que podem ser incorporadas a diferentes SPP. Finalmente, o protocolo é avaliado em relação à facilidade e utilidade.

Finalmente, o último capítulo apresenta conclusões e recomendações para futuras pesquisas. Nesse capítulo são sintetizadas as principais contribuições desta pesquisa.

## 2 QUEDAS EM ALTURA

O presente capítulo apresenta uma revisão da literatura acerca das quedas em altura na construção civil. Visando a melhor compreensão, é necessário o entendimento de conceitos relativos às quedas em altura. Assim, são apresentados os conceitos básicos sobre AT, risco e perigo, bem como a definição e classificação das barreiras de segurança. Seguidamente apresenta-se os Sistemas de Proteção contra Quedas em altura. Nesta seção são abordados os conceitos relativos à trabalho em altura bem como as causas de quedas em altura na IC, seguido dos Sistemas de Proteção Coletiva (SPC) e sua classificação, enfatizando nos Sistemas de Proteção Periférica (SPP).

### 2.1 CONCEITOS BASICOS

#### 2.3.1 Acidentes de Trabalho (AT)

Segundo Hollnagel (2004), um acidente pode ser definido como um evento inesperado que resulta em um efeito indesejado. Os AT podem ser definidos em fatais e não fatais. O AT fatal é aquele que leva a óbito imediatamente após sua ocorrência, em ambiente hospitalar ou não, desde que a causa básica, intermediária ou imediata da morte seja decorrente do acidente (MTE, 2010). Já o AT não fatal é aquele que acarreta lesões, mutilação, fratura, deformação, desmaio, queimaduras e doenças, entre outras, que provoquem incapacidade (permanente ou transitória) para o trabalho podendo ter consequências nefastas ou fatais (MTE, 2010).

De acordo com a revisão de literatura foi possível distinguir duas abordagens para o conceito de AT. Por um lado, o ponto de vista legal e por outro o ponto de vista prevencionista. A diferença entre a definição legal e prevencionista de AT é que primeira só considera acidente se dele resultar um ferimento, ou seja, entende como acidente um evento inesperado que provoca lesão ao indivíduo envolvido. Porém, é necessário salientar que, muitos acidentes não resultam em danos a integridade física do trabalhador, mas comprometem a produtividade das atividades. Desta forma, na visão prevencionista, todos os acidentes com ou sem lesão, devem ser combatidos, visto que não há como prever quando um acidente vai resultar, ou não, em uma lesão ao trabalhador. Este estudo faz ênfase no conceito prevencionista de AT, visando, a partir do uso dos sistemas de proteção coletiva, tais como os SPP, prevenir os acidentes de trabalho graves e fatais.

Do ponto de vista legal, o conceito de AT é definido pela Organização Internacional do Trabalho (OIT) como todo o acontecimento inesperado e imprevisto, incluindo os atos de violência, derivado do trabalho ou com ele relacionado, do qual resulta uma lesão corporal, uma doença ou a morte, de um ou vários trabalhadores (OIT, 2005) No Brasil, o Ministério da Previdência Social (MPS), define AT como o evento ocorrido no exercício de atividade laboral, independentemente da situação empregatícia e previdenciária do acidentado, e que acarreta dano à saúde, potencial ou imediato, provocando lesão corporal ou perturbação funcional que causa, direta ou indiretamente, a morte, ou a perda, ou redução, permanente ou temporária, da capacidade para o trabalho (BRASIL, 2014a).

Desde o ponto de vista prevencionista, vários autores definem AT como um evento não planejado que resulta em acidentes ou doenças, danos ou perdas de bens, equipamentos, materiais ou do meio ambiente (BAXENDALE ; JONES, 2000). Saurin (2002) adota como conceito para AT, a ocorrência não planejada, instantânea ou não, decorrente da interação do ser humano com seu meio ambiente físico e social de trabalho e que provoca lesões e/ou danos materiais. Para Binder e Almeida (2003) o termo AT, trata-se de fenômenos previsíveis, embora não seja possível prever exatamente quando ocorrerão e qual ou quais trabalhadores serão atingidos, podem ser prevenidos por meio de neutralização ou de eliminação das causas capazes de desencadeá-los.

Os AT podem ser classificados em individuais ou organizacionais. Segundo Reason (1997), os acidentes individuais afetam um pequeno grupo de pessoas e geram consequências apenas para as vítimas, enquanto os organizacionais são de grande proporção e suas consequências afetam a organização como um todo. Os acidentes individuais ocorrem com mais frequência, quando as barreiras são inadequadas ou inexistentes, enquanto os acidentes organizacionais são raros e geralmente catastróficos, ocorrendo em indústrias que possuem risco de acidentes de grandes proporções, tais como os setores de energia nuclear, petroquímica e aviação (REASON, 1997). Os acidentes individuais têm grande importância na construção civil, uma vez que as tarefas ocorrem de forma dinâmica, alterando rapidamente os perigos ocupacionais e fazendo com que haja limitações nas barreiras projetadas com muita antecedência (CAMBRAIA, 2004).

### 2.3.3 Risco e Perigo

De acordo com Zocchio (2002) e Manuele (2008), o perigo está relacionado com a possibilidade de um acidente ocorrer e causar um dano, enquanto risco é a probabilidade de um dano ser causado por um perigo. De acordo com Abdelhamid (2000); Roughton; Crutchfiels (2008) e Liu; Tsai (2012) os riscos e perigos aos quais os trabalhadores estão expostos podem ser

classificados em: (a) físicos, tais como: impacto, perfuração de órgãos, esmagamento, ruído, vibrações, temperaturas extremas, contato com eletricidade, entre outros; (b) químicos, tais como: substâncias que podem ser absorvidos pelo trabalhador nas formas de poeiras, gases ou vapores; (c) ergonômicos, como por exemplo: esforços físicos intensos na execução das atividades, levantamento e transporte manual de peso, exigência de postura inadequada, monotonia e repetitividade na execução das atividades; entre outros.

As classificações atribuídas pelos autores não esgotam os tipos de perigos e riscos existentes, mas servem como ponto de partida para a identificação de outros perigos e riscos a que os trabalhadores estão expostos. Este estudo faz ênfase nos perigos e riscos físicos e ergonômicos por estarem ligados, principalmente, ao processo produtivo e às características de projeto, visto que essas também influenciam na definição do processo produtivo. Tratando-se da construção de edifícios, a identificação de perigos e riscos deve acontecer desde o início, identificando características de projeto e de processo construtivo que poderão gerar riscos causando danos à saúde e segurança do trabalho dos usuários temporários do edifício.

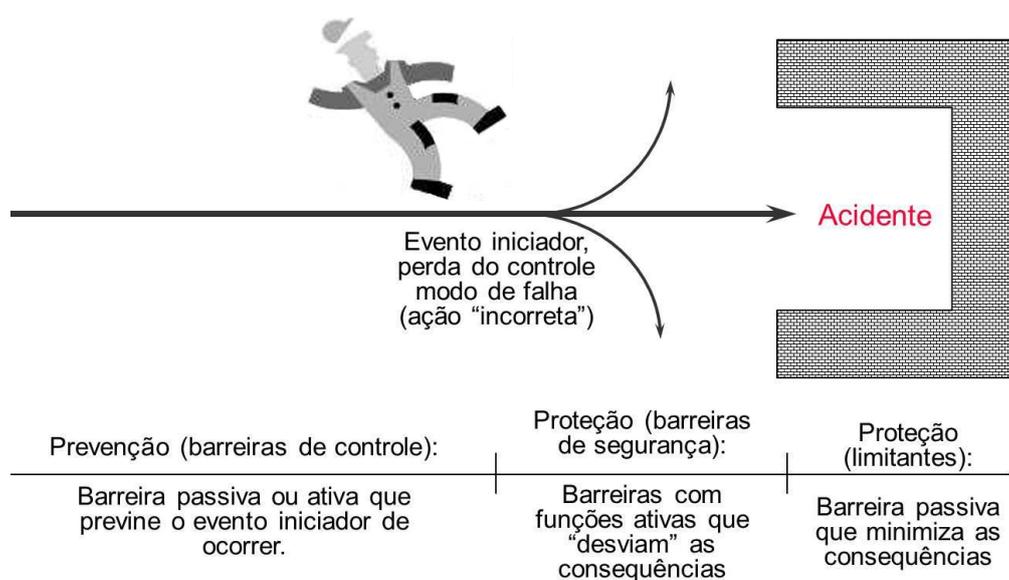
## 2.2 BARREIRAS DE SEGURANÇA

As barreiras de segurança são os obstáculos que podem prevenir/impedir um determinado evento perigoso, ou caso ele ocorra, proteger os indivíduos e/ou o ambiente, impedindo ou minimizando os danos. Segundo Hollnagel (2004), as barreiras podem ser de Prevenção ou de Proteção, devido ao fato destas atuarem antes ou depois da ação acontecer. As barreiras de prevenção se destinam a funcionar antes de iniciar um evento específico, servindo como um meio de prevenção. Estas barreiras possuem pretensão de assegurar que o acidente não aconteça, ou pelo menos retardar o desenvolvimento de situações que possam resultar em um acidente. As barreiras de proteção tem o objetivo de proteger o ambiente e as pessoas, assim como o próprio sistema, das consequências do acidente.

As barreiras de segurança também podem ser classificadas em ativas ou passivas. Uma barreira ativa pode envolver uma ou mais funções e através de sua ação atingir a finalidade da barreira. Já a barreira passiva não precisa tomar nenhuma ação, ou seja, cumpre a sua finalidade apenas por estar no local do evento. Alguns exemplos de barreiras ativas podem ser as chaves de segurança de uma máquina ou alarmes. Por outro lado, dispositivos que restringem o acesso a uma zona de perigo como, por exemplo, os SPP podem ser considerados de barreiras passiva. Em relação à proteção, uma barreira ativa serve para reduzir ou desviar as consequências, enquanto uma barreira passiva contém ou detém as consequências. A diferença entre barreiras de proteção/prevenção e ativa/passiva é ilustrada na Figura 1.

A Figura 1 também apresenta o momento em que o controle foi perdido ou alguma função falhou. Antes do fato acontecer, as barreiras atuam de forma a prevenir a ocorrência do acidente. Nesta fase as barreiras podem ser ativas ou passivas. Após a perda do controle, as barreiras servem para proteger das possíveis consequências do acidente. Aqui é possível fazer uma distinção adicional entre as barreiras que atuam para desviar as consequências e as barreiras que servem para minimizar as consequências geralmente, impedindo que se propague ainda mais.

**Figura 1.** Barreiras de Prevenção e Proteção.



(Fonte: adaptado Hollnagel, 2004).

A natureza das barreiras é independente de sua origem, sua finalidade (preventiva ou proteção), e de sua localização. Os sistemas de barreira podem variar desde obstáculos físicos a regras ou leis. Uma proposta, feita por Hollnagel (2004), classifica os sistemas de barreira em quatro categorias:

a) Físicos: estas barreiras impedem fisicamente que uma ação seja realizada. Barreiras físicas também podem proteger bloqueando ou mitigando os efeitos de um evento inesperado. Um exemplo deste tipo de barreira no setor da construção são os SPP.

b) Funcional (ativa ou dinâmica): um sistema de barreira funcional atua impedindo que o evento indesejado aconteça através de um intertravamento físico ou lógico. Um sistema de barreira funcional configura uma ou mais pré-condições que devem ser cumpridos antes do evento indesejado. Como exemplo pode-se citar o intertravamento automático ou chave de segurança. O bloqueio pode ser físico necessitando da utilização de uma chave, ou lógico que requer algum tipo de senha ou identificação;

c) Simbólico: essas barreiras requerem um ato de compreensão e interpretação por parte das pessoas. Exemplos típicos são os avisos visuais como proibido passar ou mantenha-se afastado bem como as demarcações no local de trabalho, e os sistemas sonoros, como alarmes, entre outros;

d) Imaterial: esta classe de barreiras significa que a barreira não está presente fisicamente, mas depende do conhecimento do utilizador para atingir sua finalidade. Sistemas imateriais de barreira são geralmente representados na forma física como um livro ou um memorando. Exemplos de barreiras imateriais são: regras, diretrizes e princípios de segurança.

Segundo Dianous (2006), as ações humanas também podem ser consideradas como barreiras. Porém a eficácia destas depende do conhecimento do operador no sentido de alcançar o objetivo da tarefa. As ações humanas devem ser interpretadas por meio de observações feitas em todos os sentidos tais como, comunicação, pensamento, atividade física e também as regras e princípios de segurança, etc.

Por sua vez, Hollnagel (2004) aborda um conjunto de critérios para definir aspectos de qualidade e desempenho das barreiras, tais como:

a) Eficiência: refere-se à capacidade da barreira em atingir seu objetivo;

b) Recursos necessários: são os recursos necessários para implementar e manter uma barreira de segurança. O custo do sistema de barreira sempre é levado em conta, por conseguinte, o alto custo de uma barreira pode impactar na eficiência da mesma;

c) Robustez: refere-se a confiabilidade e resistência da barreira, isto é, como ela pode suportar às condições do ambiente (práticas de trabalho, degradação, desgaste, etc.);

d) Atraso na implementação: é o tempo desde a concepção até aplicação de uma barreira. Este tempo pode entrar em conflito com a necessidade de se agir rapidamente;

e) Avaliação: é de grande importância pois determina se uma barreira funciona como esperado. A avaliação deve abordar a qualidade da barreira, tanto durante a concepção como durante a utilização real;

f) A dependência de seres humanos: a extensão em que uma barreira depende dos seres humanos a fim de alcançar o seu objetivo. A dependência refere-se à eficácia do sistema de barreira em uso em vez de, por exemplo, a necessidade de manutenção.

Contudo, de acordo com Dianous (2006) a avaliação do desempenho das barreiras de segurança é necessária para demonstrar que uma dada função de segurança e as barreiras relacionadas são relevantes para evitar, prevenir, controlar ou atenuar os eventos.

### 2.3 SISTEMAS DE PROTEÇÃO CONTRA QUEDAS EM ALTURA

De acordo com as normativas nacionais e internacionais a estratégia frente ao risco de queda em altura estabelece, em primeiro lugar, eliminar os riscos de queda desde a origem. Caso contrário, em último lugar, deve-se dotar aos trabalhadores de equipamentos de proteção individual (EPI) frente à queda. A eliminação do risco desde a origem consegue-se planejando a execução da obra mediante a aplicação de medidas de proteção integradas à própria estrutura da edificação. Tais medidas podem ser projetadas em forma de alterações de projeto ou pela incorporação de dispositivos para auxiliar na segurança dos usuários (SAURIN *et al.*, 2008). Porém, a eliminação ou redução de riscos por meio do design ou métodos alternativos de construção é altamente desejável (SULOWSKI, 2014). Em consequência, com base em estudos anteriores como os de Hinze e Gambatese (1996); Churcher e Alwani-Starr (1997); Saurin (2005), Carpenter *et al.* (2001), os projetistas de edificações não possuem conhecimento suficiente sobre SST que possibilite a estes considerar requisitos de SST no momento em que as decisões são tomadas.

O estudo de Gibb (2004) teve como foco principal a análise dos benefícios e implicações para a saúde e segurança a partir da utilização de elementos pré-fabricados em atividades de construção. A estratégia de pré-fabricação vale tanto para sistemas construtivos como para os sistemas de proteção contra quedas, já que no Brasil há diversos SPP fabricados de maneira artesanal no local de trabalho, principalmente com a utilização de madeira. A introdução de SPP industrializados poderia fazer com que seus componentes pudessem ser fabricados, parcial ou totalmente, em um ambiente mais seguro, visando a reduzir os riscos e economizar tempo (RUBIO-ROMERO *et al.*, 2014).

Os sistemas de proteção contra quedas tem o objetivo de proteger o ambiente e as pessoas das consequências do acidente. Tais sistemas de proteção geralmente são incorporados durante a execução do projeto em forma de barreiras, tais como os SPP, plataformas de trabalho ou andaimes fachadeiros. Em consequência a adequação, usabilidade e segurança dos materiais e componentes vão depender de sua concepção, design, especificação e disponibilidade no mercado. Neste sentido, resulta indispensável a escolha adequada dos sistemas de proteção contra quedas. De acordo com o estudo de Carpenter *et al.* (2001), grande parte dos usuários que fazem uso dos sistemas de proteção contra quedas dentro do canteiros de obras, expressa que

os sistemas, por vezes, são desconfortáveis, interferem em sua capacidade para realizar os trabalhos e impedem o bom desempenho.

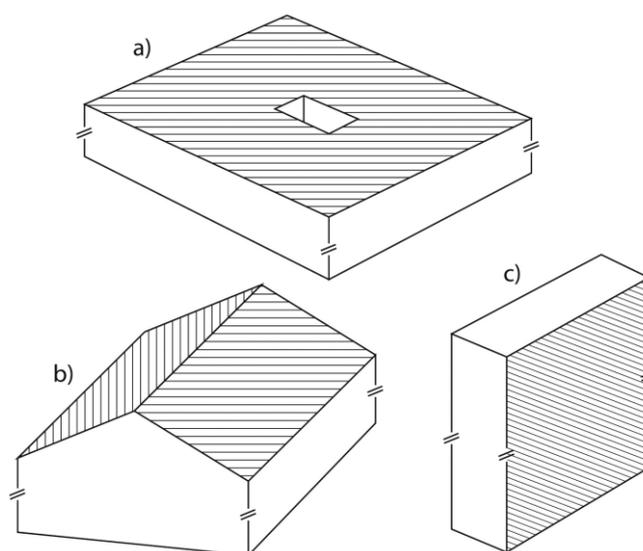
### 2.3.1 Trabalho em Altura

As normas brasileiras, bem como de outros países, definem trabalho em altura a toda atividade executada acima de 2,0 m do nível inferior, onde haja risco de queda (NR-35, BRASIL 2014c; EN 13374, AENOR 2004; OSHA 1926.502, OSHA 1996; S-2.1, r.6, CCOHS 1981). O trabalho em altura, por sua vez, exige o emprego de mão de obra qualificada e uso de equipamentos, materiais e técnicas de construção que possibilitem a realização deste tipo de trabalho.

### 2.3.2 Características do trabalho em altura na construção de edifícios

Os serviços que normalmente requerem trabalho em altura na construção de edifícios são: tarefas de pintura de fachadas, revestimento externo, fôrma e desfôrma de estruturas de concreto, concretagem de lajes, trabalhos em coberturas e afins. Tais serviços exigem que os trabalhadores estejam localizados, em pelo menos, um dos três Espaços de Trabalho com Risco de Queda (ETRQ). A característica em comum dos três espaços é a sua forma bidimensional enquanto que diferem na orientação angular a qual varia de uma superfície completamente plana (Figura 2a) a uma superfície inclinada (Figura 2b) ou uma parede vertical (Figura 2c) (SULOWSKI, 2014).

**Figura 2.** Espaços de Trabalho com Risco de Queda (ETRQ) adequados para o emprego de sistemas de proteção contra de queda em altura. a) ETRQ planos; b) ETRQ inclinados; c) ETRQ Vertical.



(Fonte: adaptado Sulowski, 2014).

O presente estudo tem como foco as proteções adequadas para ETRQ planos. A complexidade do trabalho depende do método de construção, geometria e materiais utilizados, e caracteriza-se não só pela exposição constante a altura, mas também pela movimentação manual de materiais pesados e volumosos (SULOWSKI, 2014). Além disso, as atividades como caminhar, alcançar, inclinar-se, agachar-se ou ajoelhar-se nas superfícies em altura, sejam ao longo da borda de periferia ou sobre superfícies estreitas, são muito comuns na construção de edifícios (DEPARTMENT OF LABOR, 1993). No obstante, Sulowski (2014) ressalta a falta de clareza em aspectos relacionados ao trabalho em altura na construção de edifícios. Por um lado resalta que existem poucos estudos em relação a aspectos ergonômicos e análise de posturas, as quais conduzem a um aumento do risco de perder o equilíbrio nas tarefas de realizadas em altura. Por outro lado, no que se refere à legislação, a maioria das normas descrevem procedimentos de proteção contra quedas com escassas informações sobre a prevenção de quedas durante os trabalhos realizados em altura.

### 2.3.3 Causas das quedas em altura na IC

Um levantamento bibliográfico foi realizado com base em estudos que relatam as causas das quedas em altura na construção civil bem como as medidas adotadas por diferentes países para reduzi-las.

Nos Estados Unidos, os estudos de Cattledge *et al.*, 1996; Huang e Hinze, 2003 no período de 1990 a 2001, relatam que as quedas de altura estiveram relacionadas principalmente à execução de coberturas, estrutura de aço e carpintaria, por meio do uso de escadas, andaimes e aberturas em telhados ou piso. Em 2010, a norma OSHA 1926.502 (OSHA, 1996) estabeleceu uma serie de requisitos de acesso seguro a maquinas e equipamentos, elaborando uma serie de disposições de proteção contra quedas adaptadas às tarefas de montagem e desmontagem dos mesmos. A expectativa dos órgãos regulamentadores é que estes requisitos encorajem as empresas e fornecedores de equipamentos a garantir o atendimento e procurar superar o nível das medidas de proteção contra quedas, seja para o bem de seus empregados, como para se proteger dos litígios (ILO-OSH, 2011). Por outro lado, os estudos de Gambatese *et al.* (2005) sugerem que a segurança dos trabalhadores da construção civil, deve ser buscada desde a elaboração do projeto, mesmo que os acidentes de trabalho ocorram na execução. Cabe aos projetistas identificarem situações de insegurança na execução da obra em suas diversas fases (por exemplo, estrutura, instalações) bem como na fase de operação e manutenção, e definirem soluções técnicas que proporcionem acesso fácil e seguro ao trabalhador (GAMBATESE *et al.*, 2005).

Por outro lado, no Reino Unido, estudos realizados por Bomel (2003) e Cameron *et al.* (2008), evidenciaram que as mortes por quedas em altura estão associadas à execução de atividades em escadas, telhados (montagem, aberturas, materiais frágeis) e andaimes (ruptura e quedas de pessoas). Os referidos autores argumentam que a maior proporção de acidentes do tipo queda está relacionada às características temporárias e peculiares das instalações para trabalho em altura nas atividades de construção, inspeção, manutenção ou demolição. Por esta razão, o *Construction Industry Advisory Committee* (CONIAC) e o *Health and Safety Executive* (HSE) do Reino Unido, criaram quatro grupos para cobrir as questões de treinamento, equipamento, comunicação e segurança comportamental com as partes interessadas da IC. Assim, novos regulamentos de trabalho em altura foram introduzidos no Reino Unido, em 2005. Em resumo, foram sugeridas medidas para evitar quedas a partir de um lugar permanente e seguro para realizar o trabalho em altura, ou mediante a seleção de equipamentos temporários adequados, seja para limitar ou prevenir as quedas (HSE, 2012).

Na Espanha, uma pesquisa sobre causas prováveis de acidentes realizada por López *et al.* (2008) analisou os locais dos acidentes e sua gravidade no período de 1990 a 2000. A execução de estruturas de edifícios apresentaram os maiores riscos na atividade de construção. As quedas de altura do mesmo nível e quedas de nível diferente possuem uma parcela significativa de acidentes fatais em comparação com outros setores da indústria. Outro trabalho realizado por Martín *et al.* (2009) envolveu um grupo de trabalhadores de empresas de pequeno a médio porte, atuantes em diversos setores da construção civil, industrial e serviços. O trabalho buscou analisar as circunstâncias que envolveram tarefas realizadas com equipamento auxiliar tais como escadas, andaimes e plataformas de trabalho, e que poderiam resultar em quedas de trabalhadores. Enfocando-se como causa dos acidentes o comportamento inseguro por parte do trabalhador (escolha inadequada do equipamento, pressa e uso de posturas incorretas, tempo de duração da tarefa e "perda de tempo" com as medidas de segurança) e falta de conhecimento da legislação, cujas medidas preventivas estão associadas a treinamento adequado da tarefa e medidas de proteção coletiva tais como SPP.

Na Austrália, no período de 1996 a 2000, três estudos revelaram a preocupação com a atividade da construção civil, em especial as quedas de trabalhadores. Dentre as causas prevalecem as quedas de escadas, andaimes, e telhados. O estudo de Holmes *et al.* (1999), realizou uma série de entrevistas com trabalhadores de pequenas empresas da IC na Austrália. Quando solicitados a sugerir medidas de controle, 1/3 sugeriu o uso de SPC; mais da metade, a melhoria na educação e formação dos trabalhadores e empregadores e 1/3 sugeriu um maior cuidado e concentração na execução dos trabalhos realizados em altura. A maioria dos entrevistados enfatizou que o não uso dos EPI está associado à execução dos trabalhos rápidos. Nota-se que

as ações preventivas na responsabilidade do trabalhador com o uso do EPI são mais susceptíveis à mudanças de comportamento, porém, os referidos autores sugerem que a educação e treinamento bem como a conservação do EPC seriam as medidas mais adequadas. De outro lado, a pesquisa de Trethewy *et al.* (2003) indica como possível causa de queda em altura o design de projetos. Neste sentido, os projetos de edificação não preveem a manipulação e estocagem segura dos elementos. Os autores destacam as recomendações da legislação de SST na prevenção das atividades em altura, tais como o acesso seguro (escadas, andaimes, grua), proteção na periferia, etc. Assim, uma melhor fiscalização e avaliação da implementação dos procedimentos de segurança documentados no local de trabalho são determinantes na prevenção de acidentes. Contudo, o Estado, como mediador criou uma cartilha que estabelece a forma de reduzir ou eliminar os riscos de escorregamento, tropeções e posterior queda. Da mesma forma, um estudo do *Department of Employment and Industrial Relations* (DEIR) da Austrália desenvolveu um plano de gestão de risco que identifica, avalia, controla e monitora os riscos de segurança (DEIR, 2007).

Choudhry e Fang (2008) realizaram estudos sobre o comportamento dos trabalhadores e os riscos na realização das atividades em altura nos canteiros de obras em Hong Kong, entre os quais se destacam os seguintes: falta de conscientização da segurança; autoestima; experiência; pressão por desempenho, entre outros. Nesta região, tem havido investimentos em novas tecnologias nasceram da necessidade de evitar os acidentes durante a montagem e desmontagem de instalações provisórias, tais como a plataforma tradicional em bambu. Cheung (2012) relata que o desenvolvimento da Plataforma Desmontável Rápida (RDP), estruturada em balanço, pode ser utilizada como alternativa ou um suplemento para o tradicional andaime de bambu empregado para a execução de tarefas nas fachadas externas das edificações.

No Brasil, diversos estudos evidenciam que os acidentes mais frequentes nos canteiros de obras são as quedas juntamente com os acidentes causados por choque elétrico e soterramento (VÉRAS, 2004; MARTINS, 2004; SILVA, 2007; BRASIL, 2012). Alguns destes autores associam as causas dos acidentes à diversidade de operações dentro dos canteiros de obra, pouco interesse na implantação de programas de prevenção, dificuldade na fiscalização, baixa qualificação da mão de obra e precariedade dos equipamentos e instalações (MARTINS, 2005; SILVA, 2007). Outro estudo realizado por Saurin *et al.* (2000) utilizou a metodologia quantitativa e qualitativa como a análise de acidentes, realização de entrevistas e a aplicação de check list em canteiros de obras, para verificar o grau de implantação das NR. Os resultados indicaram a falta de cuidados básicos com a segurança relacionados principalmente ao planejamento das condições de trabalho e treinamento dos operários, bem como a falta de uma maior informação dos profissionais (gerentes, mestres, operários) quanto ao conteúdo das normas e importância da

prevenção de acidentes e doenças do trabalho. Dentre outros resultados, destacaram-se a limitação dos recursos para investimento em prevenção, baixa qualificação e treinamento insuficiente dos trabalhadores, pouca ou inadequada fiscalização. Já, na etapa de aplicação de *check lists* em canteiros de obras, revelou-se um índice de cumprimento das normas relativamente baixo (nota média de 5,5).

No período de 2003 a 2009, um estudo do MTE (2010) sobre embargos e interdições efetuados durante as inspeções decorrentes das investigações de acidentes fatais, revelou que as principais causas que envolvem quedas na construção de edifícios são o descumprimento às normas básicas de proteção aos trabalhadores somado às condições precárias dos ambientes e processos de trabalho.

Em resposta a este contexto, varias iniciativas vem sendo motivadas pelos agentes governamentais, empresas e sindicatos da IC. A norma denominada NR 35 (BRASIL, 2014c) – Trabalho em altura, foi proposta pelo MTE em 2012 para preencher uma lacuna sobre este tipo de situação. A introdução recente dessa da norma procurou abranger todas as atividades executadas em altura com risco de quedas de pessoas, estabelecendo requisitos mínimos e medidas de proteção para o trabalho em altura, envolvendo o planejamento, a organização e a execução das tarefas. Por outro lado, a criação da Fundação Centro Nacional de Segurança, Higiene e Medicina do Trabalho (FUNDACENTRO) surge da preocupação do Governo e da população com os altos índices de acidentes e doenças do trabalho bem como da parceria com a OIT no intuito de promover estudos e avaliações do problema e apontar soluções que pudessem alterar esse quadro. Hoje a FUNDACENTRO, associada à estrutura organizacional do MTE, é responsável por produzir e difundir conhecimento sobre Segurança e Saúde no Trabalho e Meio Ambiente (FUNDACENTRO, 2014). Visando incentivar a implantação da NR 18, foram criados os Comitês Permanentes Nacional (CPN) e Regional (CPR), sendo que uma de suas atribuições é estudar e propor medidas para o controle e a melhoria das condições dos ambientes de trabalho na indústria da construção, assim como a elaboração de Recomendações Técnicas de Procedimentos – RTP – editadas pela FUNDACENTRO resultando, dentre outras, a RTP 01 – Medidas de proteção contra quedas de altura, com detalhes das proteções coletivas contra quedas de altura.

Contudo, a identificação das causas de quedas em altura pode servir de base para ações de prevenção de acidentes. A diversidade de operações e de riscos requerem o desenvolvimento de uma gestão específica a cada etapa da obra e exigem a conscientização e investimento das empresas envolvidas com maior aproximação do estado em fiscalização e educação. Da mesma forma a diversidade de empresas no mesmo canteiro de obra requer uma gestão integrada e autônoma.

## 2.4 SISTEMAS DE PROTEÇÃO COLETIVA (SPC)

As proteções coletivas são definidas de acordo com a classificação proposta por Hollnagel (2004) como barreiras físicas ou funcionais, que são destinadas a prevenção de acidentes, porém não estão incorporadas ao corpo ou vestimenta dos operários. Segundo *Health and Safety Executive* (HSE, 2012), os SPC devem ter a capacidade de proteger a mais de uma pessoa simultaneamente e, depois de instalados, não necessitam de nenhuma ação adicional por parte dos trabalhadores. Desta forma, justifica-se a priorização dos SPC em detrimento dos EPI, visto que os últimos dependem da ação do operário de utilizá-lo de forma correta. Smith e Veazie (1998) definem os SPC como um exemplo de estratégia momentânea que podem impedir ou não a ocorrência do acidente, mas reduzem a gravidade de lesão após o incidente. No entanto, onde as condições de trabalho permitam sua aplicação sem criar riscos adicionais, os SPC são considerados as principais abordagens disponíveis para reduzir as mortes e lesões devido a quedas em altura. A escolha de um SPC, com foco na proteção de queda em altura, resulta complexa e envolve uma série de variáveis que devem levar em conta os riscos existentes e particularidades das atividades desempenhadas em um canteiro de obra. Cameron *et al.* (2008) afirma que a primeira consideração para a escolha de SPC deve ser sempre a segurança dos trabalhadores do canteiro e do público em geral, mas se deve considerar, também, o impacto no prazo, custo e qualidade do trabalho em que o sistema está instalado. Por isso, resulta importante conhecer o desempenho destes sistemas, para propor recomendações sobre como devem ser interpretadas e utilizadas em diferentes contextos. A Figura 3 apresenta os SPC contra quedas, citados e detalhados na norma regulamentadora NR 18 (BRASIL, 2014b).

**Figura 3.** Classificação dos SPC, segundo a NR 18.

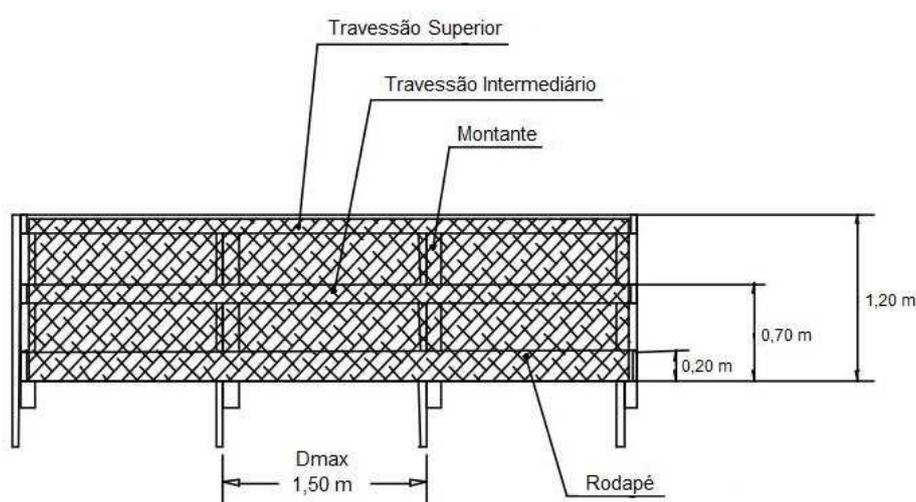


(Fonte: Elaborado pela autora).

### 2.4.1 Sistema de Proteção Periférica (SPP)

Segundo García (2010), o SPP constitui um sistema temporário eficaz, visto que elimina o risco na origem, impedindo a queda e, conseqüentemente, evitando que o trabalhador sofra lesões. Entende-se como temporário a um sistema que dura por tempo limitado ou que permanece em determinado lugar por um tempo previsto, delimitado e/ou determinado. De acordo com a NR 18 o SPP destina-se a promover proteção contra riscos de queda de pessoas, materiais e ferramentas. Constituem-se de uma proteção sólida, de material rígido e resistente, convenientemente fixada e instalada nas periferias das edificações, áreas de trabalho e de circulação onde haja risco de queda de pessoas e materiais (BRASIL, 2014b). Cabe salientar que os sistemas de barreira com rede, também considerados SPP (Figura 3), tem sido desconsiderados para o uso por parte das construtoras e auditores fiscais principalmente pela incapacidade do sistema de se comportar como um sistema rígido durante todo período de execução da obra. Visando ilustrar como as exigências da NR-18 podem ser atendidas, a FUNDACENTRO (2003) publicou a Recomendação Técnica de Procedimentos – RTP 01 "Medidas de Proteção contra Quedas de Altura" a qual apresenta de maneira ilustrativa as características que os GcR devem possuir. De acordo com o a RTP 01 os GcR devem ser construídos com altura de 1,20 m para o travessão superior e 0,70m para o travessão intermediário; ter rodapé com altura de 0,20 m e ter vãos entre as travessas preenchidos com tela ou outro dispositivo que garanta o fechamento seguro da abertura. A Figura 4 detalha o SPP indicando componentes, alturas e distâncias máximas (FUNDACENTRO, 2003).

**Figura 4.** Dimensões do GcR - RTP 01.



(Fonte: RTP 01, 2003).

Os SPP têm como principal vantagem a sua natureza passiva, o que significa que os trabalhadores não precisam realizar nenhuma ação para que o sistema tenha o efeito desejado, ao contrário do que ocorre com os EPI. Contudo, muitas vezes os SPP são utilizados apenas como uma forma de aparentar que o risco está sendo evitado, ao invés de ser uma medida eficaz.

A escolha de proteções físicas contra quedas em altura, dentre as quais os SPP são uma das opções, envolve uma série de critérios que devem levar em conta os riscos existentes e particularidades das atividades desempenhadas em um canteiro de obra. Cameron *et al.* (2007) afirmam que o critério mais importante deve ser sempre a segurança dos trabalhadores e do público em geral, sendo critérios secundários, o impacto no prazo e custo da obra. Por isso, é importante conhecer o desempenho dos SPP, para assim propor recomendações sobre como devem ser interpretados e utilizados em diferentes contextos. Os SPP podem ser classificados de acordo com o material constituinte em: madeira, aço, alumínio, plástico ou polímeros de alto impacto, entre outros. Em muitos casos há o uso combinado destes materiais, buscando aproveitar de forma otimizada as características de cada um

### 3 REFERENCIAL NORMATIVO

O presente capítulo apresenta uma revisão acerca dos referenciais normativos em relação aos SPP. Assim, apresenta-se o panorama das normas nacionais seguido dos embargos e interdições vinculados aos SPP. Também, são apresentadas as normas relevantes de outros países as quais são consideradas para a formulação de regulamentos nacionais bem como no uso constante dos órgãos de fiscalização e projetistas para verificação e cálculo dos SPP. Posteriormente, foram comparadas as exigências das normas nacionais e internacionais em relação aos requisitos de construção e resistência dos SPP.

#### 3.1 Panorama das normas nacionais

No Brasil, o conjunto de normas e regulamentos existentes em relação aos SPP vem sendo revisadas na busca da melhoria das condições de segurança na indústria da construção. A revisão da NR-18 – Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção, em 1995, significou um enorme avanço na busca da melhoria das condições de segurança na IC e redução do número de acidentes de trabalho. Dos avanços, pode-se destacar a exigência de proteções coletivas onde haja possibilidade de quedas de altura, bem como a inserção do conceito do sistema de GcR, que deverá ser usado em andaimes, periferia das lajes, lajes, passarelas, vãos de elevadores, entre outros. Outro ponto destacável é em relação ao Programa sobre Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção - PCMAT, que é integrado também pelo projeto das proteções coletivas em conformidade com as etapas da execução da obra.

Desta maneira A NR-18 (BRASIL, 2014b) visa a estabelecer diretrizes de ordem administrativa, de planejamento e de organização que objetivam a implementação de medidas de controle e sistemas preventivos de segurança nos processos, nas condições e no meio ambiente de trabalho na IC. O item 18.13 da NR-18 estabelece de maneira geral que deve existir proteção coletiva onde houver risco de queda de trabalhadores ou de projeção de materiais e que as aberturas no piso devem ter fechamento provisório resistente. Com relação aos SPP o item 18.13 explica a maneira como o mesmo deve ser construído. Notou-se que não se especifica de maneira objetiva o tipo de materiais que deveram ser utilizados, ficando, desta forma, a cargo do auditor fiscal e projetista do SPP julgar se os componentes utilizados são capazes de garantir a segurança.

Visando a complementar o item 18.13 da NR-18 (BRASIL, 2014b), bem como mostrar as exigências contidas nesta norma de forma mais ilustrada, a FUNDACENTRO através da Recomendação Técnica de Procedimentos - RTP 01 "Medidas de Proteção contra Quedas de

Altura" (FUNDACENTRO, 2003) exibe várias ilustrações que auxiliam no entendimento das exigências normativas. Também apresenta exigências adicionais em relação à NR-18, notadamente a de que os componentes do SPP tenham resistência a esforços de 150 kgf/metros lineares. Contudo, diversos profissionais questionaram quanto à existência de padrões para os SPP, alegando dificuldades quanto à metodologia para o cálculo dessas proteções. Em função desta demanda, a FUNDACENTRO publicou a cartilha "Proteções Coletivas - Modelo de Dimensionamento de um Sistema de Guarda-Corpo" (FUNDACENTRO, 2004) com o objetivo principal de enfatizar a real importância do correto dimensionamento dos GcR e proporcionar, às empresas e profissionais, metodologias para o cálculo de GcR utilizados na IC. Vale salientar que esta publicação limita-se apenas aos GcR constituídos em madeira.

### 3.2 Embargos e interdições

De acordo com a NR-03 (BRASIL, 1978), os embargos e interdições são medidas de urgência, adotadas a partir da constatação de uma situação de trabalho que caracterize risco grave e iminente ao trabalhador. A interdição implica a paralisação total ou parcial do estabelecimento, setor de serviço, máquina ou equipamento. Já o embargo implica a paralisação total ou parcial da obra de construção. A OIT tem reconhecido, desde sua criação, a Inspeção do Trabalho como elemento fundamental de proteção aos trabalhadores. A Inspeção do Trabalho, no Brasil, é denominada de Auditoria Fiscal do Trabalho. Suas atribuições envolvem não apenas o dever de fiscalizar para intervir nas relações de trabalho, mas também de desenvolver novas estratégias que contribuam para a construção de uma cultura de prevenção e promoção da segurança e saúde (MTE, 2010). As demandas vinculadas à modernização dos processos de trabalho, à incorporação de novas tecnologias, às novas formas de organização do trabalho e aos riscos emergentes vêm aumentando a precariedade das condições e ambientes de trabalho.

De acordo com o estudo realizado pelo MTE no período de 2003 a 2009, entre as classes da Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE), a construção de edifícios responde por 43,9% dos termos de embargo e interdição, seguida da indústria metalúrgica com 11,7%. Em relação à construção de edifícios os itens mais citados da NR-18 nos embargos e interdições, foram: o item 18.13.1: "é obrigatória a instalação de proteção coletiva onde houver risco de queda de trabalhadores ou de projeção de materiais"; o item 18.15.1: "o dimensionamento dos andaimes, sua estrutura de sustentação e fixação, deve ser realizado por profissional legalmente habilitado" e o item 18.23.3: "o cinto de segurança tipo paraquedista deve ser utilizado em atividades a mais de 2m de altura do piso, nas quais haja risco de queda do trabalhador" (MTE, 2010). Entretanto, segundo o MTE (2010) o número de procedimentos de embargo ou interdição bem como as estatísticas de acidentes do trabalho no país, vem aumentando ao longo dos anos,

indicando um aumento de situações de trabalho com risco à segurança e à saúde. No estudo apresentado pelo MTE, verificou-se que os procedimentos de embargo e interdição estão associados, na maior parte das vezes, a situações de trabalho essencialmente precárias (MTE, 2010).

### 3.3 Normas relevantes de outros países

No Brasil, os órgãos regulamentadores e de fiscalização costumam considerar os requisitos de normas estrangeiras para aperfeiçoar as normas nacionais e lidar com lacunas nas mesmas. Um exemplo desta situação refere-se à norma europeia EN 13374 (AENOR, 2004) a qual apresenta requisitos detalhados para ensaios estruturais dos SPP, tema ainda não contemplado nas normas nacionais. Da mesma forma, alguns dos critérios das normas OSHA 1926.502 (OSHA, 1996) e S-2.1, r.6 (CCOHS, 1981) são utilizados para o cálculo e dimensionamento dos SPP.

A norma UNE - EN 13374 - Sistemas Temporários de Proteção de Borde, é válida em toda a União Europeia e especifica os requisitos e métodos de ensaio para sistemas temporários de proteção periférica a serem usados durante a construção ou manutenção de edifícios e outras estruturas. Aplica-se aos sistemas de proteção de periferia para superfícies horizontais e inclinadas e especifica requisitos para três classes de proteção de borda temporárias. Também, inclui os sistemas de proteção, alguns dos quais são fixos à estrutura e outros baseados no peso e atrito nas superfícies horizontais.

A norma OSHA 1926.502 - Sistemas de Proteção Periférica aborda de forma específica os critérios e práticas relacionados aos sistemas de proteção contra quedas. Para os sistemas guarda-corpo e rodapé (GcR) a OSHA 1926.502 (OSHA, 1996) define as dimensões dos componentes. Acrescenta que o sistema GcR deve apresentar travessa intermediária na altura média entre o rodapé e a travessa superior, bem como tela para fechamento dos vãos do sistema, e com relação à resistência estrutural especifica as cargas que devem suportar as travessas superior e intermediárias.

A norma canadense S- 2.1, r.6 - Sistemas de Proteção Periférica, estabelece uma série de requisitos mínimos para os sistemas de proteção periférica. Os mesmos devem ser instalados em locais que estiverem a mais de 3 m de altura, onde houver risco de queda para poder limitar os movimentos de trabalhadores, bem como a uma distância vertical de 1,2 m ou mais, quando é usado um carrinho de mão ou outro veículo. Estabelece também que o sistema de barreira deve ser continua e, no caso de ser removido algum elemento horizontal durante o trabalho, os trabalhadores devem passar a usar cinto de segurança.

### 3.4 Comparação entre os referenciais normativos

O Quadro 1 apresenta uma visão geral dos requisitos de SPP definidos por normas e regulamentos do Brasil, Estados Unidos, União Europeia e Canadá. Em adição ao anteriormente mencionado, nota-se a ênfase sobre os requisitos estruturais e geométricos.

Pode-se notar, a partir do Quadro 1, que: (a) não há consenso em relação às cargas que os SPP devem resistir e em relação às alturas mínimas e distancias máximas exigidas para cada componente do SPP; (b) apenas os regulamentos da União Europeia prescrevem procedimentos para a realização de análises e cálculos laboratoriais de integridade estrutural dos SPP; (c) algumas características dos SPP, como a espessura ou a resistência da tela de proteção, são especificados em alguns regulamentos e não em outros; (d) nenhum dos regulamentos torna explícitos os pressupostos técnicos subjacentes aos requisitos, como por exemplo, porque é necessária uma determinada carga; e (e) a espessura dos componentes não é abordada pelas normas e regulamentos nacionais sobre SPP, e sim pelas normas internacionais. Vale salientar que a definição de espessura, neste caso, esta relacionada à segurança estrutural do SPP.

**Quadro 1.** Comparativo dos requisitos de construção e resistência dos SPP das normas NR 18/RTP01, OSHA 1926.502 , EN 13374 e S-2.1, r.6.

Componente	Requisitos de Construção e Resistência	NR 18 / RTP 01 (Brasil)	OSHA 1926.502 (USA)	EN 13374 (Espanha)	S-2.1, r.6 (Canadá)
<b>Travessão Superior</b>	Altura de Fixação	1,20 m (a partir do piso)	1,10 m (a partir do piso)	1,00 m (a partir do piso)	Entre 1 m e 1,2 m (a partir do piso)
	Espessura	Não aborda	No mínimo 0,6 cm de diâmetro nominal ou espessura	Mínimo 0,25 cm	No mínimo 0,4 cm de diâmetro nominal ou espessura
	Resistência	Resistência mínima a esforços concentrados de 150 kgf/metros linear no centro da estrutura	Deve suportar a aplicação de uma força de 90kgf. a 5,1cm da borda superior.	Deve suportar a aplicação de uma força pontual uniformemente distribuída sobre uma sup. de 10 x 10 cm, de 30, 60 kgf.	Resistir a uma força horizontal concentrada de 91,77 kgf. em qualquer ponto do travessão. Resistir a uma força vertical de 45,88 kgf. em qualquer ponto do travessão
<b>Travessão Intermediário</b>	Altura de Fixação	0,70 m (a partir do piso)	Mínimo 0,53 cm ou altura média entre rodapé e travessão superior.	0,62m (a partir do piso)	Altura média entre rodapé e travessão superior.
	Espessura	Não aborda	No mínimo 0,6 cm de diâmetro nominal ou espessura	Mínimo 0,25 cm	No mínimo 0,4 cm de diâmetro nominal ou espessura
	Resistência	Resistência mínima a esforços concentrados de 150 kgf/metros lineares no centro da estrutura	Deve suportar a aplicação de uma força de 66 kgf., em qualquer ponto ao longo da seção intermediária.	Deve suportar a aplicação de uma força pontual uniformemente distribuída sobre uma sup. de 10 x 10 cm, de 30, 60 kgf.	Não aborda
<b>Rodapé</b>	Altura	0,20 m (rente ao piso)	0,08 m (rente ao piso)	0,15m (rente ao piso)	0,09 m (rente ao piso)
	Espessura	Não aborda	No mínimo 0,6 cm de diâmetro nominal ou espesura	Mínimo 0,25 cm	No mínimo 0,4 cm de diâmetro nominal ou espessura
	Resistência	Resistência mínima a esforços concentrados de 150 kgf/metro lineares no centro da estrutura	Deve suportar a aplicação de uma força de 66 kgf. em qualquer ponto ao longo da seção intermediária.	Deve suportar a aplicação de uma força pontual uniformemente distribuída sobre uma sup. de 10 x 10 cm, de 20,40 kgf.	Não aborda
<b>Montantes</b>	Distancia entre montantes	Máximo 1,50 m	Máximo 1,50 m	Máximo 2.50 m	Máximo 1,80 m
	Resistência	Resistência mínima a esforços concentrados de 150 kgf/metros lineares no centro da estrutura	Deve suportar a aplicação de uma força de 90kgf. a 5,1cm da borda superior, em qualquer ponto ao longo da borda superior.	Carga excepcional horizontal de 20,40 kgf. na posição mais desfavorável.	Não aborda
<b>Tela</b>	Abertura da malha	Intervalo de abertura entre 20 mm e 40 mm	Aberturas menores que 23 mm	Aberturas menores que 25 mm	Não aborda
	Resistência	Resistência mínima a esforços concentrados de 150 kgf/metros lineares no centro da estrutura	Resistência mínima de ruptura de 22,2 kN	Resistência mínima de ruptura de 7,5 kN	Não aborda

Fonte: Elaborado pela autora

## 4 GESTÃO DE REQUISITOS

Este capítulo aborda a gestão de requisitos como abordagem utilizada para o análise do conjunto de requisitos relacionados aos SPP. Primeiramente, é apresentado o conceito de gestão de requisitos, seguido dos conceitos associados à mesma tais como, cliente, requisito, demanda e soluções de projeto. A partir disto, foram analisadas as etapas necessárias para realizar a gestão de requisitos bem como as relações entre os mesmos.

### 4.1 CONCEITOS BASICOS

De acordo com Sommerville (2007) a gestão de requisitos é uma abordagem que contribui no desenvolvimento de projetos já que busca estabelecer e manter a concordância entre o consumidor, a equipe de desenvolvimento e todos os demais envolvidos. Segundo Sun et al., (2005) as mudanças que ocorrem no decorrer do tempo são inevitáveis, porém, quanto mais eficaz for a gestão dos requisitos, maior também a probabilidade de sucesso do projeto (BRAY, 2002). Miron (2008) ainda destaca que a boa gestão de requisitos contribui para o delineamento mais claro dos resultados que se espera de um projeto, e facilita a identificação das habilidades e carências que tornam os envolvidos hábeis ou não a desenvolvê-lo. O termo tradicionalmente usado, na indústria da construção civil, para definir a captura de requisitos é o *briefing*, entendido como o processo que gera o programa de necessidades. O programa de necessidades é definido como o primeiro passo para o processo de projeto (SHEN *et al.*, 2004; YU *et al.*, 2005). O *briefing* é a maior fonte de comunicação entre os clientes e deve acompanhar todo o processo de projeto, quando os requisitos são progressivamente considerados e colocados em prática (HUOVILA, 2005).

Devido às características temporárias dos SPP e a quantidade de clientes envolvidos com diferentes exigências, existem dificuldades e carência de meios para realizar a gestão sistemática dos requisitos relativos à SPP. Na busca por alternativas para solucionar tais dificuldades, este estudo explora conceitos e práticas da gestão de requisitos provenientes da engenharia de *software* (ES) (KOTONYA e SOMMERVILLE, 2000), tais como: etapas, classificação dos requisitos, entre outros. Portanto, a gestão de requisitos é vista nesta pesquisa como uma alternativa para superar os problemas ligados à identificação e análise dos requisitos provenientes de diversas fontes, a fim de facilitar a definição de melhores soluções de projeto.

As normas de segurança e saúde no trabalho (SST) na construção civil, no Brasil e no exterior, apresentam vários requisitos aos quais os SPP devem atender. De acordo com a ABNT (2013) os requisitos são condições que expressam qualitativamente as propriedades que um produto deve possuir a fim de satisfazer as exigências dos clientes. Por sua vez, as exigências do cliente

referem-se ao conjunto de necessidades a serem satisfeitas pelo produto, de modo a cumprir com suas funções (ABNT, 2013). Para determinar o desempenho de um produto as exigências do usuário são traduzidas em requisitos e critérios. Segundo a ABNT (2013) os critérios são especificações quantitativas ou qualitativas dos requisitos, expressos em termos mensuráveis, a fim de que possam ser objetivamente determinados. Os critérios devem ser mensuráveis, compreensíveis, exequíveis, testáveis, rastreáveis e exclusivos (KOTONYA; SOMERVILLE, 2000) e podem ser limitados por restrições (PARVIAINEN *et al.*, 2005).

O conceito de cliente é importante à medida que os requisitos a serem gerenciados destinam-se a satisfazer algum tipo de cliente. Neste estudo, é adotada a definição proposta por Whiteley (1992), para quem os clientes são todas aquelas partes para as quais o produto agrega valor, sejam elas externas ou internas à organização. No caso dos SPP, os principais clientes internos são os trabalhadores, tanto os que realizam a montagem e desmontagem (usuários temporários dos SPP), quanto os que são protegidos pelos mesmos no decorrer de suas atividades produtivas (usuários finais dos SPP). Como clientes externos, podem ser citados os órgãos governamentais de fiscalização das condições de trabalho, sindicatos de trabalhadores e a sociedade como um todo, na medida em que os custos dos acidentes são absorvidos em parte pela Previdência Social

De acordo com Sommerville (2007) e Bray (2002), os requisitos são transcrições das demandas em uma linguagem técnica. As demandas são as necessidades e desejos expressos pelos clientes em sua linguagem natural, os quais poderão dar origem aos requisitos (SOMMERVILLE, 2007). Segue um exemplo de requisito: “o SPP deve estar fixado à estrutura de acordo com as indicações do projetista ou fabricante”. Cabe salientar que a expressão deste exemplo, utilizando o verbo “dever”, é uma orientação dada por diversos autores, como Kotonya e Sommerville (2000), por ser um formato que esclarece quem deve fazer o que. No obstante, a tradução das demandas captadas para o formato de requisitos deve ser feita de forma eficaz a fim de facilitar a definição de melhores soluções de projeto (BARRET e STANLEY, 1999), bem como fazer com que toda a equipe de desenvolvimento possa interpretá-la da mesma forma (SOMMERVILLE, 2007).

O termo soluções de projeto corresponde às soluções funcionais que descrevem como os requisitos são atendidos ou materializados (BRAY, 2002). Assim como a demanda pode precisar de mais de um requisito para ser atendida, da mesma forma um requisito pode ter mais de uma solução de projeto (MARX, 2009). A importância em dissociar estes termos para realizar a gestão de requisitos deve-se ao fato de que o requisito indica “o que” o produto deve fazer para atender às demandas, enquanto a solução de projeto define “como” o requisito pode ser resolvido e materializado (BRAY, 2002). Em muitos casos, as normas e regulamentos exigem soluções de projeto, ao invés de determinar o desempenho desejado através de um requisito. Tais soluções

atuam como restrições no desenvolvimento do projeto. Por exemplo, o requisito da norma regulamentadora NR-18 estabelece que "*o material utilizado na confecção do GcR será madeira ou outro de resistência e durabilidade equivalentes*". Desta maneira, foi necessário extrair o requisito embutido nesta solução de projeto, sendo: "*O projeto especifica materiais testados que sejam resistentes e duráveis às condições normais de trabalho*". É comum que durante esta etapa sejam encontradas divergências entre as soluções devido a conflitos de interesse entre clientes (BRAY, 2002; SHEN *et al.*, 2004). Porém é necessário, através de *trade-offs*, encontrar uma solução que possa resultar em um produto final com maior valor agregado (HUOVILA, 2005).

## 4.2 Etapas da Gestão de Requisitos

A gestão de requisitos possui quatro etapas: (a) identificação, (b) análise e priorização, (c) especificação, e (d) validação. Estes passos se repetem ciclicamente durante a fase de concepção do produto (SOMMERVILLE, 2007). A identificação de requisitos começa por identificar os clientes do produto, uma vez que os requisitos para serem gerenciados se destinam a satisfazer algum tipo de cliente. Dentre os mecanismos úteis para realizar levantamento de informações que possam gerar requisitos, podem ser salientadas as entrevistas, questionários, *brainstorming*, análise documental, *workshops* e análise conjunta (BRAY, 2002).

Na etapa de análise e priorização, os requisitos são examinados em profundidade e é avaliada a importância de cada um (SOMMERVILLE, 2007), a fim de identificar o conjunto de requisitos que resulte em um produto final com maior valor agregado e que privilegie os clientes mais relevantes (HUOVILLA, 2005). Nesta etapa, é comum identificar requisitos conflitantes (BRAY, 2002), especialmente quando há muitos clientes. A etapa de especificação, permite converter os requisitos em um comportamento (BRAY, 2002) e assim, encontrar uma solução funcional para os requisitos serem atendidos. Contudo, esta etapa também exige um análise de *trade-offs*, uma vez que um requisito pode ser atendido de diferentes formas, e portanto, estimular mudanças no projeto (BRAY, 2002).

Finalmente, na etapa de validação, são realizados testes para avaliar a eficácia e eficiência das soluções (SOMMERVILLE, 2007). Estes testes podem ser realizados, por exemplo, através de modelos físicos ou eletrônicos. Esta etapa está relacionada com a descoberta de problemas com o objetivo de evitar que os mesmos cheguem a fases mais avançadas provocando prejuízos e retrabalhos (BRAY, 2002; SOMMERVILLE, 2007; SUN *et al.* 2005).

Com estes esclarecimentos, pode-se perceber com mais clareza as contribuições que a gestão de requisitos pode trazer ao desenvolvimento de melhores soluções de projeto.

### 4.3 Relações entre Requisitos

A maioria dos requisitos não podem ser tratados de forma independente, uma vez que estão relacionados entre si e afetam uns aos outros de diferentes maneiras (DAHLSTEDT e PERSSON, 2003). As dependências entre requisitos podem também afetar várias decisões e atividades durante o desenvolvimento de um produto. Isto implica que existe a necessidade de levar em consideração as relações a fim de tomar as decisões corretas. Apesar disso, pouco se sabe sobre a natureza das interdependências entre requisitos. A literatura encontrada é relativamente pequena e é abordada desde diferentes perspectivas e classificações (KOTONYA; SOMMERVILLE, 1998; RAMESH; JARKE, 2001; CARLSHAMRE *et. al.*, 2001; DAHLSTEDT; PERSSON, 2003).

A identificação e o controle das relações entre requisitos podem ser cruciais para o sucesso de um projeto. Dahlstedt e Persson (2003) enumeram diversas atividades que podem ser enriquecidas com o uso de interdependência entre requisitos, tais como: gestão de requisitos, gestão de mudanças, implementação, testes, manutenção, entre outros.

Neste estudo adotou-se a classificação proposta por Dahlstedt e Persson (2003), onde um requisito pode, por exemplo, requerer a implementação de outro requisito. Desta forma, dado um conjunto específico de requisitos, eles podem ser relacionados a um nível de prioridade (por exemplo, requisitos obrigatórios e requisitos opcionais). As relações não só afetam positivamente aos requisitos, também podem afetar de maneira negativa ou evidenciar conflitos entre os mesmos (CARLSHAMRE *et. al.*, 2001).

## 5 MÉTODO DE PESQUISA

Este capítulo descreve o método de pesquisa utilizado para o desenvolvimento do trabalho a fim de alcançar os objetivos propostos. Inicialmente, são apresentadas e justificadas as definições da estratégia de pesquisa. Posteriormente, é apresentado o delineamento da pesquisa bem como a descrição detalhada das etapas, incluindo o desenvolvimento e a aplicação do protocolo. Ao final, é apresentada a avaliação do protocolo.

### 5.1 ESTRATÉGIA DE PESQUISA

Este estudo adotou a estratégia de pesquisa construtiva, a qual é um modo de produção de conhecimento científico que visa a desenvolver construções inovadoras com a finalidade de resolver problemas enfrentados no mundo real e oferecer contribuições teóricas nas disciplinas envolvidas (KASANEN; LUKKA; SIITONEN, 1993; LUKKA, 2003). De acordo com Lukka (2003) as construções inovadoras são denominadas de artefatos, tais como modelos, diagramas, planos, estruturas organizacionais, produtos comerciais e projetos de sistemas de informação. Os quais podem ser inventados ou desenvolvidos a partir de teorias pré-existentes. Além disso, este tipo de pesquisa se caracteriza pelo envolvimento do pesquisador com os participantes no campo em que o artefato é testado (HOLMSTRÖM; KETOKIVI; HAMERI, 2009). Assim, a criação de um artefato inovador requer uma melhor compreensão do problema e, com isso, é possível viabilizar a solução encontrada (HENVER *et al.*, 2004), bem como identificar novos problemas que levam a novas questões (KASANEN; LUKKA; SIITONEN, 1993).

Segundo March e Smith (1995), o objetivo da pesquisa construtiva é tentar criar coisas que sirvam aos propósitos humanos, a partir da realização de duas atividades básicas: construir e avaliar. Enquanto a primeira atividade é o processo de construção de um artefato para desempenhar uma tarefa específica, a segunda avalia o desempenho desse artefato a partir de critérios de utilidade estabelecidos. Estes autores propõem um conjunto de produtos para as investigações que se enquadram como pesquisa construtiva:

- (a) *Constructos*: são conceitos que formam o vocabulário utilizado para descrever problemas dentro de um domínio e especificar suas soluções;
- (b) *Modelo*: é um conjunto de proposições ou afirmações que expressam as relações entre os constructos, e representam situações como problemas ou soluções;
- (c) *Método*: é um conjunto de passos utilizados para realizar uma tarefa, sendo baseados em um conjunto de constructos e em um modelo de solução. Os métodos ainda podem estar vinculados a um modelo específico, no qual os passos tornam-se *inputs* do modelo;

- (d) *Instanciações*: é a realização de um artefato no seu ambiente, a fim de demonstrar a viabilidade e a eficácia dos modelos e métodos que o constituem.

Os estudos de Kazanen, Lukka e Siitonen (1993), Lukka (2003) e Vaishnavi e Kuechler (2007) sugerem a divisão da mesma nas seguintes etapas:

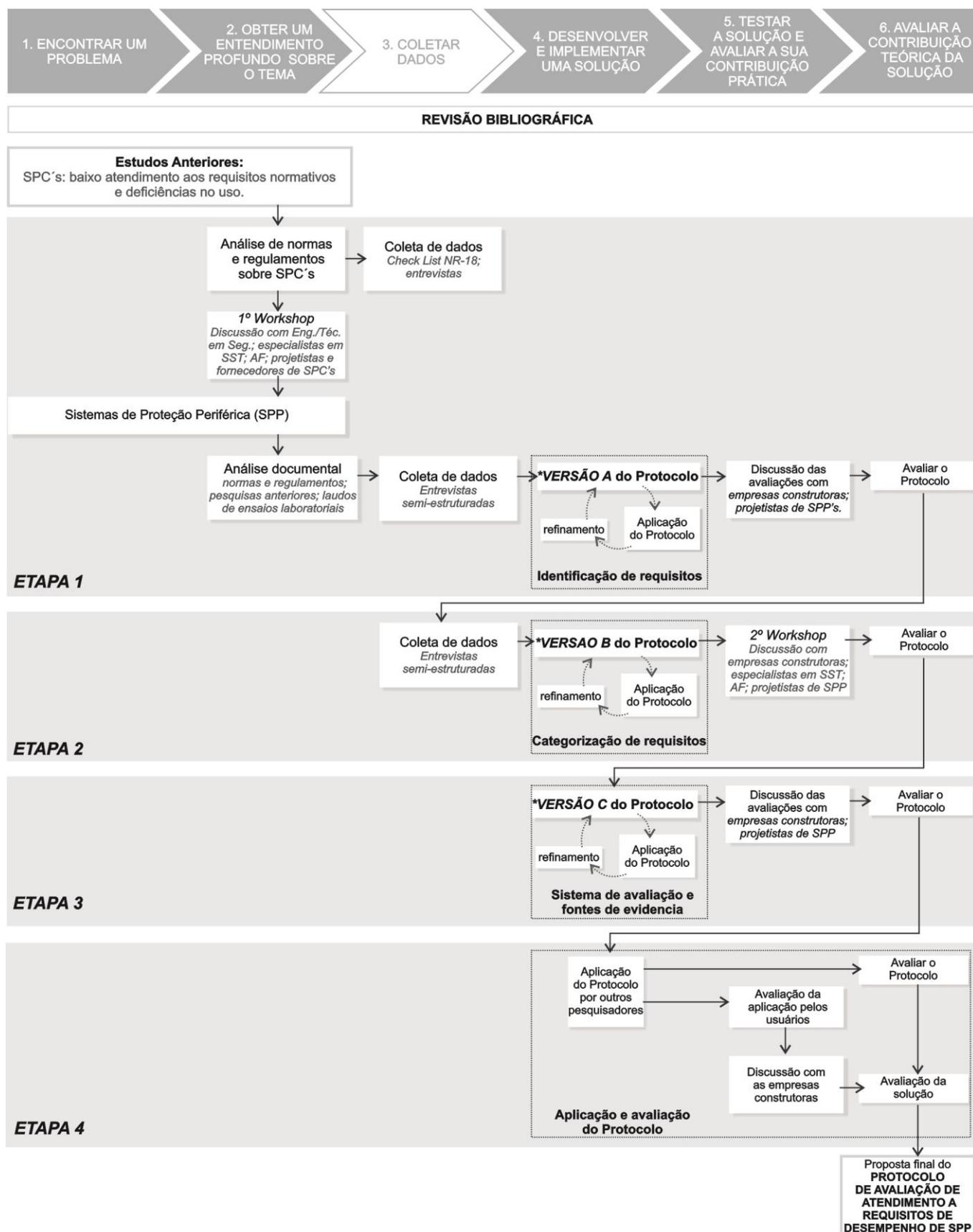
- (a) Encontrar um problema de relevância prática (KASANEN; LUKKA; SIITONEN, 1993) com potencial para a contribuição teórica (LUKKA, 2003) e entender este problema de forma profunda (VAISHNAVI, KUECHLER, 2007);
- (b) Obter um entendimento do tópico de pesquisa (KASANEN; LUKKA; SIITONEN, 1993), sob uma perspectiva prática e teórica (LUKKA, 2003);
- (c) Propor uma ideia de inovação e desenvolver uma solução para o problema que tenha potencial para uma contribuição teórica (KASANEN; LUKKA; SIITONEN, 1993; LUKKA, 2003; VAISHNAVI, KUECHLER, 2007);
- (d) Implementar a solução e testar seu funcionamento (KASANEN; LUKKA; SIITONEN, 1993; LUKKA, 2003; VAISHNAVI, KUECHLER, 2007);
- (e) Examinar o escopo de aplicabilidade da solução (KASANEN; LUKKA; SIITONEN, 1993; LUKKA, 2003); e
- (f) Mostrar as conexões teóricas e a contribuição da pesquisa (KASANEN; LUKKA; SIITONEN, 1993; LUKKA, 2003).

Neste sentido, a abordagem de pesquisa construtiva enquadra-se neste estudo, uma vez que este tem por objetivo criar um artefato para solucionar um problema do mundo real. No caso dessa pesquisa, o artefato corresponde ao protocolo para avaliação dos SPP. De um lado, este artefato contribui para resolver o problema prático de como avaliar o desempenho de SPP e comparar diferentes alternativas. De outro lado, este estudo se propõe a dar contribuições teóricas referentes à compreensão da natureza dos requisitos de SPP, como estes podem ser categorizados e como os mesmos se relacionam entre si.

## 5.2 DELINEAMENTO DA PESQUISA

A Figura 5 apresenta o delineamento do presente estudo, o qual é dividido em quatro etapas: (a) identificação de requisitos; (b) categorização dos requisitos; (c) definição de um sistema de avaliação e estabelecimento das fontes de evidências para avaliar cada requisito; (d) aplicação e avaliação do protocolo. A Figura 5 complementa a figura do delineamento ilustrando em detalhe a evolução das versões do protocolo e origem dos requisitos.

Figura 5. Delineamento da pesquisa.



(Fonte: Elaborado pela autora)

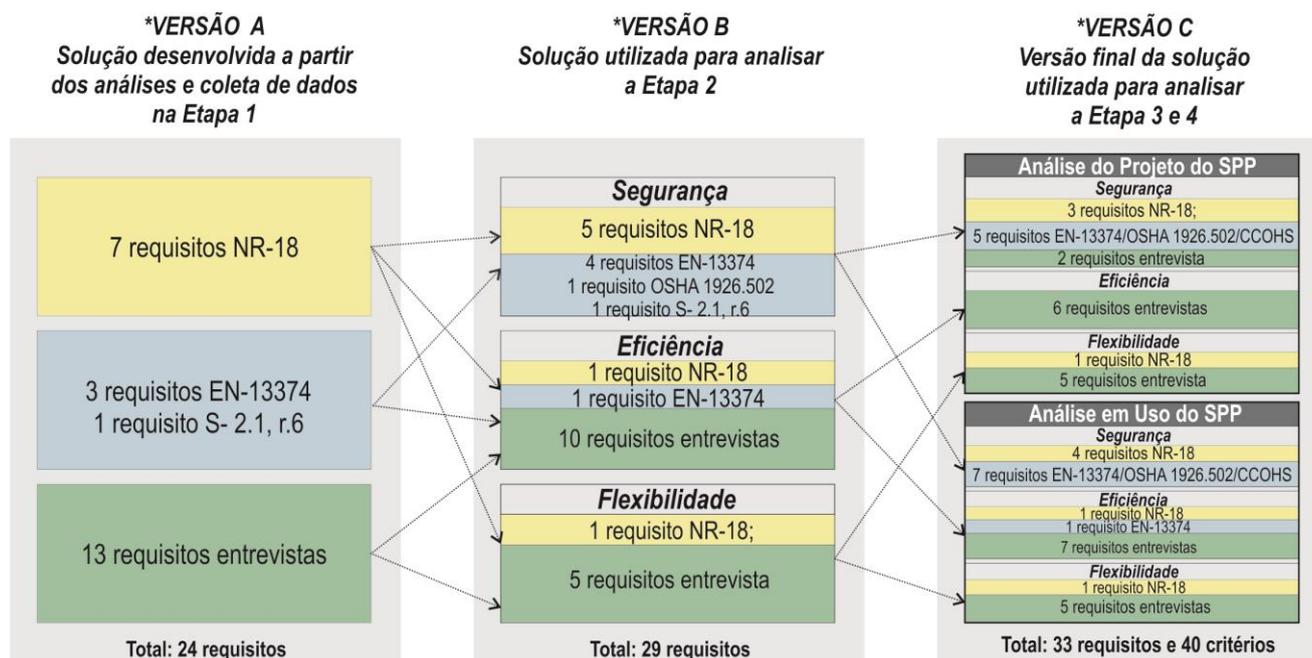
Na primeira etapa, a primeira versão do protocolo (versão A – Figura 6) foi desenvolvida por meio da identificação de requisitos provenientes de normas nacionais e internacionais. Por outro lado, a definição de novos requisitos e das fontes de evidências surgiu a partir de entrevistas e grupos de discussão com engenheiros responsáveis por obras que usavam SPP, engenheiros e técnicos em segurança e saúde no trabalho, projetistas de proteções coletivas, auditores fiscais, representantes de empresas que fornecem SPP e trabalhadores responsáveis pela execução dos SPP. Essa primeira versão do protocolo foi então testada em sete obras. Os resultados dessas aplicações foram apresentados e discutidos em reuniões com representantes e projetistas das empresas construtoras envolvidas.

Na segunda etapa da pesquisa uma versão refinada do protocolo foi desenvolvida com base nos resultados da etapa anterior (versão B – Figura 6). Nessa etapa, houve a classificação dos requisitos de acordo com a natureza de cada um, em três categorias: Segurança, Eficiência e Flexibilidade. Nesta etapa, também foi realizado um *workshop* que envolveu a participação conjunta de representantes de várias partes, com a finalidade de discutir os resultados de novas aplicações do protocolo e identificar oportunidades de melhorias nos SPP avaliados.

Na terceira etapa da pesquisa, foi proposta uma terceira versão do protocolo. A versão C retrata a solução completa (Figura 6). Desta vez, o protocolo foi dividido em duas partes: a primeira com ênfase na avaliação dos requisitos na situação de projeto e a segunda na situação de uso dentro do canteiro de obras. Para cada requisito foram estabelecidos critérios de avaliação.

Na quarta e última etapa, foram realizadas aplicações do protocolo por outros pesquisadores, como forma de avaliar a facilidade de uso do mesmo. Desta forma, a partir da retroalimentação desses outros pesquisadores, bem como da experiência acumulada ao longo de todas as etapas, foi consolidado o protocolo de avaliação de requisitos de desempenho de SPP. A partir da reflexão sobre a utilidade do artefato com as empresas construtoras e projetistas, foram propostas oportunidades de melhorias para os SPP.

**Figura 6.** Evolução das versões do protocolo e origem dos requisitos.



(Fonte: Elaborado pela autora)

### 5.3 Identificação de Requisitos

Os requisitos de SPP foram identificados a partir de pesquisa bibliográfica/análise documental e entrevistas. No que diz respeito à primeira fonte, foram consultadas normas e regulamentos nacionais como NR-18 (MTE, 2014b) e RTP 01 (FUNDACENTRO, 2003), normas internacionais, tais como a EN 13374 (AENOR, 2004), OSHA 1926.502 (OSHA, 1996), S-2.1, r.6, (CCOHS 1981), artigos científicos (LAN *et al.*, 2009; CHEUNG, 2012; SULOWSKI, 2014), três memoriais descritivos de SPP patenteados (MCLAUGHLIN *et al.*, 1976; HOLLOMAN, 1994; OSTROW, 2001), e análise de relatórios técnicos de ensaios laboratoriais encomendado pelo Sindicato da Indústria da Construção (SINDUSCON/RS) para verificação dos requisitos de carga estática de três tipos de SPP (madeira, misto e metálico) realizados pelo Instituto Tecnológico em Desempenho e Construção Civil da Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS). A segunda fonte de identificação de requisitos foram entrevistas individuais semiestruturadas e discussões em seminários e *workshops* com um grupo de trabalho. Tal grupo era integrado por representantes de sete empresas construtoras, as quais tinham interesse numa avaliação independente dos SPP, bem como auditores fiscais do trabalho, projetistas e fornecedores de SPP. O Quadro 2 apresenta o perfil dos participantes entrevistados. As entrevistas foram gravadas e transcritas, tiveram duração média de uma hora e foram baseadas num roteiro de quinze questões que dava origem a outras no decorrer da entrevista. As entrevistas abordavam os requisitos de normas, problemáticas e oportunidades de melhoria dos SPP. A partir das

transcrições de entrevistas, discussões e dos documentos consultados, foram identificados 32 requisitos de SPP.

**Quadro 2.** Perfil dos participantes entrevistados.

<b>Qtd.</b>	<b>Atividade profissional</b>	<b>Empresa / Instituição</b>	<b>Tempo de experiência</b>
12	Engenheiros Civis	Empresas construtoras	entre 4 e 13 anos
06	Engenheiros em SST	Empresas construtoras	entre 1 e 6 anos
10	Técnicos em SST	Empresas construtoras	entre 6 meses e 2 anos
03	Projetistas de SPP	Empresas de consultoria em SST	6, 11 e 30 anos
03	Auditores fiscais do Trabalho	Ministério do Trabalho e Emprego	18, 20 e 25 anos
02	Fornecedores de SPP industrializados	Empresas nacionais e regionais fornecedoras de SPP	13 e 18 anos
18	Trabalhadores que executam SPP	Empresas terceirizadas em SST	entre 5 meses e 7 anos

(Fonte: Elaborado pela autora)

#### 5.4 Categorização de Requisitos

Os 32 requisitos identificados, foram agrupados nas três categorias: (a) 15 requisitos de segurança; (b) 12 requisitos de eficiência e (c) 6 requisitos de flexibilidade. Os requisitos da categoria segurança tem origem, em sua maioria (87%) nas normas, e estão associados à resistência estrutural, durabilidade e dimensões. Assim como ocorre nas outras duas categorias, os requisitos associados à segurança são relacionados entre si. Por exemplo, o atendimento do requisito "minimizar riscos de queda de pessoas" depende de outros dois requisitos: um relacionado à resistência do SPP aos esforços solicitantes e outro referente à adequada fixação à estrutura de sustentação. Deste modo, o atendimento a determinados requisitos contribui para o atendimento de outros. Já a maioria (83%) dos requisitos da categoria eficiência dos SPP, teve origem em entrevistas, indicando que as normas negligenciam esse tipo de requisito. Os requisitos ligados à eficiência contemplam requisitos ergonômicos, de produtividade, reaproveitamento e de custo ao longo do ciclo de vida.

No que se refere à flexibilidade, esta pode ser definida como a capacidade de um produto ou serviço em responder às mudanças nas condições dentro de um tempo curto, com baixos recursos e sem perdas no desempenho (THOMKE, 1997; UPTON, 1995). Seebacher e Winkler (2013) consideram que a flexibilidade de um produto é determinada fundamentalmente por decisões de projeto do mesmo, ao invés da forma como ele é usado. Desta maneira, o SPP deve ser adaptável a mudança em relação a configurações geométricas, detalhes, distintas etapas de obra e diferentes técnicas construtivas. Similarmente à categoria eficiência, os requisitos

associados à flexibilidade tiveram origem, em sua maioria (83%) nas entrevistas, indicando que as normas também negligenciam esse tipo de requisito.

## 5.5 Relações entre Requisitos

A prioridade de requisitos proposta neste estudo estabelece em primeiro lugar, os requisitos provenientes de normas. Tais requisitos são de caráter obrigatório e tem prioridade no atendimento. Em segundo lugar, o conjunto de requisitos identificados, a partir de entrevistas e pesquisa bibliográfica, foram classificados em requisitos de primeiro e segundo grau. Os requisitos de primeiro grau são aqueles que são afetados por requisitos da norma (obrigatórios), por exemplo, o requisito obrigatório "*o projeto especifica materiais resistentes e duráveis às condições normais de trabalho*" afeta ao requisito "*o projeto prevê que o SPP possa ser reaproveitado em obras futuras, estimando sua vida útil*". Os requisitos de segundo grau não tem uma influencia ou efeito específico sobre nenhum requisito normativo, pelo que podem ser considerados como opcionais. Desta forma, este pressuposto estabelece que o atendimento a requisitos de primeiro grau tem um efeito positivo sobre o atendimento a requisitos da norma e por isso eles têm maior prioridade que os requisitos de segundo grau.

Cabe salientar que, para este estudo, foram consideradas apenas um tipo de interdependência entre requisitos (interdependência estrutural). De outro modo, múltiplos relacionamentos entre dois requisitos aumenta a complexidade e podem se tornar exponenciais (CARLSHAMRE *et. al.*, 2001). Assim, foram descobertas dez interdependências entre os requisitos. Alguns deles são afetados apenas por um requisito, enquanto que em outros casos são afetados por mais de um requisito (ver Anexo 2 - Interdependências e conflitos entre requisitos). A priorização dos requisitos facilitou a leitura dos resultados a partir de três classificações:

- Requisitos obrigatórios (requisitos normativos);
- Requisitos de 1º grau (requisitos afetados por requisitos normativos);
- Requisitos de 2º grau (requisitos opcionais).

## 5.6 Níveis de atendimento

Para cada requisito (**R**) foram estabelecidos critérios de avaliação (**C**) (Quadro 3). Ao todo, foram propostos 28 critérios entre os requisitos de análise de projeto e análise em uso dos SPP. Cabe salientar que apenas 13 destes critérios são quantitativos. As medidas quantitativas derivam das normas e laudos de ensaio laboratorial, enquanto 15 critérios são de caráter qualitativo a fim de explicar em mais detalhes o propósito do requisito a ser avaliado. Além disso, não havia

necessidade de definir critérios para 13 requisitos, uma vez que estes eram bastante objetivos e claros, independentemente do que está sendo descrito qualitativamente.

**Quadro 3.** Lista completa de requisitos (**R**) e critérios (**C**).

<b>Requisitos / Critérios</b>	<b>Origem</b>
<b>R: *1. O projeto minimiza riscos de quedas de pessoas</b>	(NR 18)
<b>C: 1. Altura do SPP: mínimo 1.20 m do eixo da peça até o piso de trabalho</b>	(NR 18)
<b>C: 2. Altura do travessão intermediário horizontal: 0.70 m do eixo da peça até o piso de trabalho</b>	(NR 18)
<b>C: 3. Distancia entre os montantes verticais: máximo 1.50 m</b>	(NR 18)
<b>R: *2. O projeto minimiza riscos de quedas de materiais e ferramentas</b>	(NR 18)
<b>C: 4. Inexistem frestas entre o rodapé e superfície de trabalho. Se houver frestas, elas possuem no máximo 2 cm</b>	(EN 13374)
<b>C: 5. Existe tela fechada com malha de abertura de até 40 mm, fixada do lado interno dos montantes</b>	(NR 18)
<b>R: 3. O SPP está fixado à estrutura de acordo com as indicações do projetista ou fabricante</b>	(NR 18)
<b>R: 4. O projeto especifica a resistência às cargas estáticas previstas pela norma</b>	(NR 18)
<b>C: 6. Carga pontual 150 kgf. no travessão superior e montante e 70 kgf. no travessão intermediário e rodapé</b>	(NR 18)
<b>R: *5. O projeto favorece que sua instalação e remoção sejam feitas com segurança</b>	(EN 13374/ S- 2.1)
<b>C: 7. Há especificação dos EPI's para a montagem e desmontagem</b>	(Entrevista)
<b>C: 8. Há especificação de ferramentas e equipamentos adequados para a montagem e desmontagem</b>	(Entrevista)
<b>C: 9. Há especificação da sequência de montagem e desmontagem</b>	(Entrevista)
<b>R: 6. Os travessões, telas e rodapé não têm emendas ou retalhos</b>	(EN 13374)
<b>C: 10. Os componentes devem ser contínuos, porém, não devem possuir remendos (do mesmo material ou materiais diferentes) nos vãos livres entre montantes que possam comprometer o desempenho e a integridade do SPP</b>	(Entrevista)
<b>R: *7. O projeto especifica materiais testados que sejam resistentes e duráveis às condições normais de trabalho</b>	(EN 13374)
<b>C: 11. Os materiais devem resistir à corrosão, cisalhamento, rompimento e/ou deformações</b>	(Entrevista)
<b>R: 8. O SPP é constituído de anteparos rígidos</b>	(NR 18)
<b>C: 12. Estar constituído por uma proteção firme e solida, permanecendo inalterável ao longo do uso , sem afrouxar, folgar ou desmanchar (Entrevista)</b>	(Entrevista)
<b>R: 9. As conexões dificultam a remoção acidental de qualquer componente durante seu uso</b>	(EN 13374)
<b>C: 13. Travamento das conexões entre os componentes: especificação da quantidade de pregos/parafusos necessários, mecanismos de encaixe e bloqueio (pinos de correr, rosca, ganchos, braçadeiras, etc.)</b>	(Entrevista)
<b>R: 10. A inclinação do SPP não deve desviar-se demasiado da vertical, para fora ou para dentro</b>	EN13374)
<b>C: 14. Máximo 15 graus de inclinação</b>	EN13374)
<b>R: 11. O SPP é estável em situações com ventos</b>	EN13374)
<b>C: 15. O SPP resiste à pressão do vento de 600 N/m<sup>2</sup></b>	EN13374)
<b>R: 12. O projeto especifica isolamento de materiais inflamáveis em áreas com risco de incêndio</b>	(Entrevista)
<b>R: 13. É previsto isolamento de materiais condutores de eletricidade em áreas com risco de choque elétrico</b>	(Entrevista)
<b>C: 16. Aterramento elétrico dos SSP metálicos ou uso de dispositivo de proteção nas instalações elétricas que desliga circuito em caso de fuga de corrente elétrica (DDR - Dispositivo Diferencial Residual)</b>	(NR 12)
<b>R: *14. O projeto especifica a espessura dos componentes para evitar lesões e esforços excessivos</b>	(OSHA 1926.502)
<b>C: 18. Mínimo 2,5 cm; Máximo 6 cm</b>	
<b>R: 15. O projeto prevê que o SPP possa ser reaproveitado em obras futuras, estimando sua vida útil</b>	(Entrevista)
<b>R: *16. O projeto prevê que os componentes possam ser reutilizados na mesma obra</b>	(Entrevista)
<b>R: *17. Foram previstas soluções para lidar com possíveis interferências com outros equipamentos</b>	(Entrevista)
<b>C: 19. Detalhes que auxiliem a correta instalação do SPP frente a possíveis conflitos com equipamentos tais como: plataformas de proteção, escoras, entre outros.</b>	(Entrevista)
<b>R: 18. O projeto minimizou a variedade de componentes</b>	(Entrevista)
<b>R: 19. O projeto minimizou a quantidade de</b>	(Entrevista)
<b>R: *20. O projeto especifica o peso por módulo de SPP</b>	(Entrevista)
<b>C: 20. Carga máxima de 23 Kg. para levantamento e movimentação em condições ideais</b>	(NIOSH)

<i>Requisitos / Critérios</i>	<i>Origem</i>
<b>R: 21. A manutenção é simples</b>	(NR 18)
<b>R: 22. O SPP possibilita boa produtividade, nas tarefas de montagem e desmontagem</b>	(Entrevista)
<b>R: 23. O SPP minimizou as perdas e resíduos gerados a partir da montagem e desmontagem</b>	(Entrevista)
<b>R: 24. As conexões entre os componentes são fáceis e rápidas</b>	(Entrevista)
<b>R: 25. Reduzir o esforço físico na execução de tarefas de montagem e desmontagem</b>	(Entrevista)
<b>C: 21. Pulso de Trabalho (PT). Limite: 35 PT em situações de trabalho contínuo</b>	(Grandjean, 1998)
<b>C: 22. Máximo de Frequência Cardíaca (PMFC). Limite: 33% capacidade aeróbica aceitável</b>	(Kodack, 1983; Rodgers, 1986)
<b>C: 23. Posturas desfavoráveis nas categorias de maior risco 3 e 4</b>	(WinOwas)
<b>R: *26. O peso do SPP não exige esforços físicos excessivos na montagem e desmontagem</b>	(Entrevista)
<b>R: *27. O projeto prevê a execução de tarefas sem que o SPP precise ser retirado, eliminando o cinto de segurança</b>	(Entrevista)
<b>C: 24. Especificação de tarefas inerentes ao site, tais como: execução das vedações, limpeza das bandejas de proteção, acesso de materiais/equipamentos, instalação de tubulações, etc.)</b>	(Entrevista)
<b>R: *28. O projeto prevê o uso do mesmo SPP em todas as etapas da obra</b>	(Entrevista)
<b>C: 25. O SPP ideal adapta-se a todas as etapas da obra nas quais existem risco de queda em altura, tais como: forma, estrutura e vedação.</b>	(Entrevista)
<b>R: *29. O projeto ajusta-se às diferentes configurações geométricas, evitando soluções improvisadas</b>	(Entrevista)
<b>C: 26. O SPP ideal ajusta-se à periferia da edificação considerando todos os detalhes e formas específicas do projeto, tais como: planos com muitos recortes, planos curvos, planos em diferentes ângulos, etc.</b>	(Entrevista)
<b>R: *30. O projeto prevê adaptação às diferentes tecnologias construtivas</b>	(Entrevista)
<b>C: 27. O SPP ideal adapta-se a diferentes técnicas e materiais construtivos, tais como: alvenaria, concreto, metal, madeira, outros.</b>	(Entrevista)
<b>R: *31. O projeto prevê facilidades para o acesso de pessoas e materiais</b>	(NR 18)
<b>C: 28. Especificação de módulos com mecanismos de abertura, tais como portões para carga/descarga de materiais e passagem de pessoas.</b>	(Entrevista)
<b>R: *32. O projeto especifica dimensões de componentes fáceis de manipular e transportar</b>	(Entrevista)

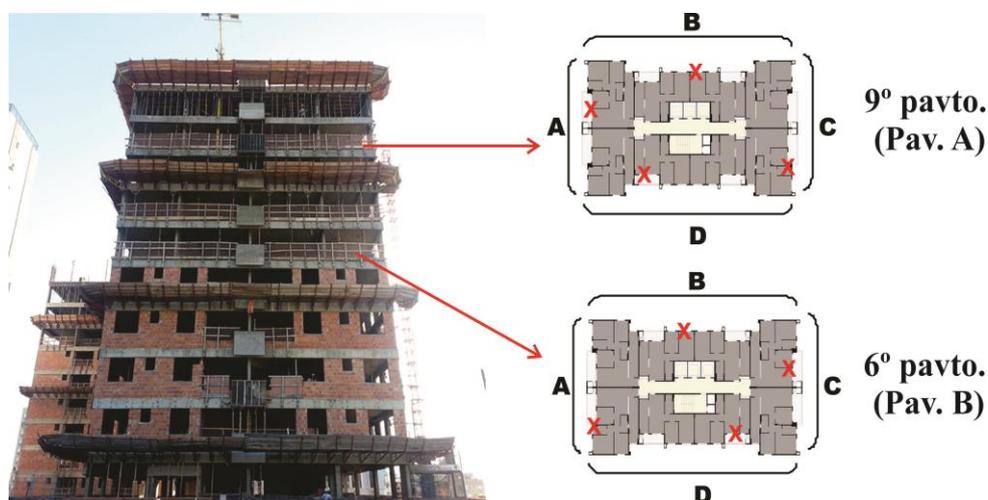
Fonte: Elaborado pela autora

Além disso, foi proposto um sistema de avaliação em quatro níveis: atende (1 ponto); atende parcialmente (0,5 ponto); não atende (0 ponto); e não se aplica. A avaliação, de acordo com estes níveis, deve ser feita tanto na análise de projeto como na análise em uso dos SPP. Com base nos 32 requisitos, 15 podem ser avaliados no projeto e uso, 6 podem ser avaliados apenas em projeto, e 11 podem ser avaliados apenas em uso. A avaliação dos requisitos aplicáveis tanto no análise de projeto como no uso é significativa, uma vez que é possível avaliar quanto do valor acrescentado no projeto, foi perdido.

Em relação ao uso dos SPP, propõe-se que a avaliação deve ser realizada em pelo menos dois andares de cada obra visitada, a fim de representar a variedade de condições contextuais. Em cada pavimento devem ser escolhidos quatro trechos diferentes de SPP na periferia da edificação. Em cada trecho, devem ser escolhidos três módulos adjacentes de SPP para serem avaliados (Figura 7). Ao escolher os pisos e trechos, as piores situações visualmente identificadas devem ser consideradas, tais como aquelas em que há instabilidade ou deslocamento de montantes verticais, rachaduras entre o rodapé e a superfície de trabalho, componentes danificados, entre outros. A pontuação de cada requisito é dado pela média de conformidade entre os dois andares. Por exemplo, o SPP em madeira obteve 63% de

atendimento ao requisito "*minimizar riscos de queda de materiais e ferramentas*". Isto significa que, 63% dos requisitos de todos os trechos avaliados foram atendidos, em média.

**Figura 7.** Escolha dos trechos de SPP a serem avaliados.



Fonte: Elaborado pela autora

Por sua vez, foi proposta uma escala de cores para identificar as médias de atendimento e facilitar a interpretação das figuras de que sintetizam resultados (Figura 8).

**Figura 8.** Escala de cores para identificar as médias de atendimento.

Atende	Atende Parcialmente	Não atende	Não se Aplica

Fonte: Elaborado pela autora

## 5.7 Escolha dos SPP e caracterização das obras visitadas

O protocolo foi testado na avaliação de nove SPP, os quais foram agrupados em três tipos de acordo com os principais materiais constituintes. Tais tipos foram referidos como madeira, metal e mistos. O sistema misto, neste caso, refere-se ao SPP que combina elementos em metal e em madeira. A escolha dos mesmos ocorreu em função dos seguintes motivos: (a) tais sistemas são reconhecidamente os mais comuns na região onde ocorreu o estudo; (b) empresas construtoras locais haviam desenvolvido recentemente projetos de SPP de madeira, metálicos e mistos e as mesmas tinham interesse em uma avaliação independente dos mesmos. O Quadro 4 apresenta as características de cada sistema avaliado.

Quadro 4. Características dos SPP avaliados.

<b>MADEIRA (MA-1)</b>	
Sistema em madeira com tela de proteção. A união dos componentes ocorre mediante pregos. Os montantes são fixados na viga mediante barra de ancoragem, arruela e porca tipo borboleta. <b>Uso:</b> sistema construtivo tradicional, com estrutura de concreto armado moldada in loco.	
<b>MADEIRA (MA-2)</b>	
Sistema em madeira com tela de proteção. A união dos componentes ocorre mediante pregos. Os montantes são fixados à superfície da laje mediante barras de ferro de 8mm. <b>Uso:</b> sistema construtivo tradicional.	
<b>METÁLICO (ME-1)</b>	
Sistema constituído por módulos metálicos, nas dimensões 1,50x 1,30 m. A união dos módulos ocorre mediante encaixe. A fixação dos montantes ocorre em área grauteada da alvenaria, mediante uma alça de ancoragem, já incorporada ao sistema. <b>Uso:</b> sistema construtivo em alvenaria estrutural	
<b>METÁLICO (ME-2)</b>	
Sistema constituído por módulos metálicos, nas dimensões 0,8 m e 1,1m x 1,30 m. A união dos módulos ocorre mediante encaixe, travas e pinos de correr. A fixação dos montantes ocorre na alvenaria grauteada ou viga mediante barra de ancoragem, já incorporada ao sistema. <b>Uso:</b> sistema construtivo em alvenaria estrutural e tradicional.	
<b>MISTO (MI-1)</b>	
Sistema constituído por travessões e rodapé em madeira com tela de proteção e montantes metálicos. A união dos elementos horizontais é mediante encaixe nas alças dos montantes. A fixação à fôrma da viga é do tipo sargento, a qual consiste em braçadeiras reguláveis acopladas ao montante. <b>Uso:</b> sistema construtivo tradicional.	
<b>MISTO (MI-2)</b>	
Sistema constituído por travessões e rodapé em madeira com tela de proteção e montantes metálicos. A união dos elementos horizontais ocorre mediante encaixe nas alças dos montantes. Os montantes são fixados às escoras das lajes mediante uma treliça incorporada aos mesmos. <b>Uso:</b> sistema construtivo tradicional.	
<b>MISTO (MI-3)</b>	
Sistema constituído por travessões e rodapé em madeira com tela de proteção e montantes metálicos. A união dos elementos horizontais é mediante encaixe nas alças dos montantes. Os montantes são fixados na viga mediante barra de ancoragem, arruela e porca tipo borboleta. <b>Uso:</b> sistema construtivo tradicional.	
<b>MISTO (MI-4)</b>	
Sistema constituído por travessões e rodapé em madeira com tela de proteção e montantes metálicos. A união dos elementos horizontais é mediante encaixe nas alças dos montantes. Os montantes são fixados à superfície da laje mediante parafusos. <b>Uso:</b> sistema construtivo tradicional.	
<b>MISTO (MI-5)</b>	
Sistema constituído por travessões e rodapé em madeira com tela de proteção e montantes metálicos. A união dos elementos horizontais é mediante encaixe nas alças dos montantes. Os montantes são fixados na viga mediante barra de ancoragem, arruela e porca tipo borboleta. <b>Uso:</b> sistema construtivo tradicional.	

Fonte: Elaborado pela autora

O Quadro 5 apresenta a quantidade de obras em que cada tipo de SPP foi avaliado. Tais obras correspondem a edifícios residenciais de 4 ou mais pavimentos de sete empresas construtoras de médio e grande porte atuantes na cidade de Porto Alegre e região metropolitana. Os SPP em madeira e mistos eram comumente utilizados pelas construtoras nas obras com sistema construtivo tradicional. A avaliação dos mesmos foi realizada tanto nas fases de montagem e desmontagem de fôrmas, quanto após a retirada dessas, quando já havia a estrutura de concreto armado. Já no sistema de alvenaria estrutural, eram utilizados SPP metálicos e a avaliação foi realizada na única fase em que o sistema era empregado.

No total foram realizadas 33 aplicações do protocolo em 26 canteiros de obra, sendo que o protocolo, em algumas obras, foi aplicado em fases diferentes da construção. Designou-se como a fase de fôrmas desde a montagem das fôrmas de vigas, lajes e pilares, montagem da armadura, a concretagem e a desfôrma. A fase de estrutura, por sua vez, refere-se à etapa posterior à desfôrma até a execução da vedação vertical na periferia.

A coleta de dados, em cada aplicação do protocolo, teve uma duração média de quatro horas entre observações, medições e entrevistas; envolvendo de três a quatro pesquisadores<sup>1</sup>. Em todas as aplicações, inicialmente, foi realizada a avaliação do projeto de SPP conforme a lista de requisitos estabelecidos para esta etapa, seguida da análise em uso em dois pavimentos tipo cada obra visitada.

**Quadro 5.** Quantidade de obras em que cada SPP foi avaliado.

<b>Sistema Construtivo</b>	<b>SPP</b>	<b>Qtde. Obras</b>	<b>Numero de aplicações</b>
Tradicional	MA-1	9	13
	MA-2	3	4
	MI-1	2	3
	MI-2	2	2
	MI-3	1	2
	MI-4	2	2
	MI-5	2	2
Alvenaria Estrutural	ME-1	4	4
	ME-2	1	1
<b>Total</b>		26	33

Fonte: Elaborado pela autora

<sup>1</sup>Engenheiro Civil, Mestrando em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).  
Engenheiro Civil, Mestrando em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).  
Engenheiro Civil, Pesquisador de Pós Graduação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).  
Arquiteta, Mestranda em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

## 5.8 Fontes de evidência

A fim de facilitar a aplicação do protocolo, foram definidas as fontes de evidências para avaliar cada requisito. Por exemplo, requisitos vinculados ao projeto do SPP exigem a análise de especificações, dimensões, materiais e procedimentos de execução, entre outros. Similarmente, a avaliação da resistência dos SPP aos esforços solicitantes necessariamente requer a consulta aos laudos técnicos de ensaio laboratorial. Já outros requisitos exigem a análise em uso, principalmente aqueles associados às tarefas de montagem e desmontagem do SPP. Ainda, outros requisitos exigem a realização de entrevistas com a gerência da obra, trabalhadores e projetistas, como no caso dos requisitos "o SPP tem baixo custo ao longo do ciclo de vida" e "os componentes do SPP podem ser reaproveitados em obras futuras". Foram utilizadas técnicas específicas disponíveis na literatura para avaliar certos requisitos. Por exemplo, para o requisito "reduzir o esforço físico nas tarefas de montagem, desmontagem e transporte do SPP", foi usada a proposta de Kodak (1986), que estabelece uma fórmula para o cálculo do percentual máximo de frequência cardíaca (PMFC). Esse percentual é calculado da seguinte forma:

$$PMFC = (FC_{\text{média}} - FC_{\text{repouso}}) / (FC_{\text{máxima esperada}}^* - FC_{\text{repouso}})$$

\* onde a frequência cardíaca máxima esperada é calculada da seguinte forma: 220 - idade em anos (RODGERS, 1986).

De acordo com Kodak (1986), o PMFC de 33% é um limite máximo adequado para a maioria dos trabalhadores que exercem atividades industriais, em turnos de 8 horas. Este limite foi adotado como critério base para este estudo. As tarefas de montagem e desmontagem em todos os casos foram realizadas por dois trabalhadores (operário + auxiliar). Desta forma, para cada SPP, os dados de FC foram coletados durante 30 minutos, para o operário o qual realiza as principais tarefas de montagem e desmontagem. Os resultados apresentados na seção 6.2 correspondem à PMFC média dos trabalhadores envolvidos em cada SPP avaliado. Outro requisito de eficiência diz respeito às posturas assumidas pelos trabalhadores nas tarefas de montagem e desmontagem, as quais foram avaliadas utilizando o *software* WinOwas (KIVI e MATTILA, 1991). Esta ferramenta baseia-se no Sistema de Análise de Trabalho Postura Ovako (OWAS), que abrange as posturas de trabalho mais comuns e facilmente identificáveis para as costas, braços e pernas. A ideia básica dessa técnica observacional é coletar dados através de observações posturais realizadas em intervalos definidos durante um período de tempo definido (MATTILA; VILKKI, 1999). Neste estudo foram realizadas 15 observações a cada 30 segundos. De acordo com Mattila e Vilkki, 1999, o risco de ferimentos devido a posturas de trabalho podem ser classificados em quatro categorias, variando de risco 1 (não é necessária nenhuma ação corretiva) a risco 4 (são necessárias ações corretivas). Os resultados apresentados na seção 6.2

correspondem ao análise do WinOwas das posturas dos trabalhadores envolvidos em cada SPP avaliado. A Figura 9 apresenta um trecho do protocolo, incluindo exemplos de requisitos (**R**), critérios (**C**), e fontes de evidência. Visando a permitir a rastreabilidade dos requisitos e critérios, foi listada do lado de cada um, a fonte que deu origem aos mesmos. A versão completa do protocolo pode ser consultada no Apêndice 1 deste trabalho.

**Figura 9.** Extrato do Protocolo.

Etapa 1 - Análise do Projeto de SPP		
Antes da visita à obra, solicitar à empresa construtora o projeto do SPP. Avaliar os requisitos de projeto a fim de se familiarizar com o mesmo e antecipar características críticas a levar em conta na próxima etapa (análise em uso).		
<b>Requisitos</b>		
<b>Segurança</b>		
<b>R:</b> O projeto especifica a resistência às cargas estáticas previstas pela norma (NR 18)		
<b>C:</b> Carga pontual de 150 KgF/m. no travessão superior e montante, 70 KgF/m. no travessão intermediário e rodapé (NR-18).		SIM/AP/ NÃO/NA
<b>Eficiência</b>		
<b>R:</b> O projeto prevê que o SPP seja reaproveitado em obras futuras, estimando sua vida útil (Entrevista)		
<b>C:</b> Especificação do período em que o SPP se presta às atividades para as quais foram projetados (NBR 15575)		SIM/AP/ NÃO/NA
<b>Flexibilidade</b>		
<b>R:</b> O projeto especifica componentes fáceis de manipular e transportar (Entrevista)		
<b>C:</b> Os componentes devem ter dimensões que não comprometam a segurança e saúde do trabalhador (NR-17)		SIM/AP/ NÃO/NA
Etapa 2 - Análise em Uso do SPP		
A análise em uso compreende: avaliação do SPP já instalado no local bem como a avaliação da montagem e desmontagem do SPP. A mesma deverá ser acompanhada de registro fotográfico. Os requisitos dimensionais deverão ser verificados com trena métrica. Para avaliar os requisitos sobre esforço físico ver procedimentos no Apêndice 1.		
Requisitos	Pav. A	Pav. B
<b>Segurança</b>		
<b>R:</b> O SPP está fixado à estrutura de acordo com as indicações do projetista ou fabricante (NR 18)		
<b>C:</b> Os mecanismos para fixar o SPP à estrutura estão de acordo com os especificados no projeto (Entrevista)	SIM/AP/ NÃO/NA	SIM/AP/ NÃO/NA
	SIM/AP/ NÃO/NA	SIM/AP/ NÃO/NA
	SIM/AP/ NÃO/NA	SIM/AP/ NÃO/NA
	SIM/AP/ NÃO/NA	SIM/AP/ NÃO/NA
<b>Eficiência</b>		
<b>R:</b> Não há interferências do SPP com outros equipamentos (Entrevista)		
<b>C:</b> Conflitos com equipamentos tais como: plataformas de proteção, andaimes, escoras, entre outros (Entrevista)	SIM/AP/ NÃO/NA	SIM/AP/ NÃO/NA
	SIM/AP/ NÃO/NA	SIM/AP/ NÃO/NA
	SIM/AP/ NÃO/NA	SIM/AP/ NÃO/NA
	SIM/AP/ NÃO/NA	SIM/AP/ NÃO/NA
<b>Flexibilidade</b>		
<b>R:</b> O projeto prevê o uso do mesmo SPP em todas as etapas da obra (Entrevista)		
<b>C:</b> Adapta-se a todas as etapas da obra nas quais existem riscos de queda, tais como: forma, estrutura e vedação (Entrevista).		SIM/AP/ NÃO/NA

Fonte: Elaborado pela autora

## 5.9 Oportunidades de melhoria

A partir dos resultados decorrentes das aplicações do protocolo, foi realizada uma reunião individual com cada uma das empresas construtoras participantes. No total, foram realizadas sete reuniões as quais eram integradas por um engenheiro em segurança ou engenheiro responsável pela obra, e, pelo menos, um técnico em segurança. Por outro lado, como as empresas construtoras não tinham projetistas de SPP em seus quadros, foram realizadas duas reuniões individuais com dois projetistas de SPP que prestam serviços a seis das sete empresas construtoras. As entrevistas individuais foram gravadas e transcritas, tiveram duração média de uma hora e meia, e foram baseadas nos requisitos menos atendidos. A partir das entrevistas buscou-se entender quais as dificuldades das empresas e projetistas em atender os requisitos menos atendidos conforme as avaliações. Isto possibilitou identificar oportunidades de aperfeiçoamentos necessários aos SPP.

## 5.10 AVALIAÇÃO DO PROTOCOLO

Segundo March e Smith (1995), o artefato deve ser avaliado a partir de critérios de valor ou utilidade, possibilitando a verificação do progresso alcançado e sua funcionalidade. Uma pesquisa construtiva bem sucedida, segundo Kasanen, Lukka e Siitonen (1993), deve satisfazer os requisitos básicos das ciências aplicadas, que são relevância, simplicidade e facilidade de uso, e, para isso, deve-se avaliar se a solução realmente funciona. Com base nos resultados da aplicação do protocolo, foram propostos os seguintes constructos para avaliação do mesmo: utilidade e aplicabilidade. O Quadro 6 apresenta os subconstructos e as fontes de evidência adotada para a avaliação.

**Quadro 6.** Constructos, evidências e fontes de evidências para avaliar o protocolo.

	<b>Constructos</b>	<b>Evidências</b>	<b>Fontes de evidência</b>
<b>UTILIDADE</b>	Disseminação das oportunidades de melhoria	Interesse das empresas construtoras participantes e projetistas de SPP nos resultados das avaliações e oportunidades de melhoria	Reuniões e entrevistas
	Auxílio na tomada de decisão	Interesse de utilizar o conjunto de requisitos para auxiliar na supervisão interna dos SPP bem como para projetar os mesmos.	Reuniões e entrevistas
<b>APLICABILIDADE</b>	Facilidade de uso	Facilidade na aplicação do protocolo; facilidade na compreensão e interpretação dos resultados; esforço necessário para aplicar o protocolo.	Observação participante; entrevistas com outros pesquisadores que aplicaram o protocolo; qualificação dos pesquisadores que aplicaram o protocolo; registros do tempo gasto para a aplicação do protocolo
	Transferência da solução	Adaptação do protocolo para os diferentes tipos de SPP (madeira, misto e metálico)	Análise e discussão com outros pesquisadores que aplicaram o protocolo

Fonte: Elaborado pela autora

O constructo utilidade diz respeito à contribuição da ferramenta para aperfeiçoamento dos SPP empregados na construção de edifícios, sendo desdobrado nos seguintes constructos:

- (a) *Disseminação das práticas*: refere-se à utilidade do protocolo como ferramenta para a divulgação das avaliações e oportunidades de melhoria. Para tal, verificou-se o interesse das empresas construtoras participantes e projetistas de SPP em conhecer resultados das avaliações durante a aplicação do protocolo e também na apresentação das oportunidades de melhoria.
- (b) *Auxílio na tomada de decisão*: refere-se à utilização dos resultados da aplicação do protocolo como forma de identificar os pontos fracos e fortes de cada tipo de SPP e priorizar ações baseadas nestes resultados. Também houve interesse de utilizar o conjunto de requisitos para auxiliar na supervisão interna dos SPP por parte das empresas construtoras bem como por parte dos projetistas para conceber os SPP. Essas informações foram obtidas através das reuniões de apresentação dos resultados e da realização de entrevistas com as empresas construtoras e os projetistas de SPP.

Para avaliação do constructo utilidade foram consideradas as seguintes fontes de evidências: reuniões de apresentação dos resultados e *workshops* com as partes interessadas (Quadro 7), bem como a realização de entrevistas com os engenheiros responsáveis da SST das empresas participantes.

**Quadro 7.** Participantes dos seminários e *workshops* de debate e apresentação de resultados.

Data	Participantes	Objetivo	Tipo
25/04/2013	6 Engenheiros em Segurança; 4 Técnicos em Segurança; 4 Fornecedores de SPC (SP, RS); 2 Projetistas de SPC; 1 Representante SINDUSCON / RS; 2 Auditores Fiscais (SRTE/RS); 1 Professora (PPGECiv / UFScar); 1 Professor (PPGEP / UFRGS); 2 Professores (NORIE / UFRGS); 1 Professor (GPSST / UFBA); 1 Professor (Unisinos); 1 Professora (UGR - Espanha); 1 Professor (NCE / USP); 1 Engenheira / Mestranda (PPGECiv / UFScar); 1 Engenheiro/Pesquisador (NORIE / UFRGS);	Apresentação do protocolo proposta pela pesquisadora. Identificação oportunidades de melhorias tecnológicas em sistemas de proteções coletivas em canteiros de obras.	<i>workshop</i>
02/07/2013	6 Engenheiros em Segurança; 2 Técnicos em Segurança; 1 Fornecedor de SPC (RS); 2 Projetistas de SPC; 2 Auditores Fiscais (SRTE/RS); 1 Professor (PPGEP / UFRGS); 2 Professores (NORIE / UFRGS); 1 Professor (Unisinos); 1 Engenheiro / Pesquisador (NORIE / UFRGS);	Apresentação de resultados para avaliação da utilidade e aplicabilidade do protocolo pela pesquisadora. Identificação oportunidades de melhorias tecnológicas em sistemas de proteção periférica em canteiros de obras.	<i>seminário / debate</i>
29/10/2013	6 Engenheiros em Segurança; 2 Técnicos em Segurança; 1 Fornecedor de SPC (RS); 2 Projetistas de SPC; 2 Auditores Fiscais (SRTE/RS); 1 Professor (PPGEP / UFRGS); 2 Professores (NORIE / UFRGS); 1 Professor (Unisinos); 1 Engenheiro / Pesquisador (NORIE / UFRGS);	Apresentação de resultados para avaliação da utilidade e aplicabilidade do protocolo pela pesquisadora. Identificação oportunidades de melhorias tecnológicas em sistemas de proteção periférica em canteiros de obras.	<i>seminário / debate</i>

08/04/2014	8 Engenheiros em Segurança; 4 Técnicos em Segurança; 2 Fornecedores de SPC (SP, RS); 2 Projetistas de SPC; 1 Auditor Fical (SRTE/RS); 1 Professora (PPGECiv / UFScar); 1 Professor (PPGEP / UFRGS); 2 Professores (NORIE / UFRGS) ; 1 Professor (Unisinos) ; 1 Engenheiro / Pesquisador (NORIE / UFRGS)		workshop
------------	---	--	----------

Fonte: Elaborado pela autora

O constructo aplicabilidade da solução está relacionado com a facilidade de utilização do protocolo proposto, sendo desdobrado em dois subconstructos:

- (a) *Facilidade de uso*: refere-se à facilidade na elaboração e aplicação do protocolo, bem como da tabulação e interpretação dos dados obtidos.
- (b) *Transferência da solução*: refere-se à adaptação da estrutura do protocolo para avaliar os diferentes tipos de SPP (madeira, misto e metálico). Para isso, foram consideradas as discussões com os pesquisadores e a análise dos resultados da aplicação.

Para avaliação da aplicabilidade do protocolo, o mesmo foi aplicado por quatro pesquisadores<sup>2</sup> em seis das obras estudadas. O objetivo desta aplicação foi a identificação de dificuldades, percepções dos usuários, qualificação necessária e tempo para aplicar e coletar dados, bem como necessidades de melhorias e adaptações futuras.

---

<sup>2</sup>Engenheiro Civil, Mestrando em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).  
Engenheiro Civil, Mestrando em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).  
Engenheiro Civil, Pesquisador de Pós Graduação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).  
Arquiteta, Mestranda em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

## 6 RESULTADOS

Neste capítulo são apresentados os resultados obtidos ao longo das etapas desenvolvidas nesta pesquisa. Inicialmente, são apresentados os resultados da avaliação dos SPP nas categorias: Segurança, Eficiência e Flexibilidade. Na sequência, foi realizada uma síntese das análises em relação ao nível de atendimento por categoria, nível de atendimento dos requisitos de acordo com a prioridade e nível de atendimento entre projeto e uso. Por último, em função dos requisitos menos atendidos, são apresentadas as oportunidades de melhoria bem como um conjunto de soluções técnicas que podem ser utilizados em diferentes SPP. No final deste capítulo, é discutida a facilidade e utilidade do protocolo de avaliação.

### 6.2 Avaliação de requisitos de segurança

A Figura 10 apresenta os dez requisitos de desempenho quanto à segurança e compara o atendimento aos requisitos de projeto dos diferentes SPP, sendo apresentada uma média das várias obras em que cada sistema é usado. Pode-se observar que os SPP metálicos (SPP-ME) apresentam um grau maior de atendimento que os SPP em madeira (SPP-MA). Isto se deve principalmente à falta de detalhamento dos projetos de SPP-MA. Por exemplo, os projetos dos SPP-MA não apresentavam a especificação das etapas de montagem, desmontagem e manutenção, bem como os correspondentes riscos. Os projetos de SPP mistos (SPP-MI), embora também não especificassem as etapas de montagem, desmontagem e manutenção, possuíam um maior grau de detalhe em função do montante pré-fabricado, o qual tem pouca tolerância a irregularidades na execução, sendo definidas, com precisão, algumas especificações, tais como a quantidade de pregos ou parafusos a serem utilizados na fixação do travessão com o montante, detalhes de reforços ou recortes a serem realizados nos travessões. Um aspecto importante refere-se aos componentes em madeira dos SPP. O requisito 5, considerado como requisito obrigatório pela norma EN 13374 (AENOR, 2004) estabelece que: “o projeto especifica materiais resistentes e duráveis às condições normais de trabalho”. Neste caso, foi constatado que os SPP-MI e SPP-MA atendiam parcialmente ou não atendiam a este requisito. De uma forma geral, constatou-se que a madeira especificada em todos os projetos (*eucalyptus saligna*) não resiste longos períodos de exposição na periferia da edificação, seja pelas atividades que impactam na mesma (desfôrma, carga e descarga de materiais, elevação da alvenaria), seja pelas condições de temperatura e umidade às quais está exposta (Figura 11). A madeira, por ser utilizada em estado natural, normalmente resiste menos ao desgaste às intempéries, em comparação a outros materiais, tais como metais (METROFORM, 2009) e plástico injetado (SECURITY PLAST, 2008). Os projetos não especificam a vida útil do material e muitas vezes a madeira é reutilizada na mesma obra sem uma inspeção rigorosa, reduzindo a resistência e comprometendo o desempenho do SPP. Segundo um dos projetistas de SPP entrevistado, as

empresas que optam pela madeira levam em conta o baixo custo de aquisição e a facilidade de descarte, o que é vantajoso quando a empresa não possui espaço físico para o armazenamento visando ao futuro reaproveitamento dos componentes. Neste sentido, tendo em vista a durabilidade dos componentes em madeira, o item 18.13 da NR-18 (BRASIL, 2014b) exige a aplicação de duas demãos de verniz claro ou óleo de linhaça quente, bem como a realização de inspeções antes da instalação e utilização de elementos de madeira. Além disso, a identificação dos componentes (por exemplo, com etiqueta apontando a data de uso inicial) ajudaria às empresas a ter um melhor controle e rastreabilidade sobre as peças utilizadas nos SPP, possibilitando uma reutilização adequada dentro da obra.

**Figura 10.** Comparação do atendimento aos requisitos de segurança em Projeto.

SPP	SEGURANÇA - Requisitos de Projeto										Média Total
	% de Atendimento	*1.O projeto minimiza riscos de quedas de pessoas (NR 18)	*2.O projeto minimiza riscos de quedas de materiais e ferramentas (NR 18)	3.O projeto especifica resistência às cargas estáticas previstas pela norma (NR 18)	*4. O projeto favorece que sua instalação e remoção sejam feitas com segurança (CCOHS)	*5.O projeto especifica materiais resistentes e duráveis às condições normais de trabalho (EN 13374)	*6.O projeto especifica que travessões, telas e rodapé não devem possuir emendas ou retalhos (EN 13374)	7. O projeto dificulta a remoção acidental de qualquer componente durante seu uso (EN 13374)	*8.O projeto especifica espessura dos componentes para evitar cortes e esforços excessivos (OSHA 19226.502)	9. O projeto especifica isolamento de materiais inflamáveis em áreas com risco de incêndio (Entrevista)	
MA-1	100	100	100	0	50	0	0	100	0	NA	50
MA-2	100	100	100	0	50	0	0	100	0	NA	50
MI-1	100	100	0	0	50	0	100	100	0	0	45
MI-2	100	100	100	0	50	0	100	100	0	0	55
MI-3	100	100	100	0	50	0	100	100	0	0	55
MI-4	100	100	0	0	50	0	100	100	0	0	45
MI-5	100	100	100	0	50	0	100	100	0	0	55
ME-1	100	100	100	100	100	100	100	NA	NA	0	88
ME-2	100	100	100	100	100	100	100	NA	NA	0	88

\* requisitos aplicáveis tanto na etapa de análise de projeto como na análise de uso

■ Requisitos obrigatórios; □ Requisitos 2º grau

**Figura 11.** SPP-MA: (a) rachadura no montante e perda da estabilidade; (b) rachaduras no rodapé e desprendimento do travessão superior e tela; (c) deslocamento de montantes e desprendimento de travessões intermediários; SPP-MI: (d) abertura no rodapé.



A Figura 12 compara as médias obtidas dos SPP empregados na fase de fôrma. Esta comparação limita-se a SPP em madeira e mistos, uma vez que os SPP metálicos não vinham sendo utilizados pelas empresas construtoras participantes. Observa-se que, em relação à fase de fôrma, os SPP-MA-1 teve menor porcentagem de atendimento em comparação com os diferentes tipos de SPP-MI. Os SPP-MA-1 atendiam parcialmente (28%) ao requisito obrigatório 1: "*minimizar o risco de quedas de pessoas*" (NR-18), o qual estabelece alturas mínimas dos elementos horizontais e distâncias máximas entre montantes. O atendimento a este requisito foi influenciado por alguns fatores, tais como a duração relativamente curta da fase de fôrma (entre 7 e 9 dias) e pressões para atingir as metas de prazo da obra. De fato, quatro dos seis engenheiros de segurança entrevistados relataram que os SPP-MA-1 não são suficientemente eficazes por implicarem uma série de tarefas artesanais de alto risco, que demandam tempo e, em consequência, atrasam as atividades subseqüentes, tais como armadura, tubulações elétricas e

concretagem. A Figura 13 mostra um exemplo desta situação onde os SPP-MA-1 ainda não foram instalados apesar de se estar executando tarefas em altura.

Figura 12. Comparação do atendimento aos requisitos de segurança em Uso na fase de fôrmas.

SPP	SEGURANÇA - Requisitos de Uso											
	% de Atendimento	*1. O SPP minimiza riscos de quedas de pessoas (NR18)	*2. O SPP minimiza riscos de quedas de materiais e ferramentas (NR 18)	3.O SPP está fixado à estrutura de acordo com as indicações do projetista ou fabricante (NR 18)	4.O SPP é constituído de anteparos rígidos (NR 18)	*5.A instalação e remoção são feitas com segurança (NR 18/CCOHS)	*6. Os materiais resistem e duram às condições normais de trabalho (EN 13374)	*7. Os travessões, telas e rodapé não têm emendas ou retalhos (EN 13374)	8. As conexões dificultam a remoção acidental de qualquer componente durante seu uso (EN 13374)	9. A inclinação do SPP não deve desviar-se demasiado da vertical, para fora ou para dentro (EN 13374)	10. O SPP é estável em situações com ventos (EN 13374)	*11. Respeita-se a espessura dos componentes para evitar lesões e esforços excessivos (OSHA 19226.502)
MA-1	28	16	85	66	47	43	33	58	100	79	86	58
MI-1	87	72	0	75	72	50	44	50	100	75	100	67
MI-2	100	92	100	79	87	63	69	50	100	75	100	85
MI-3	85	41	38	75	63	44	56	50	75	100	100	67

\* requisitos aplicáveis tanto na etapa de análise de projeto como na análise de uso

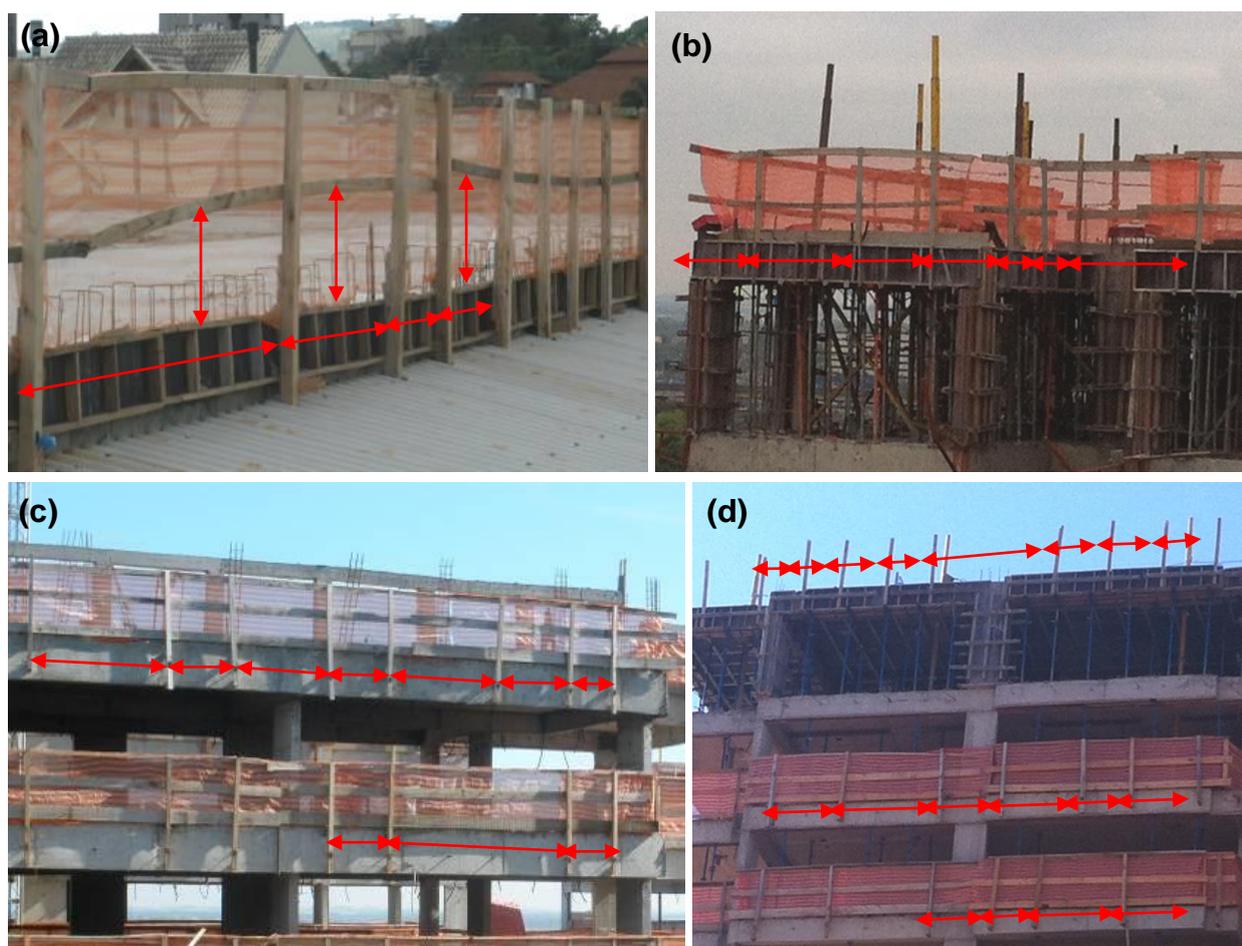
■ Requisitos obrigatórios

Cabe ainda ressaltar que a falta de atendimento ao critério que estabelece distância máxima entre montantes, nesta fase, se reflete na fase de estrutura, uma vez que os montantes devem ser fixados nos mesmos locais (Figura 14). No caso dos SPP-MI em geral, a maior vantagem encontra-se no componente padronizado (montante), o qual evita a variabilidade nas dimensões e alturas do SPP. Contudo, essa variabilidade pode ocorrer se estes montantes forem instalados de modo errado. Por exemplo, as alças incorporadas nos montantes metálicos dos SPP-MI são dispositivos fixos que permitem o encaixe dos travessões, respeitando as alturas exigidas pela NR-18 ao longo da periferia (Figura 15), desde que os montantes sejam ancorados em posições adequadas.

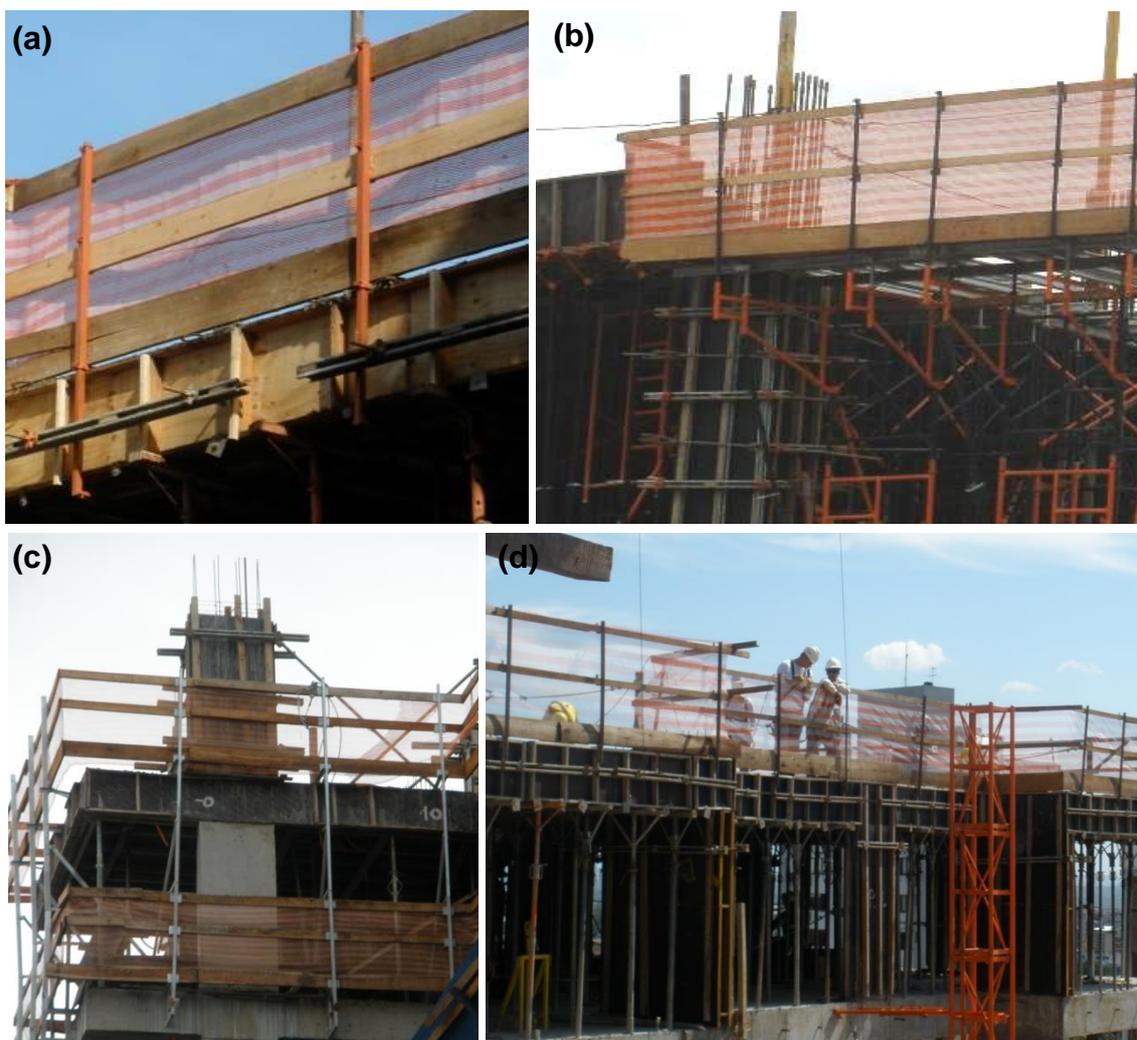
**Figura 13.** Execução de tarefas em altura sem SPP.



**Figura 14.** Exemplos de atendimento parcial ao requisito 1. Distância entre montantes: (a); (b) SPP-MA-1 fase de fôrma; (c); (d) SPP-MA-1 fase estrutura.



**Figura 15.** Exemplo de atendimento ao requisito 1. (a) SPP-MI-1;(b) SPP-MI-2; (c) SPP-MI-3;(d) SPP-MI-4.



A Figura 16 compara as médias de atendimento dos SPP-MA-1, com os SPP-MI e SPP-ME, na fase de estrutura. Pode-se notar que existe um maior atendimento dos SPP-MI e SPP-MA na fase de estrutura em comparação com a fase de fôrma. Isto se deve, principalmente, ao fato de que na fase de estrutura o SPP pode permanecer semanas ou meses na periferia da edificação, sendo retirado somente quando a alvenaria de vedação periférica atingir a altura de 1,0 m ou mais. Contudo, ao comparar os SPP-MA e SPP-MI com os SPP-ME, pode-se observar que os SPP-ME apresentaram o maior grau de atendimento aos requisitos de uso nesta fase.

Figura 16. Comparação do atendimento aos requisitos de segurança em Uso na fase de estrutura.

SPP	SEGURANÇA - Requisitos de Uso											Média Total
	% de Atendimento	*1. O SPP minimiza riscos de quedas de pessoas (NR18)	*2. O SPP minimiza riscos de quedas de materiais e ferramentas (NR 18)	3.O SPP está fixado à estrutura de acordo com as indicações do projetista ou fabricante (NR 18)	4.O SPP é constituído de anteparos rígidos (NR 18)	*5.A instalação e remoção são feitas com segurança (NR 18 - CCOHS)	*6. Os materiais resistem e duram às condições normais de trabalho (EN 13374)	*7. Os travessões, telas e rodapé não têm emendas ou retalhos (EN 13374)	8. As conexões dificultam a remoção acidental de qualquer componente durante seu uso (EN 13374)	9. A inclinação do SPP não deve desviar-se demasiado da vertical, para fora ou para dentro (EN 13374)	10. O SPP é estável em situações com ventos (EN 13374)	
MA-1	62	57	63	79	42	44	38	73	100	95	75	66
MA-2	73	96	100	100	50	50	56	78	NA	97	67	77
MI-3	88	73	63	87	58	38	44	63	87	97	100	73
MI-4	100	87	100	92	75	63	69	75	100	95	100	87
MI-5	100	68	100	81	100	44	50	56	100	90	100	81
ME-1	100	0	100	100	100	100	100	100	100	100	NA	90
ME-2	100	0	50	100	100	100	100	100	100	100	NA	85

\* requisitos aplicáveis tanto na etapa de análise de projeto como na análise de uso

■ Requisitos obrigatórios

Por exemplo, seis dos oito SPP-MA-1 avaliados atendiam parcialmente o requisito obrigatório 5 - "a instalação e remoção do SPP devem ser feitas com segurança" (NR-18 , MTE 2014b / S-2.1, CCOHS 1981). Nessa situação, o atendimento parcial devia-se à falta ou uso incorreto de EPI, uso de ferramentas e equipamentos inadequados, em muitos casos, devido à falta de informação sobre as ferramentas e equipamentos adequados e disponíveis para realizar a tarefa, bem como à ausência de definição de uma sequência de montagem e desmontagem. Uma das situações de maior risco durante a montagem dos SPP é a instalação dos montantes, pois estes componentes são difíceis de manipular (requisito de flexibilidade) e os trabalhadores geralmente ficam com parte do corpo exposto para fora da periferia. Isto vale tanto para os SPP-MA-1 como o SPP-MI-1 e SPP-MI-3. As deficiências de concepção dos SPP contribuem para atos inseguros dos operários, tais como segurar nas escoras para não perder o equilíbrio, utilizar escadas sem

proteção, posicionar-se sobre as plataformas de proteção ou sobre o rodapé para fixar o mesmo, como ilustrado na Figura 17.

**Figura 17.** Exemplo de atendimento parcial ao requisito 5. (a),(b),(c),(d),(e) montagem do SPP-MA-1.



Um exemplo de boa prática no atendimento ao requisito 5 foi observado com o SPP-MI-5, concebido para garantir proteção ao trabalhador sem necessidade de cinto de segurança. Neste caso, as vigas de periferia foram pré-fabricadas e a instalação do SPP-MI-5 ocorreu no térreo, em área isolada e devidamente sinalizada (Figura 18 a,b). Após a instalação, as vigas com os SPP-MI-5 já fixados foram içadas mediante guindaste até seu respectivo pavimento e, com auxílio de uma equipe de segurança, foram posicionadas cuidadosamente para sua posterior união com a estrutura moldada in loco (Figuras 18c e 18d).

**Figura 18.** SPP-MI-5. Exemplo de atendimento ao requisito 5 na montagem.



Na desmontagem dos mesmos, também foram respeitadas as medidas de segurança, uma vez que as ferramentas e equipamentos empregados eram adequados à tarefa, tal como o uso de escada com guarda-corpo no patamar de trabalho (Figura 19).

**Figura 19.** SPP-MI-5. Exemplo de atendimento ao requisito 5 na desmontagem.



Outro exemplo positivo de atendimento ao requisito 5 refere-se ao SPP-ME-2 analisado no sistema de alvenaria estrutural, e que também pode ser utilizado para sistemas construtivos tradicionais. Tal sistema possui um manual que descreve os componentes do SPP e apresenta, passo a passo, o processo de montagem e desmontagem, bem como os EPI e ferramentas a serem utilizadas. Neste caso, não é necessário o uso de cinto de segurança já que o SPP-ME garante proteção aos trabalhadores não só na elevação da alvenaria, à medida que a edificação for subindo (Figura 20a), bem como na montagem e desmontagem do SPP (Figura 20b,c,d).

**Figura 20.** SPP-ME-2. Exemplo de atendimento ao requisito 5 na montagem e desmontagem.



## 6.2 Avaliação de requisitos de eficiência

A Figura 21 apresenta os requisitos de eficiência dos SPP e compara o atendimento a estes requisitos na fase de projeto. Mais uma vez, os SPP-ME obtiveram maior grau de atendimento em comparação com os SPP-MI e SPP-MA. Isto se deve, principalmente, aos mecanismos de conexão entre componentes, tais como encaixes, travas e pinos que facilitam a montagem e desmontagem. Tais mecanismos evitam esforços excessivos ao mesmo tempo que aumentam a

produtividade. Além disso, os componentes de conexão integrados ao montante e este, por sua vez, integrado às telas modulares, diminuem a variedade e quantidade de componentes, além de reduzirem a quantidade de manuseios durante o transporte, diminuindo em consequência, a exposição dos trabalhadores aos riscos nessa atividade.

**Figura 21.** Comparação do atendimento aos requisitos de eficiência em Projeto.

SPP	EFICIÊNCIA - Requisitos de Projeto						Média Total
	% de Atendimento	1.O projeto prevê que o SPP seja reaproveitado em obras futuras, estimando sua vida útil (Entrevista)	*2. O projeto prevê que os componentes possam ser reutilizados na mesma obra (Entrevista)	*3. Foram previstas soluções para lidar com interferências com outros equipamentos (Entrevista)	*4.O projeto especifica que peso por módulo de SPP (Entrevista)	5.O projeto minimizou a variedade de componentes (Entrevista)	
MA-1	0	100	0	0	0	0	16
MA-2	0	100	0	0	0	0	16
MI-1	50	50	0	0	0	100	33
MI-2	50	50	100	0	0	100	50
MI-3	50	50	0	0	0	0	16
MI-4	50	50	0	0	0	100	33
MI-5	50	50	0	0	0	100	33
ME-1	100	100	100	0	100	100	83
ME-2	100	100	100	0	100	100	83

\* requisitos aplicáveis tanto na etapa de análise de projeto como na análise de uso.

■ Requisitos 1º grau; □ Requisitos 2º grau

A Figura 22 compara a porcentagem de atendimento aos requisitos de uso. Destaca-se que dezesseis dos dezoito SPP-MA avaliados não atenderam ao requisito 7 ("*reduzir o esforço físico nas atividades de montagem do SPP*"). Tal requisito foi considerado de primeiro grau ao ser afetado pelo requisito obrigatório "*respeita-se a espessura dos componentes para evitar lesões e esforços excessivos*" (OSHA 19226.502, OSHA 2006) (ver Apêndice 2).

Figura 22. Comparação do atendimento aos requisitos de eficiência em Uso.

SPP	EFICIÊNCIA - Requisitos de Uso											Média Total
	% de Atendimento	1. A manutenção é simples (NR 18)	*2. Os componentes do SPP são reutilizados na mesma obra (Entrevista)	3. Baixo custo ao longo do ciclo de vida (Entrevista)	4. As conexões entre os componentes são fáceis e rápidas (Entrevista)	5. O SPP minimizou as perdas e resíduos gerados a partir da montagem e desmontagem (Entrevista)	*6. Não há interferências com outros equipamentos (Entrevista)	7. Reduzir o esforço físico na execução de tarefas de montagem (Entrevista)	8. As desconexões entre os componentes são fáceis e rápidas (Entrevista)	9. Reduzir o esforço físico na execução de tarefas de desmontagem (Entrevista)	*10. O peso por módulo do SPP não exige esforços físicos excessivos (Entrevista)	
MA-1	100	100	0	0	0	50	0	50	50	NA	0	35
MA-2	100	0	0	0	0	50	0	50	50	NA	0	22
MI-1	50	100	50	100	50	50	100	100	100	100	100	81
MI-2	100	100	50	100	50	100	100	100	100	100	100	91
MI-3	50	100	50	50	0	50	100	100	100	100	0	64
MI-4	50	100	50	100	50	100	100	100	100	100	100	86
MI-5	50	100	50	100	50	50	100	100	100	100	100	81
ME-1	50	100	100	50	100	100	100	100	100	50	100	86
ME-2	50	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	95

\* requisitos aplicáveis tanto na etapa de análise de projeto como na análise de uso.

■ Requisitos obrigatórios; ■ Requisitos 1º grau; □ Requisitos 2º grau

Para a análise deste requisito 7 foi adotado o critério de Percentual Máximo de Frequência Cardíaca (PMFC). De acordo com Kodack (1983) e Rodgers (1986) pode-se considerar que 33% é o limite aceitável do percentual da máxima capacidade aeróbica utilizada. O SPP-MA-1 e SPP-MA-2 são exemplos de não atendimento ao dito requisito, visto que o PMFC registrado em todos os casos foi entre 34% e 36% (acima do máximo), em comparação com os SPP-MI e SPP-ME, que obtiveram um valor abaixo do máximo permitido (Tabela 1). Tais dados correspondem aos PMFC de um trabalhador, durante 30 minutos. Da mesma maneira, ao analisar a carga postural dos SPP-MA, a postura de pé apoiado sobre os dois joelhos curvados ocorreu em 75% das observações, estando então na categoria de risco 4 (alto) conforme o método OWAS (ver Figura 23). Já a postura de costas curvada, encontra-se no limite da categoria de risco 2 (risco médio), existindo em 75% das observações. As posturas desfavoráveis de costas e joelhos devem-se, principalmente, à fixação de peça por peça mediante pregos (Figura 24).

Tabela 1. Resultados da análise de PMFC e OWAS.

SPP	Montagem			Desmontagem		
	PMFC	OWAS		PMFC	OWAS	
		% Observações	Risco		% Observações	Risco
MA-1	36%	75%	4 (alto)	26%	36%	3 (médio-alto)
MA-2	34%	75%	4 (alto)	30%	36%	3 (médio-alto)
MI-1	28%	32%	2 (médio-baixo)	-	-	
MI-3	31%	38%	2 (médio-baixo)	24%	27%	2 (médio-baixo)
MI-5	29%	46%	2 (médio-baixo)	21%	21%	2 (médio-baixo)
ME-1	22%	56%	2 (médio-baixo)	22%	56%	2 (médio-baixo)
ME-2	18%	54%	2 (médio-baixo)	18%	54%	2 (médio-baixo)

Figura 23. Gráfico das posturas analisadas com WinOWAS na montagem do SPP-MA-1.

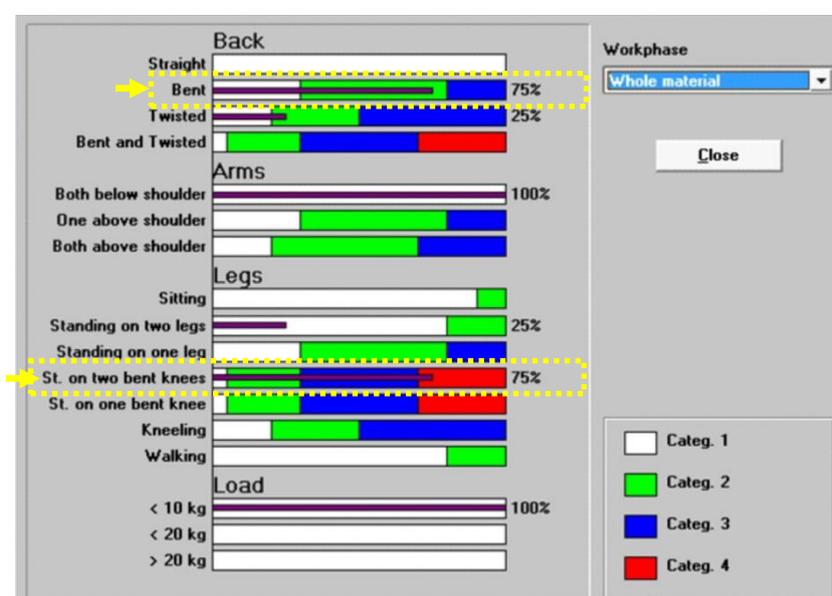
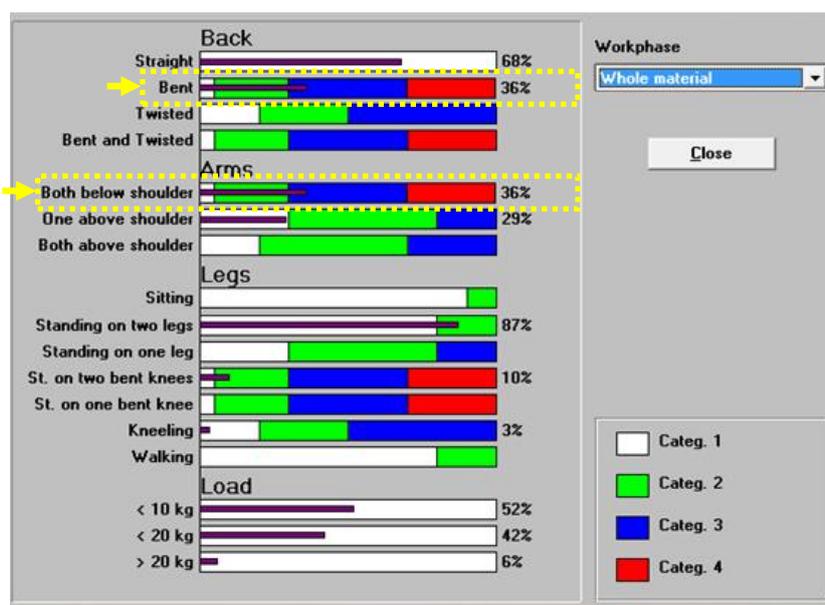


Figura 24. Posturas de pé, apoiado sobre os dois joelhos curvados, e costas curvadas: (a) fixação do componente rodapé do SPP-MA-1; (b) fixação da tela de proteção do SPP-MA-2.

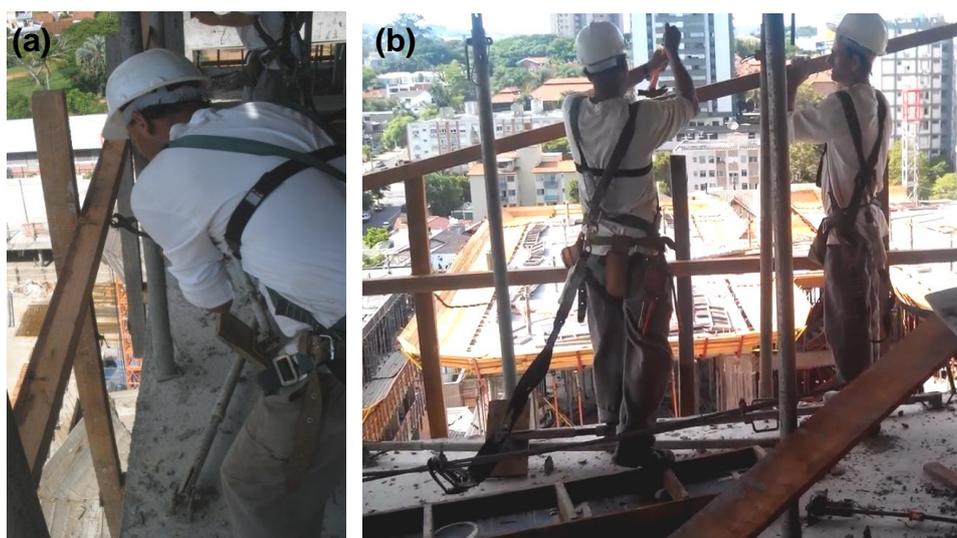


De outro lado, o requisito 9 (“reduzir o esforço físico nas atividades de desmontagem do SPP”), foi atendido parcialmente pelos SPP-MA. Isto se deve a que a desmontagem não implica grandes esforços físicos tais como, pregar ou serrar peças como acontece na montagem. O PMFC registrado foi entre 26% e 30% (abaixo do máximo), mas as posturas de costas curvadas e de braços acima do ombro ocorreram em 36% das observações, estando na categoria de risco 3 (médio-alto) (Figura 25 e 26).

**Figura 25.** Gráfico das posturas analisadas com WinOWAS na desmontagem do SPP-MA-1.



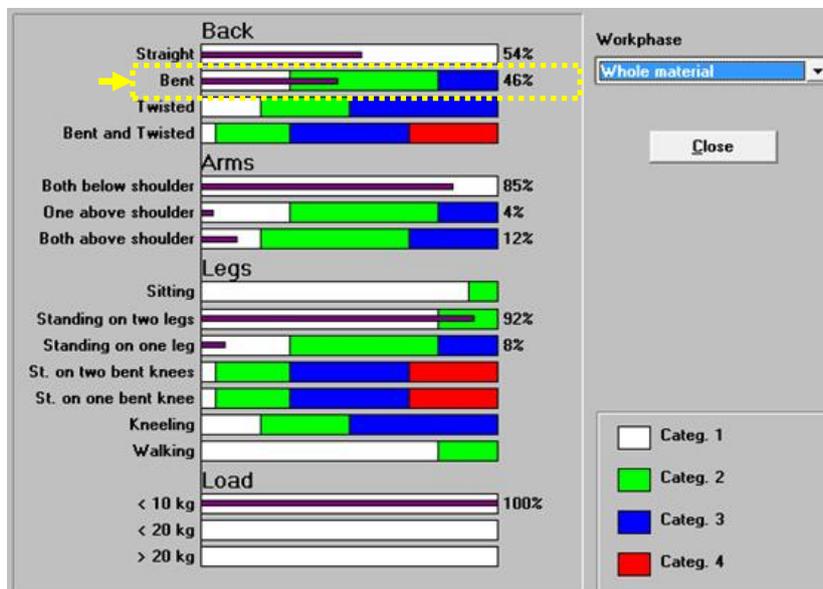
**Figura 26.** Postura de costas curvada: (a) remoção dos pregos do travessão intermediário do SPP-MA-1. Postura de pé e braços acima do ombro (b) remoção travessão superior SPP-MA-1.



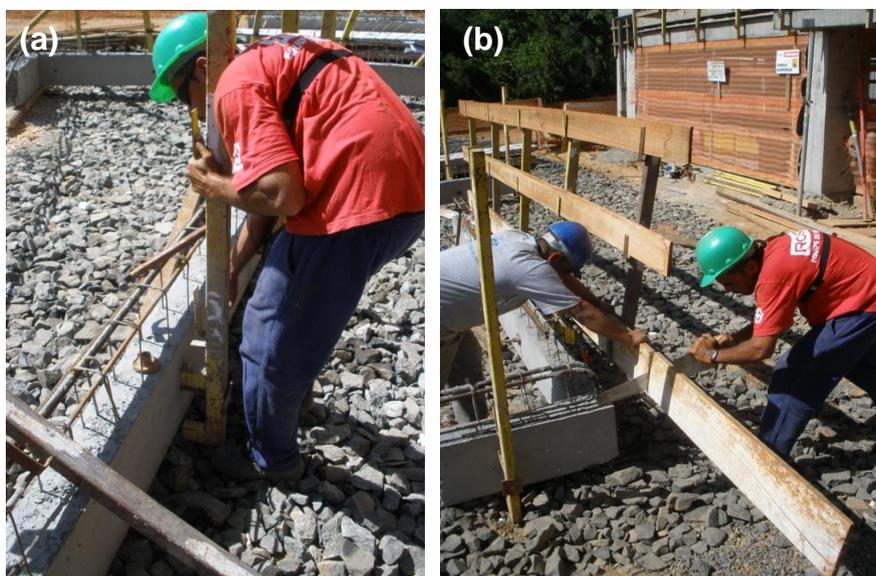
Um exemplo de atendimento ao requisito 7 refere-se ao SPP-MI-5. Embora a postura de pé com as costas curvadas tenha ocorrido em 46% das observações e se encontra na categoria de risco

2 (médio) (Figura 27). Esta postura desfavorável (ver Figura 28) pode ser corrigida, por exemplo, mediante um apoio ou bancada para posicionar as vigas.

**Figura 27.** Gráfico das posturas analisadas com WinOWAS na montagem de SPP-MI-5.



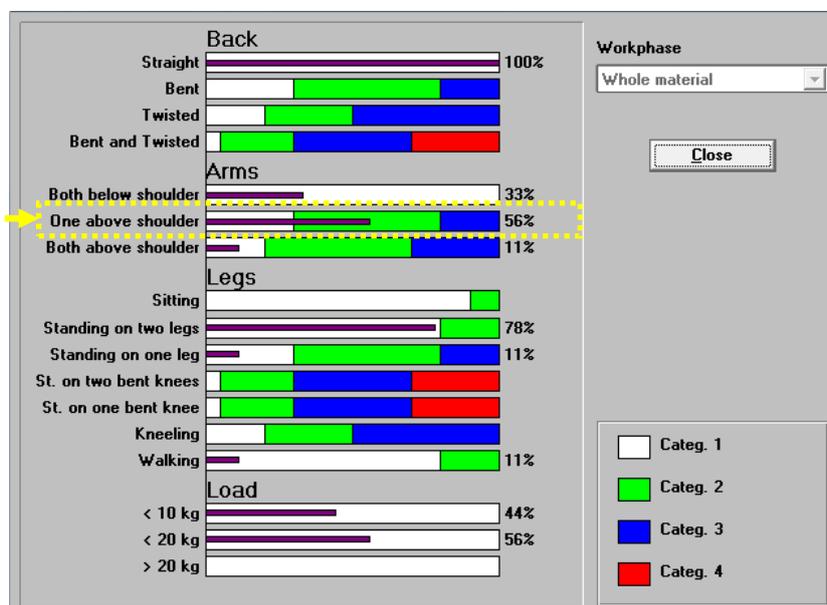
**Figura 28.** Posturas de pé, com as costas curvadas: (a) montagem do montante do SPP MI-5; (b) corte do componente rodapé do SPP MI-5.



Os SPP-ME em geral, apresentam um baixo PMFC. Isto se deve principalmente a mecanismos de conexão simples, como travas e encaixes entre uma pequena quantidade de componentes (tela, montante, rodapé) sem exigir esforços excessivos. No que diz respeito às posturas, em ambos SPP-ME avaliados, verificou-se que a posição mais crítica é aquela que implica manter um braço acima do ombro, o que ocorreu em 56% das observações (Figura 29). Esta postura

encontra-se na categoria de risco 2 segundo o método OWAS e durou, em média, 3 segundos devido à agilidade de instalação do sistema (ver Figura 30).

**Figura 29.** Gráfico das posturas analisadas com WinOWAS na montagem e desmontagem dos SPP-ME.



**Figura 30.** Postura de braço acima do ombro: (a), (b) encaixe das telas aos montantes do SPP ME-2; (c) desmontagem da tela do SPP ME-1; (d) encaixe da tela aos montantes do SPP ME-1.



### 6.3 Avaliação de requisitos de flexibilidade

Os resultados indicaram que os SPP-ME tem um melhor desempenho em relação à flexibilidade, ao ajustar-se a todas as etapas da obra bem como às diferentes configurações geométricas (Figura 31). Por exemplo, os montantes e quadros metálicos dos SPP-ME-2 são reguláveis em comprimento e articuláveis, o que permite uma melhor adaptação à periferia da edificação (ver Figura 32).

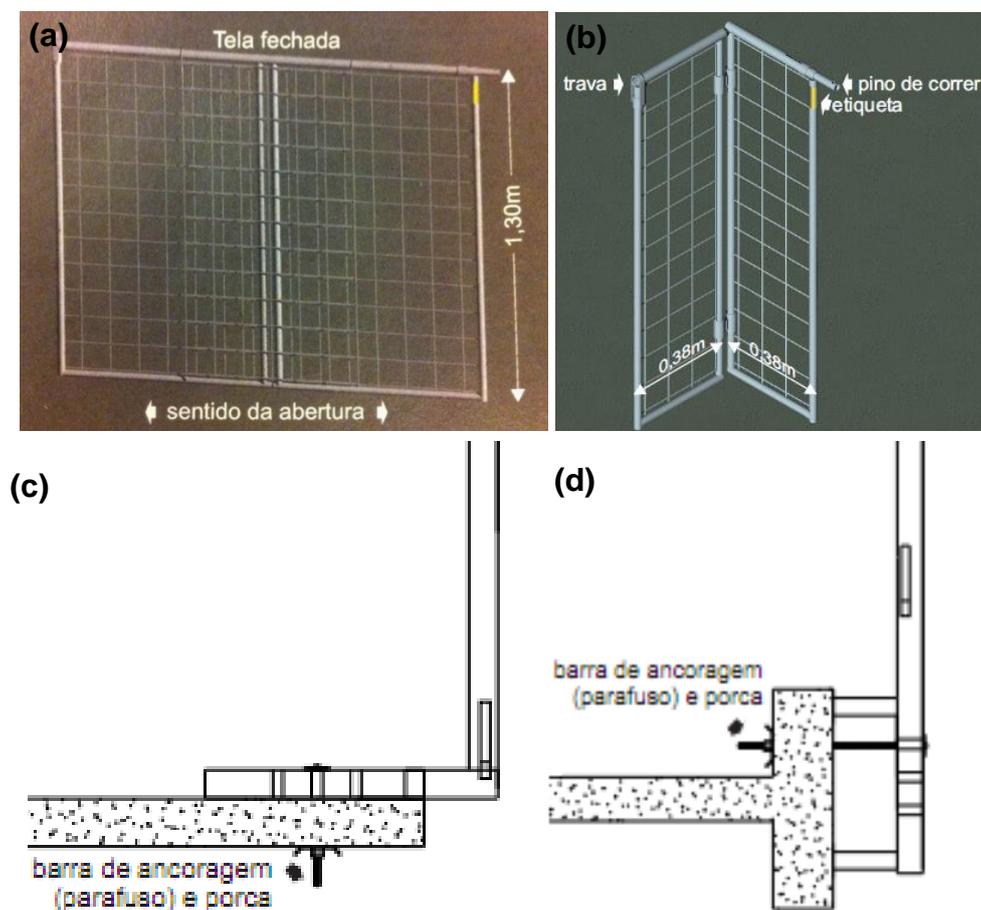
**Figura 31.** Comparação do atendimento aos requisitos de flexibilidade em Projeto.

SPP	FLEXIBILIDADE - Requisitos de Projeto						Média Total
	% de Atendimento	*1. O projeto prevê meios de acesso de pessoas e materiais (NR 18)	*2. O projeto prevê o uso do mesmo SPP em todas as etapas da obra (Entrevista)	*3. O projeto especifica dimensões de componentes fáceis de manipular e transportar (Entrevista)	*4. O projeto prevê a execução de tarefas sem que o SPP precise ser retirado (Entrevista)	*5. O projeto ajusta-se às diferentes configurações geométricas, evitando soluções improvisadas (Entrevista)	
MA-1	0	100	50	100	100	0	58
MA-2	0	0	100	0	0	0	16
MI-1	0	0	100	0	100	0	33
MI-2	0	0	100	100	100	0	50
MI-3	0	100	0	100	100	0	50
MI-4	0	0	100	0	100	0	33
MI-5	0	100	100	100	100	0	66
ME-1	100	100	50	100	100	0	75
ME-2	100	100	100	100	100	0	83

\* requisitos aplicáveis tanto na etapa de análise de projeto como na análise de uso

■ Requisitos obrigatórios; ■ Requisitos 1º grau; ■ Requisitos 2º grau

**Figura 32.** Aspectos de flexibilidade do SPP-ME-2: (a) telas reguláveis em comprimento; (b) telas articuláveis em quina; (c) montante laje em balanço; (d) montante viga de periferia/alvenaria.



Fonte: Scanmetal (2011)

Nos SPP-MA e SPP-MI, o principal aspecto de flexibilidade a salientar é a adaptação a diferentes configurações geométricas, uma vez que os componentes em madeira podem ser recortados e acoplados entre si permitindo ajustar o SPP frente a situações específicas ou inesperadas, somente detectadas no canteiro de obras. No caso dos SPP-ME, o projeto é adaptado a cada obra em particular em função dos diferentes módulos que compõem o SPP.

Outra característica de flexibilidade dos SPP-MA-1, SPP-MI-3, SPP-MI-5 e SPP-ME-2 refere-se à possibilidade de executar a alvenaria de vedação sem precisar remover o SPP, dispensando o uso de cinto de segurança. A Figura 33 compara o atendimento aos requisitos de flexibilidade na fase de uso.

**Figura 33.** Comparação do atendimento aos requisitos de flexibilidade em Uso.

SPP	FLEXIBILIDADE - Requisitos de Uso						Média Total
	% de Atendimento	*1. O SPP prevê meios de acesso de pessoas e materiais a partir da periferia (NR 18)	*2. O mesmo SPP pode ser usado em todas as etapas da obra (Entrevista)	*3. Os componentes são fáceis de manipular e transportar (Entrevista)	*4. O SPP permite a execução de tarefas sem precisar ser retirado (Entrevista)	*5. O SPP ajusta-se às diferentes configurações geométricas, evitando soluções improvisadas (Entrevista)	
MA-1	0	100	50	0	100	0	42
MA-2	0	0	50	0	100	0	25
MI-1	0	0	50	0	100	0	25
MI-2	0	0	50	100	100	0	42
MI-3	0	100	0	100	50	0	42
MI-4	0	0	50	0	100	0	25
MI-5	0	0	50	50	100	0	33
ME-1	50	100	50	100	100	0	66
ME-2	0	100	100	100	100	0	66

\* requisitos aplicáveis tanto na etapa de análise de projeto como na análise de uso do SPP

■ Requisitos obrigatórios; ■ Requisitos 1º grau; ■ Requisitos 2º grau

Um aspecto a salientar refere-se aos SPP-MA-1, SPP-MI-3 e SPP-MI-5, os quais foram atendidos no projeto, mas não no uso, como ocorreu com o requisito 4: "o SPP permite a execução de tarefas sem precisar ser retirado". Algumas das tarefas implicam o acesso de pessoas e materiais a partir da periferia, limpeza de bandejas ou instalação de tubulações. Neste sentido este requisito é considerado de primeiro grau ao ser afetado pelo requisito obrigatório "o SPP prevê meios de acesso de pessoas e materiais a partir da periferia" (NR-18) (ver Anexo 2). Outra das tarefas que o SPP deve permitir é a elevação da alvenaria de vedação externa.

Embora alguns SPP estejam um pouco projetados para fora da periferia, o que permite a execução da vedação, algumas empresas optam por remover o SPP antes ou durante a elevação da alvenaria, enquanto outras preferem manter o SPP instalado até finalizar as tarefas,

requerendo uso de meios para removê-lo, tais como andaimes suspensos. Esta última situação gera riscos adicionais já que muitas vezes os mesmos ficam isolados em locais inacessíveis, podendo cair e atingir aos trabalhadores no nível do solo (Figura 34).

**Figura 34.** (a) remoção do SPP-MA-1 antes da execução de alvenaria; (b) situação do SPP-MA-1 após execução de alvenaria; (c) remoção do SPP-MI-5 antes da execução de alvenaria; (d) situação do SPP- MI-5 após execução de alvenaria.



Por outro lado, nos SPP-ME, os projetos em geral não preveem meios de acesso de pessoas e materiais a partir da periferia (requisito 1). Já na análise em uso dos SPP-ME-1, percebeu-se que foram incorporados pontos de acesso que facilitam o ingresso de pessoas e materiais por meio de módulos com portas tipo cancela ou portões (Figura 35).

**Figura 35.** SPP-ME-1. Exemplo de atendimento ao requisito 1.



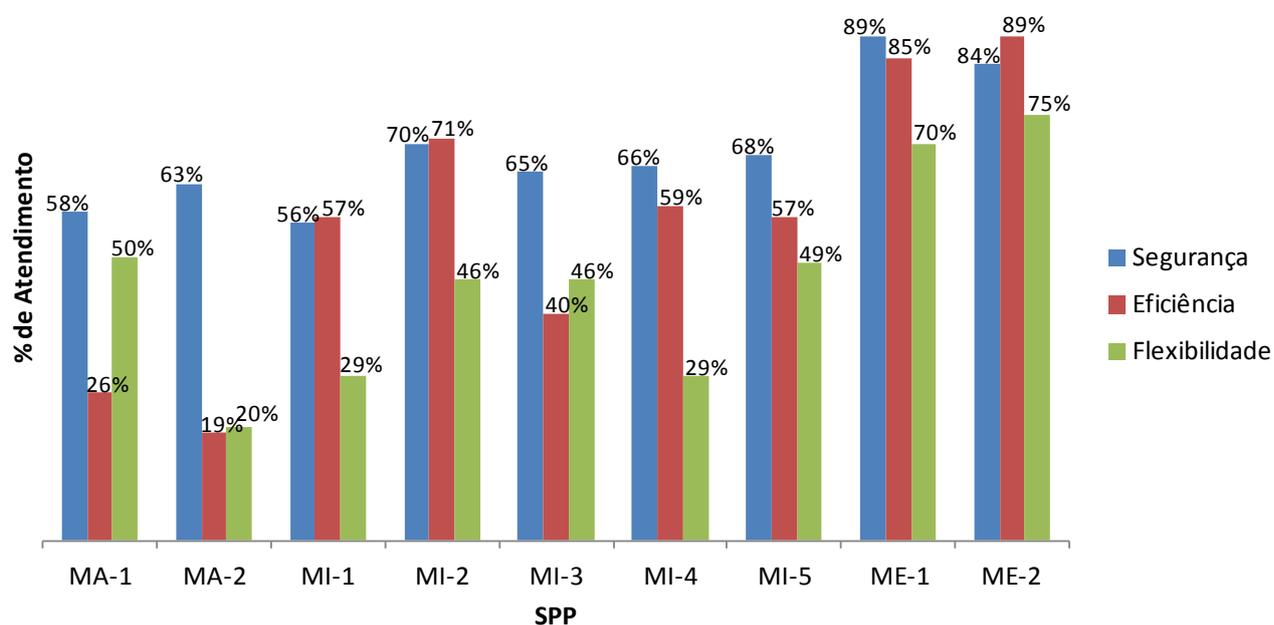
## 6.4 SÍNTESE DA ANÁLISE

### 6.4.1 Nível de atendimento por categoria

A Figura 36 sintetiza a média total de atendimento por categoria de cada SPP avaliado. Dos nove tipos diferentes de SPP, os SPP-MA obtiveram um desempenho em segurança e flexibilidade similar a alguns SPP-MI. Isto se deve principalmente a que ambos possuem características semelhantes, tais como: (a) a capacidade de adaptação ao local de trabalho; (b) o uso da madeira e tela de proteção, que, em muitos casos, não resiste às condições de trabalho; (c) as conexões entre componentes - embora não sejam as mesmas entre os SPP-MA e SPP-MI, ambos requerem a utilização de pregos sendo, em muitos casos, insuficiente ou inexistente; (d) a instalação e remoção do SPP - os SPP-MI-3 e SPP-MI-5 possuem o mesmo tipo de montante que os SPP-MA, o qual torna difíceis as tarefas de montagem e desmontagem em altura por requerer a exposição do corpo para fora da periferia.

Contudo, os SPP-MI apresentam melhor grau de atendimento aos requisitos de eficiência em relação aos SPP-MA. Por outro lado, os SPP-ME apresentaram melhor desempenho à segurança, eficiência e flexibilidade em comparação com os SPP-MA e SPP-MI. Pode-se observar que, na categoria segurança, os SPP-ME superam em 25% aos SPP-MA e SPP-MI e tiveram um resultado 67% mais elevado na categoria eficiência que os SPP-MA e 33% que os SPP-MI. Já na categoria flexibilidade os SPP-ME ultrapassam aos SPP-MA e SPP-MI num 40%. A principal vantagem dos SPP-ME deve-se a um sistema compacto com dispositivos incorporados e materiais que resistem e duram às condições de trabalho.

Figura 36. Média total de atendimento por categoria.



Fonte: Elaborado pela autora

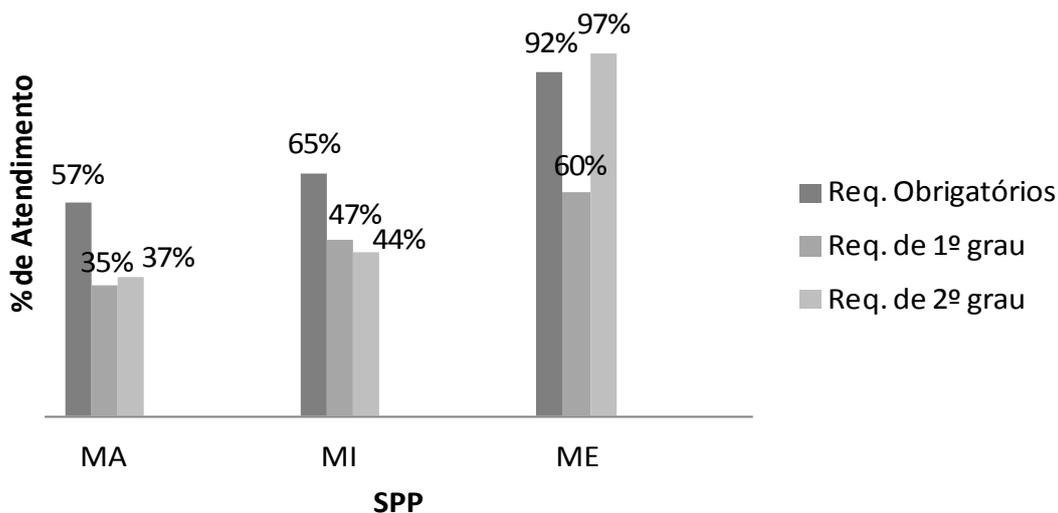
#### 6.4.2 Nível de atendimento aos requisitos

A Figura 37 sintetiza a média total de atendimento à requisitos obrigatórios, de primeiro e segundo grau. Os SPP-ME tem melhor atendimento aos requisitos obrigatórios em comparação com os SPP-MA e SPP-MI. O atendimento a requisitos obrigatórios resulta similar ao atendimento da categoria segurança uma vez que treze dos quinze requisitos obrigatórios correspondem a esta categoria. Em relação aos requisitos de primeiro grau, mais uma vez os SPP-ME apresentam maior grau de atendimento em comparação com os SPP-MA e SPP-MI. Tais SPP atenderam a menos da metade destes requisitos, devido principalmente à falta de atendimento ao requisito que estabelece "*o projeto prevê o reaproveitamento do SPP estimando a vida útil dos materiais*" bem como "*o projeto prevê que o SPP seja reutilizado na mesma obra*". Tais requisitos são afetados pelo requisito obrigatório "*o projeto especifica materiais resistentes e duráveis às condições normais de trabalho*" (EN 13374).

Isto significa que a especificação de materiais de alta resistência mecânica tais como, aço ou plásticos de alto impacto, não só garantem a reutilização do SPP dentro da obra, resistindo a cada uma das etapas na quais é empregado, bem como permite o reaproveitamento do SPP em obras futuras. Ao mesmo tempo, tais requisitos são também influenciados por outro requisito obrigatório, o qual estabelece que "*a manutenção deve ser simples*" (NR-18). Neste sentido, o reaproveitamento do SPP em obras futuras bem como sua reutilização dentro da obra, vão

depender da fácil manutenção do SPP e de materiais resistentes e duráveis às condições de trabalho. Se a manutenção de um SPP se tornar uma tarefa custosa, demorada e requerer mão de obra especializada, a reutilização dentro do canteiro de obras pode não ocorrer na mesma velocidade que outros SPP de fácil manutenção.

**Figura 37.** Média total de atendimento à requisitos obrigatórios, de 1º grau e 2º grau.



Fonte: Elaborado pela autora

Por outro lado, apesar de os requisitos de segundo grau não serem exigidos nem afetados por requisitos obrigatórios, os SPP-MI e SPP-ME possuem um melhor atendimento em comparação com os SPP-MA. Apesar disso, os requisitos que estabelecem se o projeto especifica o peso por módulo do SPP bem como se o SPP adapta-se a diferentes tecnologias construtivas não foi atendido por nenhum dos SPP avaliados. Os SPP-MI e SPP-ME também obtiveram maior atendimento ao requisito "o SPP possibilita a boa produtividade nas tarefas de montagem e desmontagem" já que resultaram mais eficientes em comparação com os SPP-MA. Neste sentido, a produtividade nas tarefas de montagem e desmontagem vão depender da quantidade e variedade de componentes bem como do peso do SPP, entre outros.

#### 6.4.3 Nível de atendimento entre projeto e uso

Na Figura 38 compara-se o grau de atendimento a requisitos entre projeto e uso para cada SPP avaliado, considerando-se apenas os requisitos aplicáveis a ambas as fases. Pode-se observar que nos SPP-ME houve uma pequena perda de valor entre o projeto e o uso. A diminuição no atendimento se deve principalmente à falta de cumprimento ao requisito "minimizar riscos de

quedas de materiais e ferramentas". Embora os projetos de SPP-ME especifiquem o componente rodapé, no uso o mesmo é rejeitado pelos trabalhadores, pelo fato de ser concebido como um elemento solto da tela de proteção, o que implica mais tempo e esforço no momento da instalação. Também, em alguns casos, os SPP-ME não atenderam ao requisito que estabelece que o SPP deve estar fixado à estrutura de acordo com as especificações do fabricante ou projetista. Por exemplo, na montagem dos SPP-ME-2 não foi respeitada a condição sugerida pelo fabricante, a qual indica que a fiada de blocos onde são fixados os montantes deve ser reforçada com concreto ou similar.

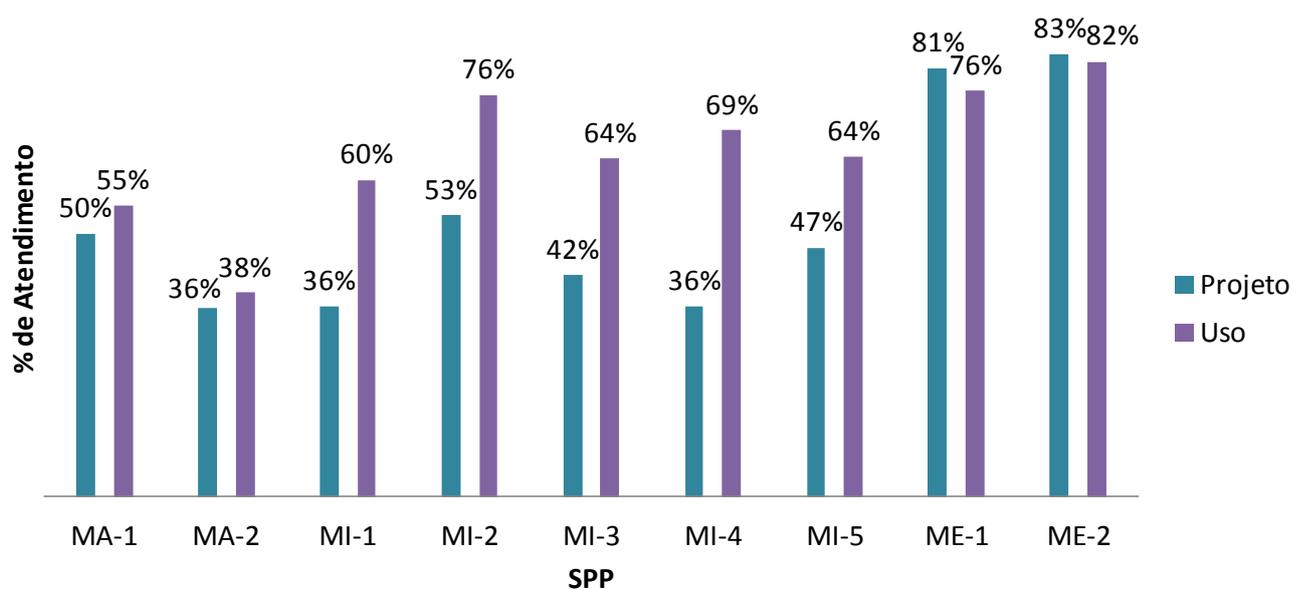
De outro lado, os SPP-MA e SPP-MI apresentam menor atendimento aos requisitos de projeto em comparação com os requisitos de uso. Isto se deve, em muitos casos, a falta de soluções de projeto para, por exemplo, lidar com interferências com outros equipamentos tais como, bandejas de proteção, escoras, andaimes suspensos, entre outros; adaptar-se a todas as fases da obra; reduzir o esforço físico bem como minimizar o número de resíduos gerados a partir da montagem e desmontagem, entre outros. Outro exemplo refere-se ao requisito que estabelece "a instalação e remoção do SPP devem ser feita com segurança". Para isto, o critério utilizado para avaliar este requisito é a existência de uma sequência de montagem e desmontagem bem como de procedimentos de segurança. Tais informações não foram encontradas em projetos ou manuais de execução. Desta maneira, na análise em uso, foi observado que as sequências e procedimentos de segurança eram executados com base na experiência e conhecimento do trabalhador e, em alguns casos, eram supervisionados pelo técnico em segurança.

Embora os SPP-MA e SPP-MI apresentem menor atendimento aos requisitos de projeto em relação aos requisitos de uso, em alguns casos também houve perda de valor entre o projeto e o uso. Por exemplo, o requisito "*os componentes do SPP são fáceis de manipular e transportar*" é atendido no projeto uma vez que as dimensões dos componentes do projeto correspondem a um módulo de 1.50 m de comprimento por 1.20 m de altura, o que possibilita a manipulação e transporte. No uso, a montagem e desmontagem dos SPP-MA e SPP-MI raramente é realizada por módulos. Desta forma, para agilizar nas tarefas, as tábuas que conformam os travessões e rodapé são utilizadas com as medidas que vem de fábrica (4.50m - 5.00m) o que, em consequência, dificulta a manipulação e transporte das atividades realizadas em altura, colocando em risco a vida dos trabalhadores.

Em síntese, as comparações entre o projeto e uso indicaram que: (a) os trabalhadores foram capazes, em diferentes graus, de preencher as lacunas em projetos pouco especificados, e como uma desvantagem, tal conhecimento é desconsiderado por projetistas, que não consultam opiniões dos trabalhadores; (b) os projetos de SPP e a padronização não devem ser subestimados, uma vez que estes parecem deixar menos espaço para improvisações ineficazes

durante o uso. Da mesma forma, parece difícil cometer erros de execução quando um bom projeto está disponível. De fato, o pior desempenho de projeto dos SPP metálicos (81% para a ME-1) foi muito melhor do que o melhor desempenho de projeto dos outros tipos de SPP (50% para MA-1 e 53% para MI - 2).

**Figura 38.** Comparação do atendimento entre projeto e uso.



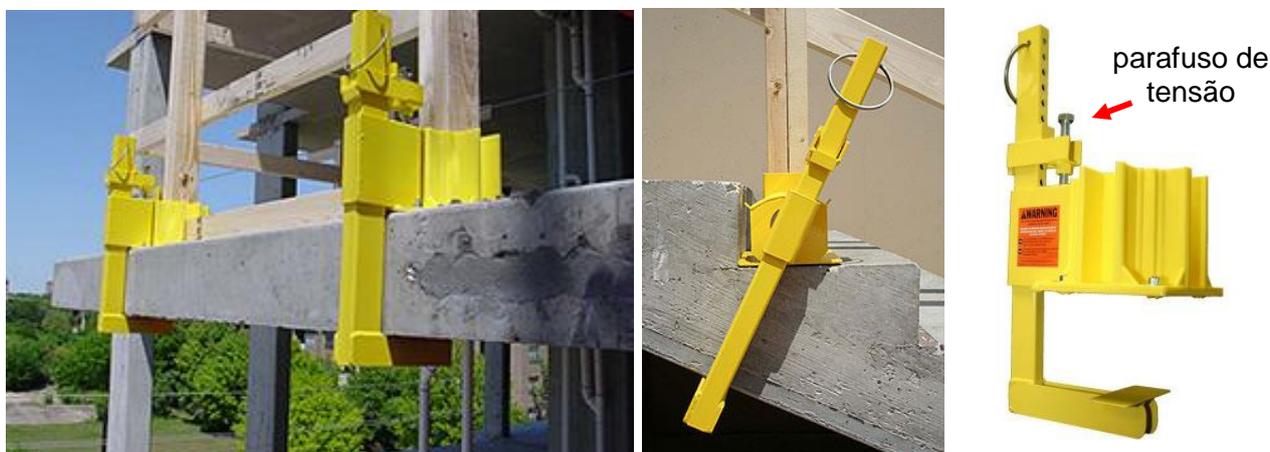
Fonte: Elaborado pela autora

## 6.5 Oportunidades de melhoria

Em função dos requisitos menos atendidos, foram identificados exemplos de SPP disponíveis no mercado nacional e internacional os quais apresentam soluções que contribuem para um melhor desempenho dos SPP avaliados bem como amenizam as dificuldades das empresas em atender ditos requisitos. Foi salientado o baixo atendimento ao requisito *"a instalação e remoção do SPP devem ser feitas com segurança"*, apesar de ser considerado obrigatório por ser exigido pela NR-18 (BRASIL, 2014b). Observou-se que a maioria dos SPP-MA e SPP-MI, cuja instalação e remoção de montantes implica que parte do corpo dos trabalhadores esteja exposto para fora da periferia, aumentam consideravelmente o risco de queda de pessoas (requisito obrigatório). Um exemplo de SPP disponível no mercado foi selecionado para ilustrar as oportunidades de melhoria, conforme Figura 39. O suporte metálico SurShield (2009) foi projetado para atender os requisitos da norma OSHA 1926.502 (OSHA, 1996). Composto por uma alça que abraça a estrutura de sustentação, este suporte encaixa-se sem necessidade de furação e ajusta-se a planos horizontais e angulares tais como escadas.

Esta solução atende ao requisito *"a instalação e remoção do SPP devem ser feitas com segurança"* uma vez que o mecanismo (parafuso de tensão) que fixa o suporte à estrutura de sustentação é de acionamento rápido e não admite falhas, reduzindo a exposição à periferia. Notou-se que seria possível aplicar o protocolo proposto a esta solução já que atende a vários requisitos tais como, *"ajusta-se às diferentes configurações geométricas"* (por ser regulável em altura e permitir o uso em vigas de borda e lajes de diferentes espessuras), *"os componentes podem ser reaproveitados em obras futuras"* (devido ao material em aço carbono), entre outros. Por sua vez, esta solução possibilita a combinação de componentes em madeira oferecendo uma solução mais econômica de acordo com as necessidades.

**Figura 39.** Suporte metálico que pode facilitar a instalação e remoção do SPP.

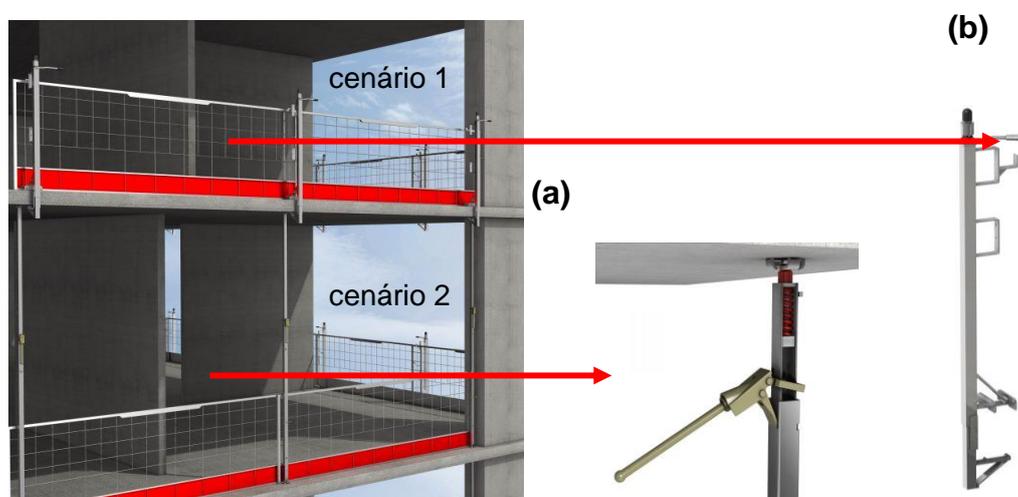


Fonte: SurShield (2009)

Outra alternativa para o atendimento ao requisito *"a instalação e remoção do SPP devem ser feitas com segurança"* são os montantes do SPP Integrity (2010) projetado para atender as normas EN 13374 (AENOR, 2004), OSHA 1926.502 (OSHA, 1996). Os mesmos possuem diferentes configurações adaptando-se aos cenários de uso específico. A Figura 40a ilustra o montante extensível, o qual é instalado na parte interna do pavimento, evitando a exposição à periferia. O mesmo inclui um sistema de bloqueio ajustável para garantir automaticamente a posição e altura desejada.

Por outro lado o montante com braçadeiras fixa-se à laje ou viga de borda mediante uma braçadeira regulável em altura que facilita o encaixe à estrutura de sustentação. O mesmo também possui pequenas braçadeiras ajustáveis em altura permitindo a combinação e travessões em madeira bem como de telas metálicas (Figura 40b).

**Figura 40.** Montante que pode facilitar a instalação e remoção do SPP. (a) detalhe do montante extensível; (b) montante com braçadeiras reguláveis em altura.



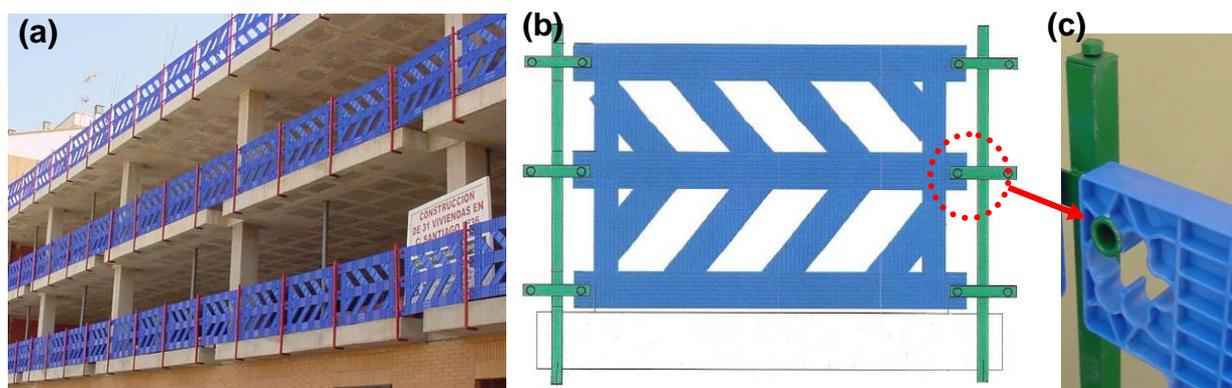
Fonte: Integrity (2010)

Outro dos requisitos menos atendidos refere-se a se os materiais do SPP resistem e duram às condições normais de trabalho, apesar de ser considerado obrigatório por ser exigido pela EN 13374 (AENOR, 2004). Neste caso, os SPP que possuem componentes em madeira tiveram um menor desempenho em comparação com os SPP metálicos. Desta maneira foi constatado que os SPP constituídos de aço galvanizado, aço carbono ou alumínio resistem e duram às condições dentro dos canteiros de obras sem precisar de grandes manutenções. Outra alternativa de materiais resistentes disponível no mercado refere-se ao sistema Security Plast (2008). Este SPP atende aos requisitos normativos da UNE-EN 13374 (2004) e OSHA (1996) e é composto por montantes metálicos e placas fabricadas em material termoplástico de alto impacto. O plástico utilizado recebe um tratamento com aditivos para evitar o envelhecimento e perdas das propriedades mecânicas causadas pelas radiações solares e câmbios de temperaturas (Figura 41 a,b).

Nesta solução também seria possível aplicar o protocolo proposto já que atende a vários dos requisitos identificados. Por exemplo, as placas do SPP em plástico estão constituídas por travessões, e rodapé interligados conformando uma peça única. Isto contribui para o cumprimento do requisito obrigatório o qual estabelece que os travessões, telas e rodapé não devem possuir emendas ou retalhos. Outro atendimento refere-se ao requisito "as conexões entre componentes devem ser fáceis e rápidas" dado que as placas acoplam-se aos montantes através de travas de pressão incorporadas aos mesmos (Figura 41c). Tais mecanismos funcionam como dispositivos a prova de erros uma vez que não admite defeitos nas conexões entre componentes. Além disso, atende ao requisito "O projeto do SPP especifica o peso por módulo" e "o projeto especifica

*dimensões de componentes fáceis de manipular e transportar*" uma vez que identifica o peso das placas + montantes (8 Kg.) e possui dimensões e formatos que agilizam a manipulação e transporte.

**Figura 41.** SPP em plástico de alto impacto resistente e durável as condições normais de trabalho: (a), (b) vista do SPP instalado, (c) travamento entre placas e montante.



Fonte: Security Plast (2008)

O requisito *"o SPP prevê meios de acesso de pessoas e materiais a partir da periferia"*, considerado obrigatório por ser exigido pela NR-18 (BRASIL, 2014b), também obteve baixo atendimento. Na análise em uso, observou-se que, em muitos casos, os trabalhadores removem módulos do SPP para permitir o ingresso de materiais a partir da periferia, comprometendo a estabilidade de todo o sistema. Contudo, estes módulos que ficam abertos nem sempre são fechados imediatamente após o acesso de materiais. Para isso, dentre as oportunidades de melhorias foram selecionados três exemplos.

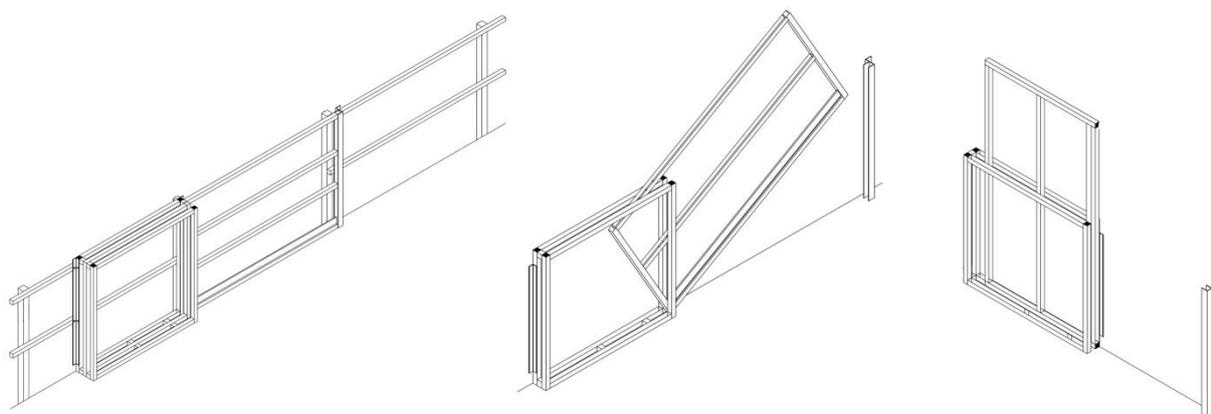
Por um lado, o sistema Grainger (2012), constituído em aço, consiste num sistema de portas tipo cancela e montantes extensíveis, que se adaptam à parte interna do pavimento e se acoplam facilmente a qualquer tipo de SPP (Figura 42). Uma condição para a fixação deste sistema é a existência do pavimento imediatamente superior. Por outro lado, o sistema Schmidt (1998), também constituído em aço, possui módulos que funcionam como portões. Tais módulos giram 90 graus a partir de um único ponto localizado no piso de trabalho sem precisar remover o modulo de lugar (Figura 43).

**Figura 42.** Sistema de porta tipo cancela



Fonte: Grainger (2012)

**Figura 43.** (a) perspectiva do SPP metálico fechado; (b) perspectiva do portão em posição semiaberta; (c) perspectiva do portão em posição aberta.



Fonte: Adaptado de Schmidt (1998)

Outra das dificuldades enfrentadas pelas empresas refere-se ao requisito "o SPP permite a execução de tarefas sem precisar ser retirado". Um exemplo existente no mercado serviu de inspiração para o desenvolvimento de um conjunto de soluções técnicas que podem ser incorporadas a diferentes SPP. O conjunto de soluções foi denominado de recomendação e permite a aplicação do protocolo proposto dado que foi pensado com o objetivo atender a vários requisitos simultaneamente.

O sistema Parapet Clamp (2005) possui um suporte de aço o qual fixa-se à estrutura mediante um mecanismo tipo mordaza, permitindo ajustar-se às dimensões da estrutura (Figura 44).

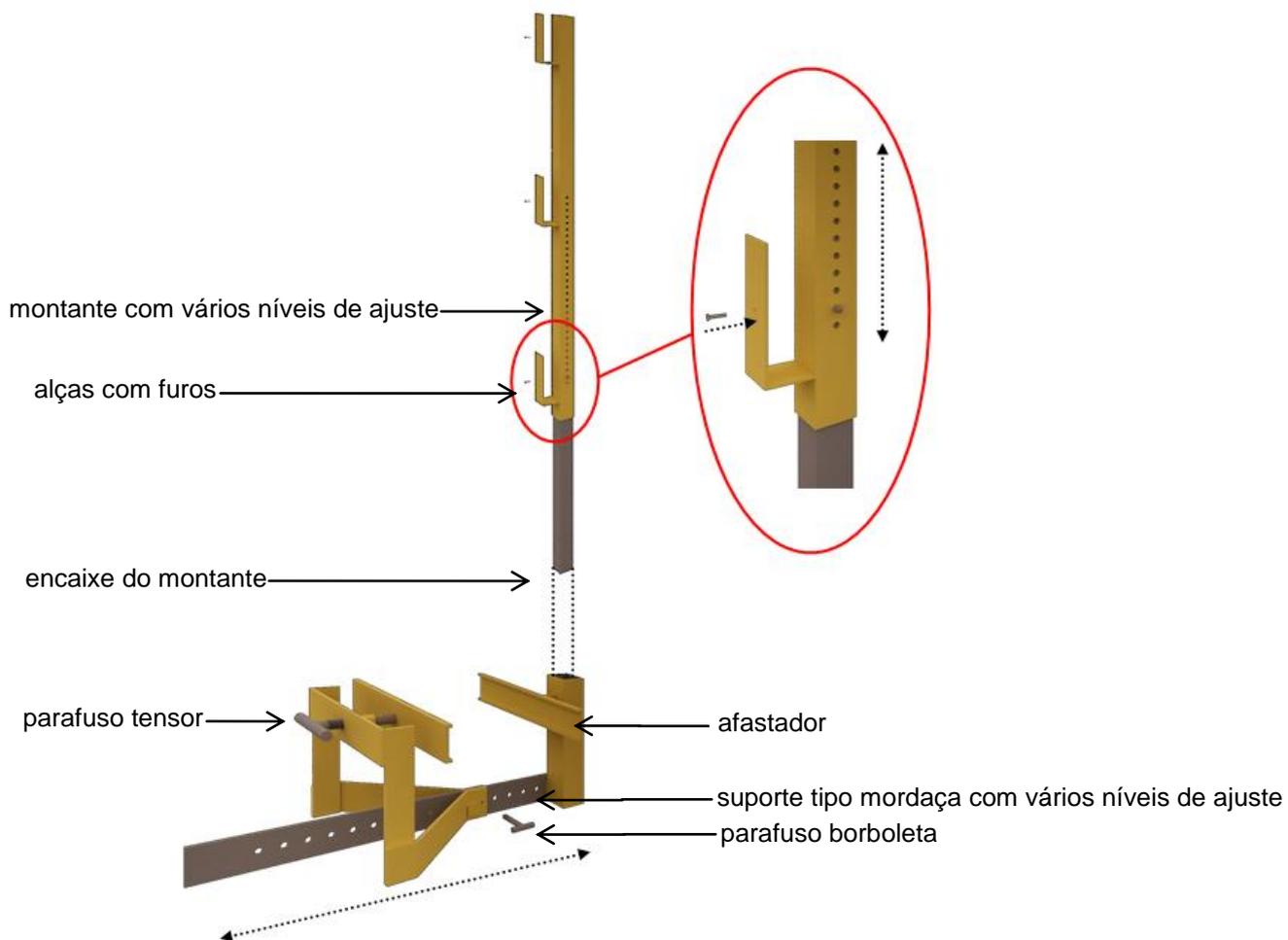
**Figura 44.** Sistema de proteção de parapeitos.



Fonte: Parapet Clamp (2005)

Para o desenvolvimento da recomendação adotou-se o formato em "U" do suporte Parapet Clamp (2005), o qual foi invertido no sentido contrario, isto é, a fixação acontece de baixo para cima na viga de borda (Figura 45 e 46). O bloqueio do montante ao suporte se realiza mediante uma trava incorporada ao montante. Este mecanismo possibilita o ajuste às diferentes alturas da viga de borda, permitindo que a trava se aloje no furo mais próximo da altura desejada (Figura 45). Outra solução incorporada ao suporte é o afastamento à periferia (Figura 45). Similarmente a alguns montantes de SPP avaliados, os afastadores evitam que o SPP fique sobre o piso de trabalho, possibilitando, a execução da alvenaria de vedação.

**Figura 45.** Recomendação. Perspectiva e componentes.



Fonte: Elaborado pela autora

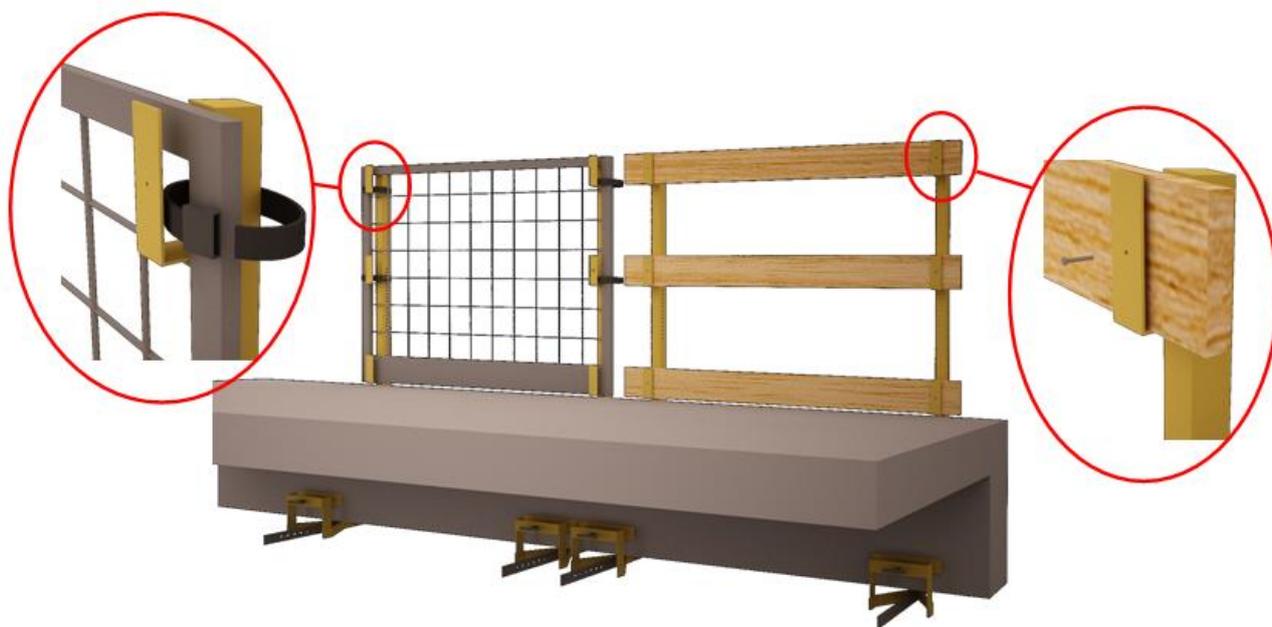
**Figura 46.** Recomendação. SPP instalado.



Fonte: Elaborado pela autora

O montante permite a combinação de componentes em madeira bem como telas metálicas. Por um lado, possui alças com um furo para fixação dos travessões e rodapé mediante pregos (Figura 47). Por outro, o travamento das telas ao montante realiza-se mediante fitas incorporadas as mesmas como ilustra a Figura 47.

**Figura 47.** Recomendação. Combinação de travessões e rodapé em madeira e tela metálica.

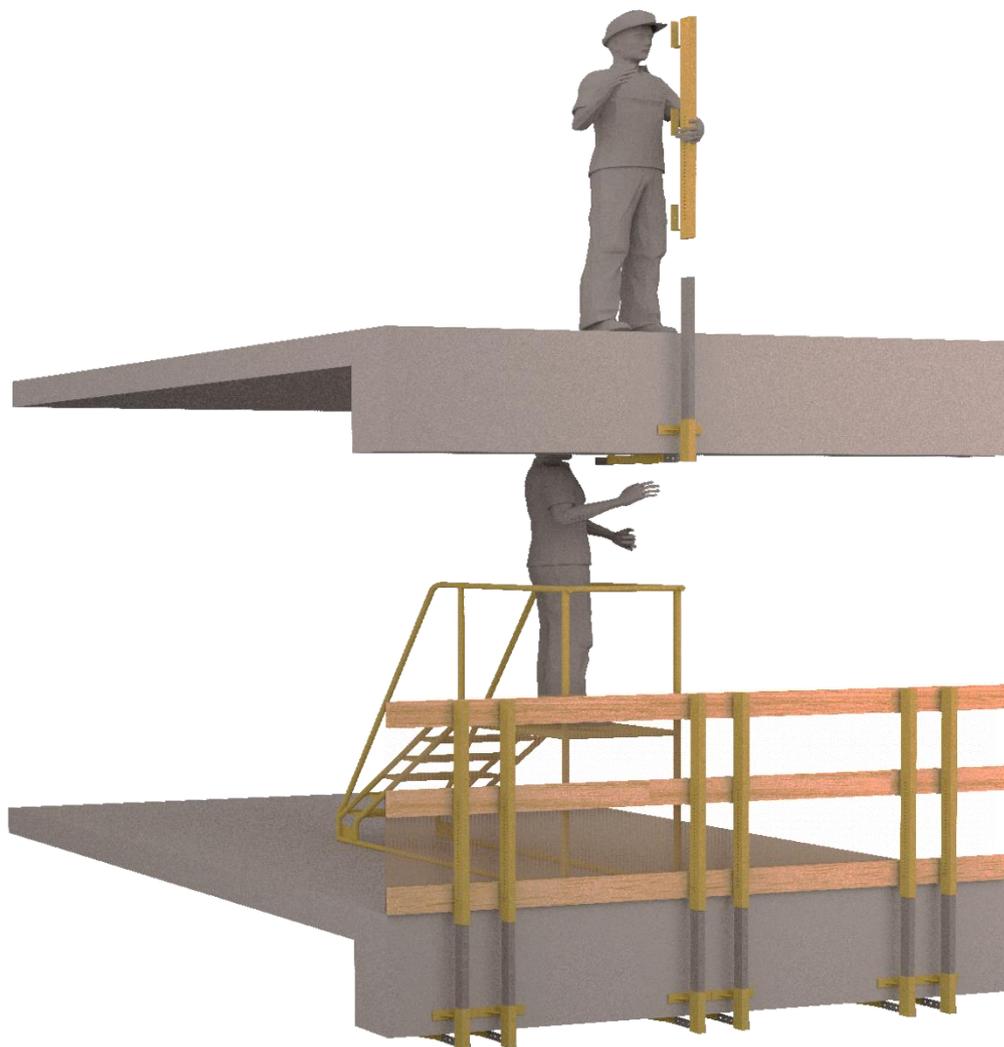


Fonte: Elaborado pela autora

O SPP facilita a instalação uma vez que o trabalhador, com o auxílio de escada com proteção, encaixa o suporte à viga e o aperta mediante um parafuso tensor localizado no lado interno do pavimento. Ao mesmo tempo, no pavimento acima o montante metálico encaixa-se no suporte sem requerer a exposição do corpo para fora da periferia (Figura 48).

A Figura 48 ilustra uma alternativa de como o SPP pode ser instalado. Nota-se que os montantes foram posicionados um do lado do outro para facilitar a desmontagem por módulos (Figura 49).

**Figura 48.** Recomendação. Montagem do SPP

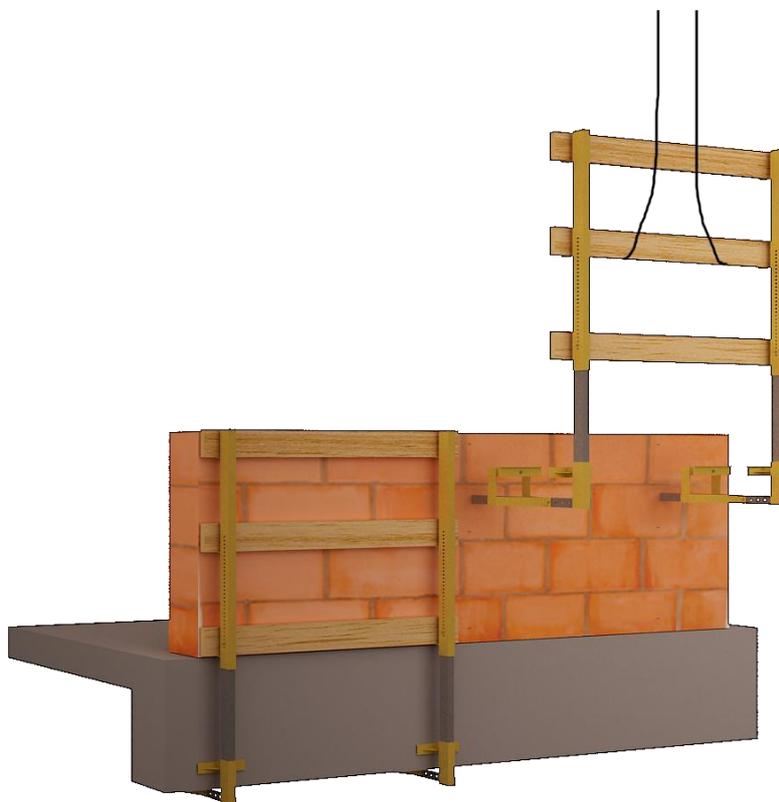


Fonte: Elaborado pela autora

Quando a alvenaria atinge 1,20 m de altura, o SPP pode ser retirado por módulos como ilustra a Figura 49. Este protótipo não só permite a execução de tarefas sem precisar ser retirado bem como facilita a instalação e remoção do SPP. As conexões entre os componentes mediante encaixes e travas facilitam as conexões entre componentes bem como evitam a remoção acidental dos mesmos durante o uso. Da mesma forma, evitam esforços físicos prolongados assim como possibilitam a boa produtividade nas tarefas de montagem e desmontagem.

Na recomendação, as dimensões dos travessões e rodapé adaptam-se às medidas de um módulo de SPP facilitando a manipulação e transporte dos componentes e permitindo a reutilização do mesmo SPP dentro do canteiro, o que, em consequência, minimiza as perdas e resíduos em madeira gerados a partir da montagem e desmontagem.

**Figura 49.** Recomendação. Desmontagem por módulos.



Fonte: Elaborado pela autora

## 6.6 AVALIAÇÃO FINAL DA SOLUÇÃO

### 6.6.1 Utilidade do protocolo

O constructo utilidade foi avaliado em dois aspectos: (a) disseminação das oportunidades de melhoria e (b) auxílio na tomada de decisão. Em relação ao atendimento à disseminação das oportunidades de melhoria, um aspecto positivo da realização deste estudo foi o interesse das empresas participantes nas melhorias apresentadas. Assim, o protocolo permitiu identificar os pontos fracos de cada tipo de SPP, possibilitando a proposição de melhorias ou aperfeiçoamentos.

As empresas construtoras fizeram alguns questionamentos em relação às oportunidades de melhoria, indicando que algumas das soluções, por exemplo, os SPP metálicos ou em plástico, eram demasiado caras para serem adotados integralmente em uma obra. Alguns dos representantes destas empresas indicaram que o custo dos SPP deve ser absorvido pela margem destinada aos custos de prevenção de acidentes de cada obra (entre 1% e 3% do custo total da

obra). Este aspecto foi evidenciado na reuniões de apresentação dos resultados para as empresas, surgindo que a adoção de novos SPP deveria ser de forma gradual para não gerar demasiados impactos nos custos de uma única obra.

Em relação ao apoio à tomada de decisão, representantes de todas as empresas bem como os projetistas de SPP, concordaram que poderiam utilizar o conjunto de requisitos para auxiliar na supervisão interna dos SPP bem como para projetar os mesmos. Os dados obtidos com a aplicação do protocolo permitiram a realização de uma série de análises, seja em relação ao desempenho dos SPP, como no nível de atendimento aos requisitos obrigatórios, fornecendo resultados que podem ser utilizados pelas empresas, projetistas e órgãos governamentais visando nas ações de melhoria.

Alguns dos representantes das empresas construtoras participantes manifestaram o interesse em obter os dados da avaliação e resultados para apresentarem para a diretoria da empresa. Os mesmos demonstraram maior interesse nas notas obtidas em cada categoria e, principalmente, nas diferenças de atendimento entre projeto e uso. Também, um dos auditores fiscais entrevistados manifestou interesse, solicitando os resultados das avaliações.

### 6.6.2 Aplicabilidade do protocolo

O constructo aplicabilidade foi avaliado em dois aspectos: (a) facilidade de uso e (b) transferência da solução.

Em relação à facilidade de uso, durante a aplicação do protocolo, foram analisados aspectos tais como, compreensão dos requisitos e critérios e interpretação dos resultados. Realizaram-se seis aplicações por quatro outros pesquisadores, todos com formação em engenharia civil e experiência entre um e cinco anos. Contudo, foi evidenciado que é necessário certo nível de conhecimento sobre os requisitos das normas bem como das práticas de segurança para a correta coleta de dados. Em diversas ocasiões foi necessário explicar o passo a passo da aplicação do protocolo para melhor entendimento das análises bem como para atribuir a pontuação a cada SPP avaliado. A dificuldade de aplicação foi reduzida através do acompanhamento da pesquisadora na aplicação. Embora tenha permanecido certa dificuldade na pontuação e a análise dos dados pelos demais pesquisadores, a aplicação do protocolo foi adequada.

Quanto ao tempo utilizado na aplicação, observou-se que os demais pesquisadores necessitaram de tempos de aplicação superiores (entre uma e duas horas) em comparação com o tempo da aplicação pela pesquisadora (entre quarenta e cinquenta minutos). Na maioria dos casos foi em

função da dificuldade de compreensão dos requisitos e critérios. Os mesmos indicaram dificuldades em coletar as fontes de evidência, principalmente os projetos de SPP, pois algumas empresas não possuíam os projetos em formato digital. Desta forma, a análise do projeto foi realizada com a documentação disponível no canteiro de obras. Outra das dificuldades encontradas pelos pesquisadores foi em relação à quantidade de informações geradas a partir das avaliações de diferentes SPP.

Sobre à transferência da solução, em relação à adaptação para diferentes equipamentos de segurança, na realização deste estudo o protocolo foi aplicado nos três tipos de SPP (madeira, misto e metálico) mais comumente utilizados em empreendimentos residenciais, mistos (comercial e residencial) e também de médio/alto padrão e de interesse social da cidade sede da pesquisa. Apesar das diferenças nos resultados obtidos, não houve a necessidade de adaptação da ferramenta para aplicação em cada caso.

## 7 CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Esse capítulo apresenta as principais conclusões obtidas a partir da realização dessa pesquisa, assim como as sugestões para trabalhos futuros.

### 7.1 CONCLUSÕES

Este estudo apresentou um protocolo para avaliar o atendimento a requisitos de desempenho de SPP. As principais contribuições foram as seguintes: (a) identificação e organização de requisitos (b) identificação de requisitos não citados em normas, a partir da compreensão das necessidades dos usuários; (c) categorização dos requisitos segundo a natureza de cada um. Os dados coletados pelo protocolo proposto permitiram realizar avaliações comparativas do desempenho dos SPP em diferentes empresas. Outra contribuição deste trabalho refere-se à identificação das principais vantagens e desvantagens dos SPP em madeira, mistos e metálicos, considerando um limitado número de tecnologias utilizadas na Região Metropolitana de Porto Alegre.

Por um lado, os SPP em madeira e mistos possuem as seguintes vantagens: (a) baixo custo de aquisição em comparação com os SPP metálicos; (b) componentes de fácil manipulação e baixo peso (entre 9 Kg e 13 kg aproximadamente); (c) adaptação a diferentes configurações geométricas do ponto de vista da maleabilidade do sistema, permitindo cortar e ajustar os comprimentos de acordo com o cenário de uso. Uma das vantagens dos SPP mistos sobre os SPP em madeira é a reutilização dos montantes metálicos, seja dentro da obra bem como em obras futuras.

Por outro lado as principais desvantagens dos SPP em madeira e mistos são: (a) a maior quantidade e variedade de componentes avulsos (10 unidades) em comparação com os SPP metálicos (3 componentes); (b) na fixação dos componentes, pregar manualmente peça por peça sem seguir um critério definido (quantidade e espaçamento dos pregos) faz com que, ao longo do tempo, se perca a rigidez das conexões, favorecendo a remoção acidental dos componentes; (c) baixo reaproveitamento da madeira; (d) alto custo ao longo do ciclo de vida, já que os componentes em madeira precisam de manutenções periódicas e posteriormente são descartados (e) grande volume de perdas e resíduos, em função de cortes e erros de execução gerados a partir da montagem e desmontagem dos mesmos, em comparação com os SPP metálicos; (f) limitada adaptação a diferentes tecnologias construtivas (exemplo, concreto pré-moldado).

Já as principais vantagens dos SPP metálicos são: (a) materiais mais resistentes e duráveis em comparação com os SPP e madeira e misto; (b) baixo número de componentes (3 componentes);

(c) mecanismos de conexão rígidos e seguros entre os componentes mediante encaixes e travamentos integrados ao sistema; (d) alto reaproveitamento; (e) baixo custo ao longo do ciclo de vida; (f) menos perdas e resíduos; (g) fácil de manipular por ser um sistema compacto com dispositivos incorporados; (h) pode ser usado em todas as etapas da obra; (i) se adapta as diferentes configurações geométricas, já que é adequado e acertado previamente no projeto. O principal ponto fraco do SPP metálico refere-se ao projeto do rodapé. Alguns destes sistemas não possuem rodapé ou o mesmo é rejeitado pelos trabalhadores, pelo fato de ser concebido como um elemento solto da tela de proteção, o que implica mais tempo e esforço no momento da instalação.

O protocolo possibilita a coleta de informações sobre os diferentes tipos de SPP que pode ser utilizado na avaliação dos mesmos pelas empresas bem como pelos órgãos de fiscalização, possibilitando análises de desempenho que contribuam para a melhoria dos SPP. Contudo, tanto na aplicação, como na avaliação realizada, percebeu-se que o protocolo deve ser utilizado por usuários que tenham certo conhecimento de normas e práticas de segurança, principalmente as vinculadas a equipamentos de segurança.

O protocolo de avaliação de SPP foi concebido através da abordagem da pesquisa construtiva, que produziu cinco saídas:

Em primeiro lugar, foram desenvolvidos novos **constructos**, tais como os requisitos e critérios de avaliação dos SPP que surgiram a partir das entrevistas e análise bibliográfica e que foram agrupados em três categorias (segurança, eficiência e flexibilidade) - embora alguns requisitos e critérios tem origem nas normas, a maioria eram contribuições originais.

Em segundo lugar, foi desenvolvido um **modelo** das relações entre os constructos (ver Apêndice 2), o que indicou que as exigências podem ter vários tipos de relações, ou seja, podem reforçar-se mutuamente, ou podem estar em conflito.

Em terceiro lugar, um **método** (o protocolo) foi proposto, o que torna claro as premissas adotadas em cada etapa da avaliação. Como tal, o método permite a rastreabilidade e pode ser adaptado a diferentes contextos de regulamentação, bem como a outros tipos de equipamento de segurança.

Em quarto lugar, a **instanciação** do método, que teve a sua utilidade e facilidade de uso avaliada, apontando os benefícios práticos e os recursos necessários para a aplicação do mesmo, de forma a orientar a sua aplicação em outros estudos.

## 7.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

No desenvolvimento desta pesquisa, foram identificadas algumas oportunidades para estudos futuros:

- a) Testar as oportunidades de melhoria identificadas em possíveis soluções tecnológicas, contribuindo para incentivar o setor da Construção a desenvolver inovações;
- b) Refinar e atualizar o conjunto de requisitos e critérios propostos, partindo da premissa que o esforço de identificação de requisitos é um processo que evolui com o tempo e que depende das tecnologias disponíveis;
- c) Ampliar a amostra de estudos, de forma a obter análises estatísticas representativas.
- d) Desenvolver um programa ou aplicativo do protocolo, que possibilite a inserção das informações e o processamento dos dados eletronicamente facilitando e reduzindo o tempo de execução pelo usuário.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDELHAMID, T.; S. EVERETT, J. Identifying Root Causes of Construction Accidents. **Journal of Construction Engineering and Management**, Vol. 126, No. 1, January 2000, pp. 52-60

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15575-1**: Edificações Habitacionais - Desempenho Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro, p. 6-9. 2013.

ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN (AENOR). **EN 13374**: Sistemas provisionales de protección de borde – Especificaciones del producto, métodos de ensayo. Madrid, 2004. 28 p.

ANDERSON, J. Designing for safety in construction – the missed opportunity of the 1994 UK CDM regulations. **Safety & health on construction sites**. CIB: Port Elizabeth, May 2005.

BARRET, P.S; STANLEY, C.A. **Better construction briefing**. Blackwell Science ISBN 0-632 05102-7, 1999.

BAXENDALE, T.; JONES, O. Construction design and management safety regulations in practice progress on implementation. **International Journal of Project Management**, Buckinghamshire, v. 18, p. 33-40, 2000.

BENTLEY, T.A., HIDE, S., TAPPIN, D., MOORE, D., LEGG, S., ASHBY, L. and PARKER, R. **Investigating risk factors for slips, trips and falls in New Zealand residential construction using incident centred and incident-independent methods**. 2006. *Ergonomics*, 49, 62–77.

BINDER, M. C. P.; ALMEIDA, I., M. Acidentes de trabalho: acaso ou descaso? In: MENDES, R. **Patologia do trabalho**. v. 1, 2. ed. São Paulo: Atheneu, 2003. p. 770.

BOBICK, T.G.; MCKENZIE Jr., E.A.; KAU, T.Y. Evaluation of guardrail systems for preventing falls through roof and floor holes. **Journal of Safety Research**, v. 41, p.203–211, 2010.

BOMEL Limited. Falls from height-Prevention and risk control effectiveness. 2003. **Health & Safety Executive**, 428p. Disponível em.: <[http://www.dragonsafetysystems.com/docs/falls\\_from\\_height\\_risk\\_control\\_effectiveness.pdf](http://www.dragonsafetysystems.com/docs/falls_from_height_risk_control_effectiveness.pdf)>. Acesso em: 23 novembro de 2014.

BRASIL. **Resultados da Fiscalização em Segurança e Saúde no Trabalho – Brasil – 1996 a 2012**. 2012. Disponível em: <[http://portal.mte.gov.br/seg\\_sau/resultados-da-fiscalizacao-em-seguranca-e-saude-no-trabalho-brasil-1996-a-2009.htm](http://portal.mte.gov.br/seg_sau/resultados-da-fiscalizacao-em-seguranca-e-saude-no-trabalho-brasil-1996-a-2009.htm)>. Acesso em: 26 jul. 2013.

BRASIL. **Resultados da Fiscalização em Segurança e Saúde no Trabalho – Brasil – 1996 a 2012**. 2013. Disponível em: <[http://portal.mte.gov.br/seg\\_sau/resultados-da-fiscalizacao-em-seguranca-e-saude-no-trabalho-brasil-1996-a-2009.htm](http://portal.mte.gov.br/seg_sau/resultados-da-fiscalizacao-em-seguranca-e-saude-no-trabalho-brasil-1996-a-2009.htm)>. Acesso em: julho 2014.

BRASIL, 2014a. Anuário Estatístico da Previdência Social. **Ministério da Previdência Social**. 2014. Disponível em <http://www.mps.gov.br>.

BRASIL, 2014b. Ministério do Trabalho e Emprego. **NR 18**: condições e meio ambiente de trabalho na indústria da construção, 2014. Disponível em: <<http://portal.mte.gov.br/legislacao/norma-regulamentadora-n-18-1.htm>>. Acesso em: abril 2014.

BRASIL. 2014c. **NR-35 – Trabalho em altura**. Disponível em: <<http://portal.mte.gov.br/data/files/8A7C816A3D63C1A0013DAB8EA3975DDA/NR35%20%28Trabalho%20em%20Altura%29.pdf>>. Acesso em: maio 2013.

BRAY, I.K. **An Introduction to Requirements Engineering**. Pearson Education Limited. UK. 2002.

CAMBRAIA, F. B. **Gestão Integrada Entre Segurança e Produção: Refinamentos em um Modelo de Planejamento e Controle**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil, 2004.

CAMBRAIA, F. B.; SAURIN, T; FORMOSO, C. T. Identification, analysis and dissemination of information on near misses: A case study in the construction industry. **Safety Science** 48, p. 91-99, 2010.

CAMBRAIA, F. B.; FORMOSO, C. T. Análise de Avanços e Retrocessos no Atendimento às Especificações da NR-18 nos Últimos Dez Anos. In: Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção, Belém, 2011. **Anais...** Belém: ANTAC, 2011.

CAMERON, I.; GILLAN, G.; DUFF, A. R. Issues in the selection of fall prevention and arrest equipment. **Engineering, Construction and Architectural Management**, 14, 2007. 363- 374.

CAMERON, I. HARE, B. DAVIES, R. Fatal and major construction accidents: A comparison between Scotland and the rest of Great Britain. 2008. **Safety Science** 46. 692–708.

CARLSHAMRE, P.; SANDAHL, K.; LINDVALL, M.; REGNELL, B. AND NATT OCH DAG, J. 2001. An Industrial Survey of Requirements Interdependencies in Software Product Release Planning, **Fifth International Symposium on Requirements Engineering**.. 27-31, Toronto, Canada.

CARPENTER, J., WILLIAMS, P., CHARLTON SMITH, N., 2001. **Identification and management of risk in undergraduate construction courses**. HSE Contract Research Report 392/2000, HSE Books, Sudbury, Suffolk.

CATTLEGE, G.H., HENDRICKS, S. and STANEVICH, R. Fatal occupational falls in the US construction industry, 1980–1989. 1996. **Accident Analysis and Prevention** 28, 647–54.

CANADIAN CENTRE FOR OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY . **CCOHS** - Safety Code for the Construction Industry S-2.1, r.6: Installation of guard-rails, 1981. Disponível em: <[http://www2.publicationsduquebec.gouv.qc.ca/dynamicSearch/telecharge.php?type=3&file=/S\\_2\\_1/S2\\_1R4\\_A.HTM](http://www2.publicationsduquebec.gouv.qc.ca/dynamicSearch/telecharge.php?type=3&file=/S_2_1/S2_1R4_A.HTM)>, Acesso em: julho 2014.

CHAU, N., MUR, J., BENAMGHAR, L. SIEGFRIED, C., DANGELZER, J., FRANCAIS, M., SOURDOT, A. Relationships between Some Individual Characteristics and Occupational Accidents in the Construction Industry. 2002. **Journal of Occupational Health**, Vol. 44, 131-139.

CHEUNG, E. Rapid demountable platform (RDP) - A device for preventing fall from height accidents. **Journal of Accident Analysis and Prevention** 48 (2012) 235– 245. 2012.

CHI, C.F., CHANG, T.C. and HUNG, K.H. Significant industry-source of injury-accident type for occupational fatalities in Taiwan. 2004. **International Journal of Industrial Ergonomics** 34, 77–91.

CHOUDHRY, M; FANG, D. Why operatives engage in unsafe work behavior: Investigating factors on construction sites. **Safety Science** 46 (2008) 566–584. URL.:

<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925753507001087>>. Acesso em: fevereiro 2015.

CHUCHER, D. W. ; ALWANI-STARR, G. M. Incorporating construction health and safety into the design process. In: DUFF, R. A. (Ed); JASELSKIS, E. J. (Ed); SMITH, G. **Safety & health on construction sites**. CIB: Gainesville, 1997.

COSTELLA, M. F.; JUNGES, F. C.; PILZ, S. E. Avaliação do cumprimento da NR-18 em função do porte de obra residencial e proposta de lista de verificação da NR-18. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 14, n. 3, p. 87-102, julho 2014.

DAHLSTEDT, A; PERSSON, A. Requirements interdependencies – Molding the state of research into a research agenda. In: **Proceedings of the 9th International Workshop on Requirements Engineering**: Foundation for Software Quality (2003). Essen, pp. 71-80.

DEIR. Slips, trips and falls prevention: a little slip at work can have a big impact on your life. Department of Employment and Industrial Relations. **Queensland government**. 2007. URL.: <[http://www.deir.qld.gov.au/workplace/resources/pdfs/slips\\_trips\\_falls\\_guide2007.pdf](http://www.deir.qld.gov.au/workplace/resources/pdfs/slips_trips_falls_guide2007.pdf)>. Acesso em: fevereiro 2015.

DEPARTMENT OF LABOR. **Selected Characteristics of Occupations Defined in the Revised Dictionary of Occupational Titles**, 1993, DOL, Employment and Training Administration, Washington, DC.

DIANOUS, V., FIÉVEZ, C., **ARAMIS project: A more explicit demonstration of risk control through the use of bow-tie diagrams and the evaluation of safety barrier performance**. Journal of Hazardous Materials, Elsevier, v.130 p. 220–233. 2006.

FREIBOTT, B. **Sustainable safety management: incident management as a cornerstone for a successful safety culture**. ASSE 2012. p. 219-226

FUNDACENTRO. Recomendações técnicas de procedimentos 01: medidas de proteção contra quedas de altura. **FUNDACENTRO**, 2003. Disponível em: <<http://www.fundacentro.gov.br/dominios/CTN/anexos/Publicação/rtp01.pdf>>. Acesso em: abril 2013.

FUNDACENTRO. **História**. 2014. Disponível em: <<http://www.fundacentro.gov.br/conteudo.asp?D=CTN&C=23&menuAberto=1>>. Acesso em: fevereiro 2014.

GAMBATESE, J.; BEHM, M.; HINZE, J. Viability of designing for construction worker safety. In: **Journal of Construction Engineering and Management**, ASCE, 2005. p. 1029-1036.

GAMBATESE, J.; TOOLE, T. M.; BEHM, M. G. **Prevention through design practice and research: a U.S. constructions industry perspective**. Evolution of and directions in construction safety and health. CIB: Gainesville, March, 2008.

GARCÍA, M. D. L. N. G. **Consideraciones respecto a los sistemas provisionales de protección de borde**. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid, p. 351. 2010.

GIBB, A., HASLAM, R., HIDE, S., GYI, D. **The role of design in accident causality**. 2004. Designing for Safety and Health in Construction, University of Oregon Press, Eugene, Oregon, pp. 11–21.

GILLEN, M., FAUCETT, J. A., BEAUMONT, J. J., AND MCLOUGHLIN, E. Injury severity associated with nonfatal construction falls. 1997. **American Journal of Industrial Medicine** 32, 647–655.

GRAINGER. **Safety Gate**, 2009. Disponível em: <<http://www.grainger.com/product/PS-DOORS-Pallet-Safety-Gate-static.grainger.com/rp/s/is/image/Grainger/32.html>>. Acesso em: novembro 2014.

HECKER, S.F.; GAMBATESE, J.A.; WEINSTEIN, M. **Designing for construction safety in the U.S.:** Progress, needs, and future directions. In: INTERNATIONAL ERGONOMICS ASSOCIATION (IEA) TRIENNIAL CONFERENCE, Maastrich, Netherlands, 2006.

HEVNER, A. R.; MARCH, S. T.; PARK, J.; RAM, S. Design science in information systems research. **MIS Quarterly**, v. 28, n. 1, p. 75-105, 2004.

HINZE, J.; GAMBATESE, J. **Addressing construction worker safety in the project design.** Austin: The Construction Industry Institute, Washington, 1996.

HINZE, J. A paradigm shift: leading to safety. In: HAUPT, T. C. (Ed); SMALLWOOD, J. (Ed). **Safety & health on construction sites.** CIB: Port Elizabeth, May 2005.

HOLLNAGEL, E. **Barriers Analysis and Accident Prevention**, Ashgate, Aldershot, UK. 2004.

HOLLOMAN, J.H. **United States Patent and Trademark Office.** 1994. Disponível em: <<http://www.uspto.gov/patentsUS5314167>>. Acesso em: julho 2014.

HOLMES, N., LINGARD, H., YESILYURT, Z., MUNK, F., An exploratory study of meanings of risk control for long term and acute effect occupational health and safety risks in small business construction firms. **Journal of Safety Research**, 4, pp. 251–261, 1999.

HOLMSTROM, J.; KETOKIVI, M.; HAMERI, A.-P. Bridging Practice and Theory: A Design Science Approach. **Decision Sciences**, v. 40, n. 1, p. 65-87, 2009.

HSE. Health and Safety Executive. **Selecting equipment for work at height**, 2012. Disponível em: <<http://www.hse.gov.uk/falls/campaign/selectingequipment.pdf>>. Acesso em: 2 Maio 2014.

HSIAO, H.; SIMEONOV, P. Preventing falls from roofs: a critical review. 2001. **Ergonomics** 44, 537–561.

HUANG, X., HINZE, J. Analysis of Construction Worker Fall Accidents. 2003. **Journal of Construction Engineering & Management**, Vol. 129(3), p.262. 10p.

HUOVILA, P. **Organisation&Management.** Technical Research Centre of Finland, VTT, 2005.

International Labour Organization (ILO). **Safety in Numbers: Pointers for a Global Safety at Work.** 2011. International Labour Office, Geneva.

IMRIYAS, K., PHENG, L.S. AND TEO, E. A fuzzy knowledge-based system for premium rating of workers' compensation insurance for building projects. 2007. **Construction Management and Economics**, 25, 1175–93.

JANICAK, C.A. Fall-related deaths in the construction industry. 1998. **Journal of Safety Research** 29, 35–42.

JOHNSON, H.M., Singh, A. and Young, R.H.F. Fall protection analysis for workers on residential roofs. 1998. **Journal of Construction Engineering and Management**, 124, 418–28.

- KASANEN, E., LUKKA, K.; SIITONEN, A. The constructive approach in management accounting. **Journal of Management Accounting Research**. v.5, pp. 243-264, 1993.
- KIVI, P. and MATTILA, M. **Analysis and improvement of work postures in the building industry: application on the the computerised OWAS method**. 1991.
- KODAK, E. **Ergonomic Design for People at Work**, vol. 2. John Wiley & Sons. 1986.
- KOTONYA AND SOMMERVILLE. **Requirements Engineering – Processes and Techniques**. 1998. John Wiley & Sons.
- KOTONYA, G.; SOMMERVILLE, I. **Requirements engineering: process and techniques**. Chichester: John Wiley & Sons, 2000.
- LAN, A.; DAIGLE, R. **Development and validation of a method for evaluating temporary wooden guardrails built and installed on construction sites**. *Safety Science*, 47, 2009.
- LARSSON, J. FIELD, B., The distribution of occupational injury risks in the Victorian construction industry. **Safety Science**, 40 (2002), p. 439–456.
- LEHTOLA, M.M., VAN DER MOLEN, H.F., LAPPALAINEN, J., HOONAKKER, P.L.T., HSIAO, H., HASLAM, R.A., HALE, A.R. AND VERBEEK, J.H. The effectiveness of interventions for preventing injuries in the construction industry—a systematic review. 2008. **American Journal of Preventive Medicine**, 35, 77–85.
- LIMMER, C. V. **Planejamento, orçamento e controle de obras e projetos**. Rio de Janeiro: LTC, 1997.
- LIPSCOMB, J., GLAZNER, J., E. BONDY, J., GUARINI, K., LEZOTTE, D., Injuries from slips and trips in construction. 2006. **Applied Ergonomics** 37, p., 267–274.
- LIU, H.; TSAI, Y. A fuzzy risk assessment approach for occupational hazards in the construction industry. 2012. **Safety Science** 50, 1067–1078. Department of Industrial Management, I-Shou University, Kaohsiung City, Taiwan.
- LÓPEZ, M.; RITZEL, D.; FONTANEDA, I.; ALCANTARA, O. Construction industry accidents in Spain. **Journal of Safety Research** 39 (2008) 497–507. URL.: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022437508001229>>. Acesso em: fevereiro 2015.
- LUKKA, K. **The constructive research approach**. In Ojala, L. & Hilmola, O-P. (eds.) **Case study research in logistics**. Publications of the Turku School, of Economics and Business Administration Series B1: 2003, p.83-101. 2003.
- MALLMANN, B. S. **Avaliação do Atendimento aos Requisitos da NR 18 em Canteiros de Obra**. 2008. Trabalho de Diplomação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre, 2008.
- MANUELE, F. A. Prevention through design: addressing occupational risks in the design and redesign processes. **Professional Safety**, October, 2008.
- MARCH, S. T.; SMITH, G. F. Design and Natural Science Research on Information Technology. **Decision Support Systems**, v. 15, n. 4, p. 251-266, 1995.

MARTÍN, J.; RIVAS, T.; MATÍAS, J.; TABOADA, J.; ARGÜELLES, A. A Bayesian network analysis of workplace accidents caused by falls from a height. **Safety Science** 47. 2009. 206–214. URL.: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925753508000416>>. Acesso em: março 2015.

MARTINS, M. S. **Diretrizes para elaboração de medidas de prevenção contra quedas de altura em edificações**. Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2004.

MARX, A.M. **Proposta de Método de GR para o Desenvolvimento de Produtos Sustentáveis**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). PPGEP, UFRGS. 2009.

MATTILA, M.; VILKKI, P. **OWAS Method**. 1999. The Occupational Ergonomic Handbook (447-459). Boca Raton.

MCLAUGHLIN J.; MCCOY, J. **United States Patent and Trademark Office**. 1976. Disponível em: <<http://www.uspto.gov/patentsUS3995833>>. Acesso em: julho 2014.

MÉLO F, E. C.; RABBANI, E. R. K.; BARKOKÉBAS J., B . Propostas de medidas de proteção coletiva para construção de edificações em estruturas metálicas. In.: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído – **ENTAC**, 12, 2008. Fortaleza, 2008.

METROFORM. Metro Form System. **Produtos**: sistema de proteção Metro Form, 2009. Disponível em: <<http://www.metroform.com.br/produto4.1.html>>. Acesso em: abril 2014.

MIRON, L. I. G. **Gerenciamento dos Requisitos dos Clientes de Empreendimentos Habitacionais de Interesse Social**: proposta para o Programa Integrado Entrada da Cidade em Porto Alegre/RS. 350 f. Porto Alegre, 2008. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

MPS. **Estatísticas**. 2013. Disponível em: <<http://www.previdencia.gov.br/estatisticas/>>. Acessado em: 04 janeiro de 2015.

MPS. **Menu de apoio – Estatísticas: Segurança e Saúde Ocupacional: Tabelas**. 2014. Disponível em: <<http://www.previdencia.gov.br/estatisticas/menu-de-apoio-estatisticas-seguranca-e-saude-ocupacional-tabelas/>>. Acessado em: 18 setembro de 2014.

Ministério do Trabalho e Emprego. **MTE**. Guia de análise: acidentes de trabalho. 2010. Disponível em: <[www.mte.gov.br/seg\\_sau/guia\\_analise\\_acidente.pdf](http://www.mte.gov.br/seg_sau/guia_analise_acidente.pdf)>. Acesso em: novembro 2014.

ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DO TRABALHO. **OIT**. Plano de Ação: Programa de Ação em Construção Civil no Brasil. 2005. 45p. Disponível em: <<http://www.cpnrr18.com.br/institucional/documentos>>. Acesso em: novembro 2014.

ORMAN. **Orman - Sistemas de prevenção e proteção**, 2012. Disponível em: <<http://www.grupoorman.com.br/page.aspx>>. Acesso em: setembro. 2014.

OCCUPATIONAL SAFETY & HEALTH ADMINISTRATION (OSHA). United States Department of Labour. **1926. 502 - Fall protection systems criteria and practices**, 1996. Disponível em: <[http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show\\_document?p\\_table=STANDARDS&p\\_id=10758](http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_table=STANDARDS&p_id=10758)>, Acesso em: agosto 2013.

OSTROW, P. **United States Patent and Trademark Office**. 2001. Disponível em: < <http://www.uspto.gov/patentsUS6220577> >. Acesso em: 6 Maio 2014.

PARVIAINEN, P.; TIHINEN, M.; VAN SOLINGEN, R. Requirements engineering: dealing with the complexity of Sociotechnical Systems Development. In: MATÉ, J. L.; SILVA, A.

**Requirements engineering for sociotechnical systems.** Hershey: Information Science Publishing, 2005. cap. 2.

RAMESH, B. AND JARKE, M. **Toward Reference Models for Requirements Traceability**, IEEE Transactions on Software Engineering. 2001. Vol.27, no1., p. 58-93

RIVARA, F.P. AND THOMPSON, D. Prevention of falls in the construction industry - evidence for program effectiveness. 2000. **American Journal of Preventive Medicine**, **18**, 23–6.

ROCHA, C. A. G. **Diagnóstico do cumprimento da NR 18 no subsetor edificações da construção civil e sugestões para melhorias**. 158 f. Porto Alegre, 1999. Tese (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999.

ROCHA, E. J. **Avaliação de Embargos e Interdições na Construção Civil**: estudo de caso em uma construtora e incorporadora de Porto Alegre. Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

RODGERS, S. **Ergonomic design for people at work**. New York: John Wiley & Sons, 1986. v. 2.

ROUGHTON, J. E.; CRUTCHFIELD, N. **Job hazards analysis: a guide for voluntary compliance and beyond**. Elsevier: Burlington, 2008.

RUBIO ROMERO, J; SUÁREZ-CEBADOR, M.; ABAD, J. Modeling injury rates as a function of industrialized versus on-site construction techniques. 2005. **Accident Analysis and Prevention** **66** 2014. 8– 14.

SAURIN, T. A.; LANTELME, E.; FORMOSO, C. T. **Contribuições Para Aperfeiçoamento da NR-18: condições e meio ambiente de trabalho na indústria da construção**. Relatório de Pesquisa. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2000.

SAURIN, T. A. **Segurança e Produção: um modelo para o planejamento e controle integrado**. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

SAURIN, T. A. Segurança do trabalho e desenvolvimento de produto: diretrizes para integração na construção civil. **Revista Produção**, V.15 n.1, p. 127-141, 2005.

SAURIN, T. A., FORMOSO, C.F.T. Guidelines for considering construction safety requirements in the design process. In: HINZE, J. (Ed); BOHNER, J. (Ed); LEW, J. (Ed). **Evolution of and directions in construction safety and health**. CIB: Gainesville, March, 2008.

SCANMETAL. Trabalho e Vida. **Proteção modulada de periferia de obras civis**, 2011. Disponível em: <<http://www.trabalhoevida.com.br/download/scanmanual.pdf>>. Acesso em: março 2013.

SCHMIDT. **Pivot Gate**, 1998. Disponível em: <<http://www.schmidtstructural.com/products/handrail-gates/pivot-gate.html>>. Acesso em: março 2015.

SECURITY PLAST, **Nuestro sistema**: sistema de protección y seguridad para la obra, 2008. Disponível em: <<http://www.securityplast.com/es/nuestro-sistema.html>>. Acesso em: abril 2014.

SEEBACHER, G.; WINKLER, H., Evaluating flexibility in discrete manufacturing based on performance and efficiency, **International Journal Production Economics**, <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpe.2014.03.018>.

SERRA, S.M.B. Segurança e saúde no trabalho na construção civil. p.105-130. In: ARAÚJO, N.M.C. (org.) **Construção civil: uma abordagem macro da produção ao uso**. João Pessoa: IFPB: Sinduscon/JP. 2010.

REASON, J. **Managing the risks of organizational accidents**. Burlington: Ashgate, 1997.

SHEN, Q.; LI H.; CHUNG, J.; HUI, P. A framework for identification and representation of client requirements in briefing process. **Construction management and economics**, v. 22, 2004.

SILVA, R. C. **A avaliabilidade do Programa SESI de prevenção de quedas na indústria de construção civil na Bahia**. 2007. 89f. Dissertação (Mestrado em Gerenciamento e Tecnologias Ambientais no Processo Produtivo) – Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia. Salvador. 2007. Disponível em: <[http://www.teclim.ufba.br/site/material\\_online/dissertacoes/dis\\_roberio\\_costa.pdf](http://www.teclim.ufba.br/site/material_online/dissertacoes/dis_roberio_costa.pdf)>. Acesso em: fevereiro 2010.

SKLET, S. Safety barriers: Definition, classification, and performance. **Journal of Loss Prevention in the Process Industries** 13. 2006.

SMITH GS. AND VEAZIE, M. International Labour Office. Encyclopaedia of Occupational Health and Safety. Chapter VIII. **Accidents and safety management - Accident prevention. 4. Vol. 3**.

ILO; Genova: 1998. Principles of prevention: the public health approach to reducing injuries in the workplace; pp. 56.1–56.42.

SOMMERVILLE, I. **Engenharia de Software**. São Paulo: Wesley, 2007.

SULOWSKI, A.C. **Collective Fall Protection for Construction Workers**. *Informes de la Construcción*, 66(533): e009, <http://dx.doi.org/10.3989/ic.12.035>. 2014.

SUN, M. **Managing Changes in Construction Project**. UWE, Bristol, 2005. Disponível em <http://www.built-environment.uwe.ac.uk/research/cprc/publications/mcd.pdf>.

SURSHIELD. **The SurShield Guardrail Clamp System**, 2009. Disponível em: <<http://www.safetyboot.com/surshield.html>>. Acesso em: novembro 2014.

TAVARES, C. R. G. **Proposição de uma sistemática de análise e avaliação das práticas de segurança aplicadas ao trabalho em altura na construção de edifício**. 2014. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre.

THOMKE, S. **The role of flexibility in the development of new products: An empirical study**. *Research Policy* 26, 105–119, 1997.

TOOLE, T.; CARPENTER, G. **Prevention through Design: An Important Aspect of Social Sustainability**. *Integrating Sustainability Practices in the Construction Industry 2012*: pp. 187-195.

TRETHEWY, W.; ATKINSON, M. Improved hazard identification for contractors In the construction industry. World Scientific Publishing Company. **Journal of Construction Research**, Vol. 4, No. 1 (2003) 71-85. URL.:

[http://www.set.ait.asia/people/kusumo/aitcem/OSH/Download/AdditionalReadings/JCR\\_HazIdent.pdf](http://www.set.ait.asia/people/kusumo/aitcem/OSH/Download/AdditionalReadings/JCR_HazIdent.pdf)>. Acesso em: novembro 2014.

UPTON, D. M. Flexibility as process mobility: The management of plant capabilities for quick response manufacturing. **Journal of Operations Management**, 12, 205-224, 1995.

VAISHNAVI, V. AND KUECHLER, W. Design Science Research Methods and Patterns: Innovating Information and Communication Technology. 2007. New York.

VÉRAS, J. C. **Fatores de risco de acidentes do trabalho na indústria da construção civil: análise na fase de estruturas**. 2004. 132f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Pernambuco – UFPE. Recife. 2004.

WHITELEY, R.C. **A Empresa Totalmente Voltada para o Cliente**. Rio de Janeiro: Campus; 1992.

WONG, Francis K.W. CHAN, Albert P.C. YAM, Michael C.H. WONG, Edmond Y.S. TSE, Kenny T.C. YIP, Kendra K.C. **Construction Safety in Hong Kong: Accidents Related to Fall of Person from Height**. 2005. 75f. Monografia (Department of Building and Real Estate) – The Hong Kong Polytechnic University.

YU, A. T. W. *et al.* Application of Value Management in Project briefing. **Facilities**, v. 23, n. 7/8, p. 330-342, 2005.

ZOCCHIO, A. **Prática de Prevenção de Acidentes: abc da segurança do trabalho**. 7ª ed., São Paulo: Atlas, 2002.

## **APÊNDICE 1: INSTRUMENTO DE COLETA DE DADOS**

### Etapa 1 - Análise do Projeto de SPP

Antes da visita à obra, solicitar à empresa construtora o projeto do SPP. Avaliar os requisitos de projeto a fim de se familiarizar com o mesmo e antecipar características críticas a levar em conta na próxima etapa (análise em uso).

REQUISITOS	
Categoria: Segurança	
<b>*1. O projeto minimiza riscos de quedas de pessoas (NR 18)</b>	
Altura do SPP: mínimo 1.20 m do eixo da peça até o piso de trabalho (NR 18)	SIM/NÃO/AP/NA
Altura do travessão intermediário horizontal: 0.70 m do eixo da peça até o piso de trabalho (NR 18)	SIM/NÃO/AP/NA
Distancia entre os montantes verticais: máximo 1.50 m (NR 18)	SIM/NÃO/AP/NA
<b>*2. O projeto minimiza riscos de quedas de materiais e ferramentas (NR 18)</b>	
Inexistem frestas entre o rodapé e superfície de trabalho. Se houver frestas, elas possuem no máximo 2 cm (EN 13374)	SIM/NÃO/AP/NA
Existe tela fechada com malha de abertura de até 40 mm, fixada do lado interno dos montantes (NR 18)	SIM/NÃO/AP/NA
<b>3. O projeto especifica a resistência às cargas estáticas previstas pela norma (NR 18)</b>	
Carga pontual 150 kgf. no travessão superior e montante e 70 kgf. no travessão intermediário e rodapé (NR 18)	SIM/NÃO/AP/NA
<b>*4. O projeto favorece que sua instalação e remoção sejam feitas com segurança (EN 13374/S- 2.1)</b>	
Há especificação dos EPI's para a montagem e desmontagem	SIM/NÃO/AP/NA
Há especificação de ferramentas e equipamentos adequados para a montagem e desmontagem	SIM/NÃO/AP/NA
Há especificação da sequência de montagem e desmontagem	SIM/NÃO/AP/NA
<b>*5. O projeto especifica materiais testados que sejam resistentes e duráveis às condições normais de trabalho (EN 13374)</b>	
Os materiais devem resistir à corrosão, cisalhamento, rompimento e/ou deformações	SIM/NÃO/AP/NA
<b>6. O projeto especifica isolamento de materiais inflamáveis em áreas com risco de incêndio (Entrevista)</b>	
<b>7. É previsto isolamento de materiais condutores de eletricidade em áreas com risco de choque elétrico (Entrevista)</b>	
Aterramento elétrico dos SSP metálicos ou uso de dispositivo de proteção nas instalações elétricas que desliga circuito em caso de fuga de corrente elétrica (DDR - Dispositivo Diferencial Residual) (NR 12)	SIM/NÃO/AP/NA
<b>*8. O projeto especifica que os travessões, telas e rodapé não devem possuir emendas ou retalhos (EN 13374)</b>	
<b>9. O projeto dificulta a remoção acidental de qualquer componente durante seu uso (EN 13374)</b>	
Travamento das conexões entre os componentes: especificação da quantidade de pregos/parafusos necessários, mecanismos de encaixe e bloqueio (pinos de correr, rosca, ganchos, braçadeiras, etc.)	SIM/NÃO/AP/NA
<b>*10. O projeto especifica a espessura dos componentes para evitar lesões e esforços excessivos (OSHA 1926.502)</b>	
Mínimo 2,5 cm; Máximo 6 cm (OSHA 1926.502 - NBR 7190)	SIM/NÃO/AP/NA
Categoria: Eficiência	
<b>1. O projeto prevê que o SPP possa ser reaproveitado em obras futuras, estimando sua vida útil (Entrevista)</b>	
<b>*2. O projeto prevê que os componentes possam ser reutilizados na mesma obra (Entrevista)</b>	
<b>*3. Foram previstas soluções para lidar com possíveis interferências com outros equipamentos (Entrevista)</b>	
Detalhes que auxiliem a correta instalação do SPP frente a possíveis conflitos com equipamentos tais como: plataformas de proteção, escoras, entre outros.	SIM/NÃO/AP/NA
<b>4. O projeto minimizou a variedade de componentes (Entrevista)</b>	
<b>5. O projeto minimizou a quantidade de componentes (Entrevista)</b>	
<b>*6. O projeto especifica o peso por módulo de SPP (Entrevista)</b>	
Carga máxima de 23 Kg. para levantamento e movimentação em condições ideais (NIOSH)	SIM/NÃO/AP/NA
Categoria: Flexibilidade	
<b>*1. O projeto prevê a execução de tarefas sem que o SPP precise ser retirado, eliminando o cinto de segurança (Entrevista)</b>	
Especificação de tarefas inerentes ao site, tais como: execução das vedações, limpeza das bandejas de proteção, acesso de materiais/equipamentos, instalação de tubulações, etc.)	SIM/NÃO/AP/NA
<b>*2. O projeto prevê o uso do mesmo SPP em todas as etapas da obra (Entrevista)</b>	

O SPP ideal adapta-se a todas as etapas da obra nas quais existem risco de queda em altura, tais como: forma, estrutura e vedação.	SIM/NÃO/AP/NA
<b>*3. O projeto ajusta-se às diferentes configurações geométricas, evitando soluções improvisadas</b> <i>(Entrevista)</i>	
O SPP ideal ajusta-se à periferia da edificação considerando todos os detalhes e formas específicas do projeto, tais como: planos com muitos recortes, planos curvos, planos em diferentes ângulos, etc.	SIM/NÃO/AP/NA
<b>*4. O projeto prevê adaptação às diferentes tecnologias construtivas</b> <i>(Entrevista)</i>	
O SPP ideal adapta-se a diferentes técnicas e materiais construtivos, tais como: alvenaria, concreto, metal, madeira, outros.	SIM/NÃO/AP/NA
<b>*5. O projeto prevê facilidades para o acesso de pessoas e materiais</b> <i>(NR 18)</i>	
Especificação de módulos com mecanismos de abertura, tais como portões para carga/descarga de materiais e passagem de pessoas.	SIM/NÃO/AP/NA
<b>*6. O projeto especifica dimensões de componentes fáceis de manipular e transportar</b> <i>(Entrevista)</i>	
	SIM/NÃO/AP/NA

### Etapa 2 - Características da Obra e do SPP

Complete os dados correspondentes e marque com X a opção válida com ajuda do engenheiro ou técnico em segurança. Indique a fase da obra na qual serão avaliados os SPP (ex.: montagem de formas; desmontagem de formas, concretagem, execução de alvenaria, estrutura; outras) e o tipo de configuração (ex.: madeira, misto, metálico, plástico; outros).

Data:	Sistema construtivo: <input type="checkbox"/> Tradicional <input type="checkbox"/> Alvenaria estrutural <input type="checkbox"/> Outro
Observador/es:	Atividade avaliada: <input type="checkbox"/> Uso <input type="checkbox"/> Montagem <input type="checkbox"/> Desmontagem
Cidade:	Responsável pelo projeto do SPP: <input type="checkbox"/> Projetista contratado pela construtora <input type="checkbox"/> Fabricante
Nome da obra:	Mão-de-obra responsável pela montagem/desmontagem do SPP: <input type="checkbox"/> Própria <input type="checkbox"/> Terceirizada
Fase da obra a ser avaliada:	Tipo de configuração do SPP:

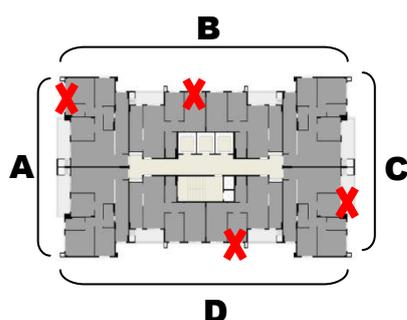
### Etapa 3 - Escolha dos módulos de SPP a serem avaliados

Um croqui do pavimento tipo da edificação deve ser desenhado no item 2.1 e 2.2, para facilitar a localização dos SPP a serem avaliados no canteiro de obras. A avaliação deverá ser feita em 02 (dois) pavimentos da edificação. Em cada pavimento escolher quatro trechos diferentes de SPP na periferia da edificação (no croqui do pavimento tipo, identificar com uma letra cada trecho da periferia, ver referencia 1). Por cada trecho escolher três módulos adjacentes de SPP para serem avaliados, marcando com um X sua localização aproximada. Considerar no momento da escolha, no mínimo, uma das situações desfavoráveis apontadas na referencia 2 (marque com um X as situações aplicáveis).

2.1 Croqui do Pavimento A (Pav. A)

2.2 Croqui do Pavimento B (Pav. B)

Referencia 1



Referencia 2

Situações desfavoráveis a levar em conta na escolha dos módulos de SPP:

- Instabilidade e/ou deslocamento dos montantes verticais;
- Incorreta fixação à estrutura de sustentação;
- Interferências de outros elementos que impedem a correta instalação;
- Descontinuidade nos elementos horizontais: deformação ou emendas;
- Frestas entre o rodapé e a superfície de trabalho;
- Desprendimento da tela de proteção;
- Componentes deteriorados.

### Etapa 4 – Análise em Uso dos SPP

A análise em uso compreende: avaliação do SPP já instalado no local bem como a avaliação da montagem e desmontagem do SPP. A mesma deverá ser acompanhada de registro fotográfico. Os requisitos dimensionais deverão ser verificados com trena métrica. Para avaliar os requisitos sobre esforço físico nas tarefas de montagem e desmontagem, ver Anexo 1.

REQUISITOS	Pav. A	Pav. B
<b>Categoria: Segurança</b>		
<b>*1. O SPP minimiza riscos de quedas de pessoas (NR 18)</b>		
Altura do SPP: mínimo 1.20 m do eixo da peça até o piso de trabalho (RTP 01)	SIM/NÃO/AP/NA	SIM/NÃO/AP/NA
	SIM/NÃO/AP/NA	SIM/NÃO/AP/NA
	SIM/NÃO/AP/NA	SIM/NÃO/AP/NA
	SIM/NÃO/AP/NA	SIM/NÃO/AP/NA
Altura do travessão intermediário horizontal: 0.70 m do eixo da peça até o piso de trabalho (RTP 01)	SIM/NÃO/AP/NA	SIM/NÃO/AP/NA
	SIM/NÃO/AP/NA	SIM/NÃO/AP/NA
	SIM/NÃO/AP/NA	SIM/NÃO/AP/NA
	SIM/NÃO/AP/NA	SIM/NÃO/AP/NA
Distancia entre os montantes verticais: máximo 1.50 m (RTP 01)	SIM/NÃO/AP/NA	SIM/NÃO/AP/NA
	SIM/NÃO/AP/NA	SIM/NÃO/AP/NA
	SIM/NÃO/AP/NA	SIM/NÃO/AP/NA
	SIM/NÃO/AP/NA	SIM/NÃO/AP/NA
<b>*2. O SPP minimiza riscos de quedas de materiais e ferramentas (NR 18)</b>		
Inexistem frestas entre o rodapé e superfície de trabalho. Se houver frestas, máximo 2 cm (RTP 01)	SIM/NÃO/AP/NA	SIM/NÃO/AP/NA
	SIM/NÃO/AP/NA	SIM/NÃO/AP/NA
	SIM/NÃO/AP/NA	SIM/NÃO/AP/NA
	SIM/NÃO/AP/NA	SIM/NÃO/AP/NA
Existe tela completamente fechada com malha de abertura de até 40 mm, fixada do lado interno dos montantes (RTP 01)	SIM/NÃO/AP/NA	SIM/NÃO/AP/NA
	SIM/NÃO/AP/NA	SIM/NÃO/AP/NA
	SIM/NÃO/AP/NA	SIM/NÃO/AP/NA
	SIM/NÃO/AP/NA	SIM/NÃO/AP/NA
<b>3. O SPP está fixado à estrutura de acordo com as indicações do projetista ou fabricante (NR 18)</b>	SIM/NÃO/AP/NA	SIM/NÃO/AP/NA
	SIM/NÃO/AP/NA	SIM/NÃO/AP/NA
	SIM/NÃO/AP/NA	SIM/NÃO/AP/NA
	SIM/NÃO/AP/NA	SIM/NÃO/AP/NA
<b>*4. Os materiais resistem e duram às condições normais de trabalho (EN 13374)</b>		
Não há corrosão, cisalhamento, rompimento e/ou deformações de maneira excessiva ou em grandes proporções que comprometam do desempenho do SPP	SIM/NÃO/AP/NA	SIM/NÃO/AP/NA
	SIM/NÃO/AP/NA	SIM/NÃO/AP/NA
	SIM/NÃO/AP/NA	SIM/NÃO/AP/NA
	SIM/NÃO/AP/NA	SIM/NÃO/AP/NA
<b>5. Os travessões, telas e rodapé não tem emendas ou retalhos (EN 13374)</b>		
Os componentes devem ser contínuos, porém, não devem possuir remendos (do mesmo material ou materiais diferentes) nos vãos livres entre montantes que possam comprometer o desempenho e a integridade do SPP	SIM/NÃO/AP/NA	SIM/NÃO/AP/NA
	SIM/NÃO/AP/NA	SIM/NÃO/AP/NA
	SIM/NÃO/AP/NA	SIM/NÃO/AP/NA
	SIM/NÃO/AP/NA	SIM/NÃO/AP/NA
<b>6. O SPP é constituído de anteparos rígidos (NR 18)</b>		
Estar constituído por uma proteção firme e solida, permanecendo inalterável ao longo do uso, sem afrouxar, folgar ou desmanchar	SIM/NÃO/NA	SIM/NÃO/NA
	SIM/NÃO/NA	SIM/NÃO/NA
	SIM/NÃO/NA	SIM/NÃO/NA
	SIM/NÃO/NA	SIM/NÃO/NA
<b>7. As conexões dificultam a remoção acidental de qualquer componente durante seu uso (EN 13374)</b>		
Travamento das conexões entre os componentes: especificação da quantidade de pregos/parafusos necessários, mecanismos de encaixe e bloqueio (pinos de correr, rosca,	SIM/NÃO/AP/NA	SIM/NÃO/AP/NA
	SIM/NÃO/AP/NA	SIM/NÃO/AP/NA
	SIM/NÃO/AP/NA	SIM/NÃO/AP/NA

ganchos, braçadeiras, etc.)	SIM/NÃO/AP/NA	SIM/NÃO/AP/NA
<b>8. A inclinação do SPP não deve desviar-se demasiado da vertical, para fora ou para dentro (EN13374)</b>		
Máximo 15 graus de inclinação (EN13374)	SIM/NÃO/AP/NA	SIM/NÃO/AP/NA
	SIM/NÃO/AP/NA	SIM/NÃO/AP/NA
	SIM/NÃO/AP/NA	SIM/NÃO/AP/NA
<b>*9. Respeita-se a espessura dos componentes para evitar cortes e esforços excessivos (OSHA 1926.502)</b>		
Mínimo 2,5 cm; Máximo 6 cm (OSHA 1926.502 - NBR 7190)	SIM/NÃO/AP/NA	SIM/NÃO/AP/NA
<b>10. O SPP é estável em situações com ventos (EN 13374)</b>		
O SPP resiste à pressão do vento de 600 N/m <sup>2</sup> (EN 13374)	SIM/NÃO/AP/NA	SIM/NÃO/AP/NA
<b>*11. A instalação e remoção são feitas com segurança (EN 13374 / S- 2.1)</b>		
São usados os EPI's (capacete, luvas, botinas e cinto de segurança)	SIM/NÃO/AP/NA	SIM/NÃO/AP/NA
Uso de ferramentas e equipamentos adequados à tarefa	SIM/NÃO/AP/NA	SIM/NÃO/AP/NA
É seguida uma sequência de montagem/desmontagem	SIM/NÃO/AP/NA	SIM/NÃO/AP/NA
<b>Categoria: Eficiência</b>		
<b>*12. Não há interferências com outros equipamentos (Entrevista)</b>		
Conflitos com equipamentos tais como: plataformas de proteção, andaimes, escoras, entre outros	SIM/NÃO/AP/NA	SIM/NÃO/AP/NA
	SIM/NÃO/AP/NA	SIM/NÃO/AP/NA
	SIM/NÃO/AP/NA	SIM/NÃO/AP/NA
<b>13. A manutenção é simples (RTP 01)</b>		SIM/NÃO/AP/NA
<b>*14. Os componentes do SPP são reutilizados na mesma obra (Entrevista)</b>		SIM/NÃO/AP/NA
<b>15. O SPP possibilita boa produtividade, nas tarefas de montagem e desmontagem (Entrevista)</b>	SIM/NÃO/AP/NA	SIM/NÃO/AP/NA
<b>16. O SPP minimizou as perdas e resíduos gerados a partir da montagem e desmontagem (Entrevista)</b>	SIM/NÃO/AP/NA	SIM/NÃO/AP/NA
<b>17. As conexões entre os componentes são fáceis e rápidas (Entrevista)</b>	SIM/NÃO/AP/NA	SIM/NÃO/AP/NA
<b>18. Reduzir o esforço físico na execução de tarefas de montagem / desmontagem (ver Apêndice A) (Entrevista)</b>		
Pulso de Trabalho (PT). Limite: 35 PT em situações de trabalho contínuo	SIM/NÃO/AP/NA	SIM/NÃO/AP/NA
Máximo de Frequência Cardíaca (PMFC). Limite: 33% capacidade aeróbica aceitável	SIM/NÃO/AP/NA	SIM/NÃO/AP/NA
Posturas desfavoráveis nas categorias de maior risco 3 e 4 (WinOwas)	SIM/NÃO/AP/NA	SIM/NÃO/AP/NA
<b>*19. O peso do SPP, na montagem / desmontagem, não exige esforços físicos excessivos (Entrevista)</b>	SIM/NÃO/AP/NA	SIM/NÃO/AP/NA
<b>Categoria: Flexibilidade</b>		
<b>*22. O mesmo SPP pode ser usado em todas as etapas da obra (Entrevista)</b>		
O SPP ideal adapta-se a todas as etapas da obra nas quais existem risco de queda em altura (fôrma, estrutura e vedação)	SIM/NÃO/AP/NA	
<b>*23. O SPP permite a execução de tarefas sem precisar ser retirado, eliminando o cinto de segurança (Entrevista)</b>		
Tarefas inerentes ao site, como: execução das vedações, limpeza das bandejas de proteção, acesso de materiais / equipamentos, instalação de tubulações, etc.	SIM/NÃO/AP/NA	
<b>*24. O SPP ajusta-se às diferentes configurações geométricas, evitando soluções improvisadas (Entrevista)</b>		
O SPP ideal ajusta-se à periferia da edificação considerando todos os detalhes e formas específicas do projeto, tais como: planos com muitos recortes, planos curvos, planos em diferentes ângulos, etc.	SIM/NÃO/AP/NA	
<b>*25. O SPP adapta-se às diferentes tecnologias construtivas (Entrevista)</b>		
O SPP ideal adapta-se a diferentes técnicas e materiais construtivos, tais como: alvenaria, concreto, metal, madeira, outros.	SIM/NÃO/AP/NA	
<b>*26. O SPP prevê facilidades para acesso de pessoas e materiais (RTP 01)</b>		
Especificação de módulos com mecanismos de abertura, tais como portões para carga/descarga de materiais e passagem de pessoas.	SIM/NÃO/AP/NA	
<b>*27. Os componentes são fáceis de manipular e transportar (Entrevista)</b>		SIM/NÃO/AP/NA

### Etapa 5 - Entrevista

Aplicar as questões com a letra **O** a, pelo menos, dois operários que trabalhem diretamente com SPP, e as questões com a letra **E/T** a um engenheiro e/ou técnico em segurança encarregados pelo controle dos SPP na obra avaliada.

### REQUISITOS

#### Categoria: Eficiência

#### \*1. O SPP possibilita boa produtividade, nas tarefas de montagem e desmontagem (Entrevista) O ; E/T

Programação estimada para montagem dos SPP por pavimento	Dias x Pav.
--	-------------

Dias empregados para montagem	Dias x Pav.
-------------------------------	-------------

Especifique as causas que provocam atraso na montagem, se houver:

Programação estimada para desmontagem dos SPP por pavimento	Dias x Pav.
---	-------------

Dias empregados para desmontagem	Dias x Pav.
----------------------------------	-------------

Especifique as causas que provocam atraso na desmontagem, se houver:

#### 2. Baixo custo ao longo do ciclo de vida (Entrevista) E/T

Economia na aquisição, instalação, manutenção e armazenagem / descarte

## APÊNDICE A

A avaliação do esforço físico nas tarefas de montagem e desmontagem implica: a) instalação e remoção de montantes, travessões e tela, no caso dos SPP em madeira e mistos; b) instalação e remoção de montantes e travessões (no caso dos SPP em madeira e mistos) ou telas de proteção (no caso dos SPP metálicos). Para este estudo foram adotados os critérios de Carga Fisiológica de Trabalho (Pulso de Trabalho - PT, e Máximo de Frequência Cardíaca - PMFC) e a Carga Postural de Trabalho (posturas desfavoráveis nas categorias de maior risco), os quais deverão ser monitorados ao longo da montagem e desmontagem de 03 (três) módulos adjacentes de SPP em, pelo menos, dois pavimentos.

### • Avaliação da Carga Fisiológica de Trabalho

A avaliação da carga fisiológica de trabalho é realizada por meio do monitoramento da frequência cardíaca (FC) que consistiu por um lado, na coleta de dados no canteiro de obras, e por outro, na análise e cálculo de resultados.

1. Uma vez no canteiro, antes de começar as atividades referentes aos SPP, deve-se escolher dentro dos trabalhadores que realizarão as tarefas, um voluntário para a medição de frequência cardíaca (FC). Nesse caso, geralmente são dois os trabalhadores envolvidos, um que realiza as principais tarefas e outro auxiliar, no entanto, é aconselhável que a medição seja feita no trabalhador que realiza a maior parte do serviço.
2. Posteriormente, deve-se preencher a seguinte Quadro 1 com a caracterização da atividade e do funcionário a ser avaliado, como por exemplo, idade; peso; tempo de experiência na montagem e desmontagem de SPP; temperatura do local de trabalho, entre outros.

Obra	Cargo do trabalhador	Atividade	Experiência	Idade
		Montagem/Desmontagem		anos
Altura	Peso	Problemas cardíacos?	Temperatura	Fuma?
m.	Kg.	SIM/NÃO	°C	SIM/NÃO

**Quadro 1.** Características da atividade e do trabalhador que participa na avaliação fisiológica.

3. A frequência cardíaca durante o trabalho deverá ser registrada por meio de um monitor cardíaco portátil. Sugere-se que o aparelho possua interface com o computador para facilitar a coleta e análise de dados.
4. Assim, prossegue-se a colocar o eletrodo no funcionário, na altura do peito e próximo do coração. O trabalhador deve permanecer cerca de dez minutos sentado, para que então seja possível registrar a Frequência Cardíaca (FC) de repouso. A mesma deverá ser preenchida na Quadro 2 a seguir:

FC repouso	FC máxima esperada	FC média	PT	PMFC

**Quadro 2.** Registro das medições e cálculos.

5. Seguidamente, o trabalhador pode começar as atividades referentes ao SPP e a FC deverá ser monitorada ao longo da montagem e desmontagem de 03 (três) módulos adjacentes de SPP em, pelo menos, dois pavimentos. As leituras dos batimentos deverão ser registradas, 04 (quatro) vezes em intervalos de 02 (dois) a 04 (quatro) minutos, contemplando as diversas fases de cada atividade. Desta maneira, para uma adequada organização das medições de montagem e desmontagem, tais atividades foram divididas de acordo com a sequência de execução como mostra o Quadro a seguir:

<b>Montagem</b>				Média x Fase	Média Total
Fase 1: colocação montantes					
Fase 2: colocação rodapé					
Fase 3: colocação travessão superior/ tela de proteção					
Fase 4: colocação travessão intermediário					
Fase 5: colocação tela					
<b>Desmontagem</b>					
Fase 6: remoção tela					
Fase 7: remoção rodapé					
Fase 8: remoção travessão superior/ tela de proteção					
Fase 9: remoção travessão intermediário					
Fase 10: remoção montante					

6. Uma vez registrada a FC de repouso e os batimentos por fase, procede-se a analisar e calcular os dados. Desta forma se ponderam as médias de cada fase e posteriormente se calcula a média total da atividade de montagem e desmontagem a qual deverá ser registrada no Quadro 2 apresentada acima.

Para este análise foram adotados os critérios de PT e PMFC os quais são calculados da seguinte maneira:

A) Pulso de Trabalho (PT): definido como a diferença entre a frequência cardíaca média durante o trabalho (FC Média) e FC de repouso, sendo:  $PT = (FC \text{ média} - FC \text{ repouso})$ .

Segundo Grandjean (1998) **35 pulsos** de trabalho são considerados como **limite** a ser usado para homens em situações de trabalho contínuo.

B) Percentual Máximo de Frequência Cardíaca (PMFC): considerado como equivalente ao percentual da capacidade aeróbica máxima utilizada. Esse percentual é calculado da seguinte forma:

$PMFC = (FC \text{ média} - FC \text{ repouso}) / (FC \text{ máxima esperada} - FC \text{ repouso})$

Onde: FC máxima esperada =  $220 - \text{idade do trabalhador}$ .

De acordo com Kodack (1983) e Rodgers (1986) pode-se considerar que **33%** é o **limite aceitável** do percentual da máxima capacidade aeróbica utilizada.

### • Avaliação da Carga Postural

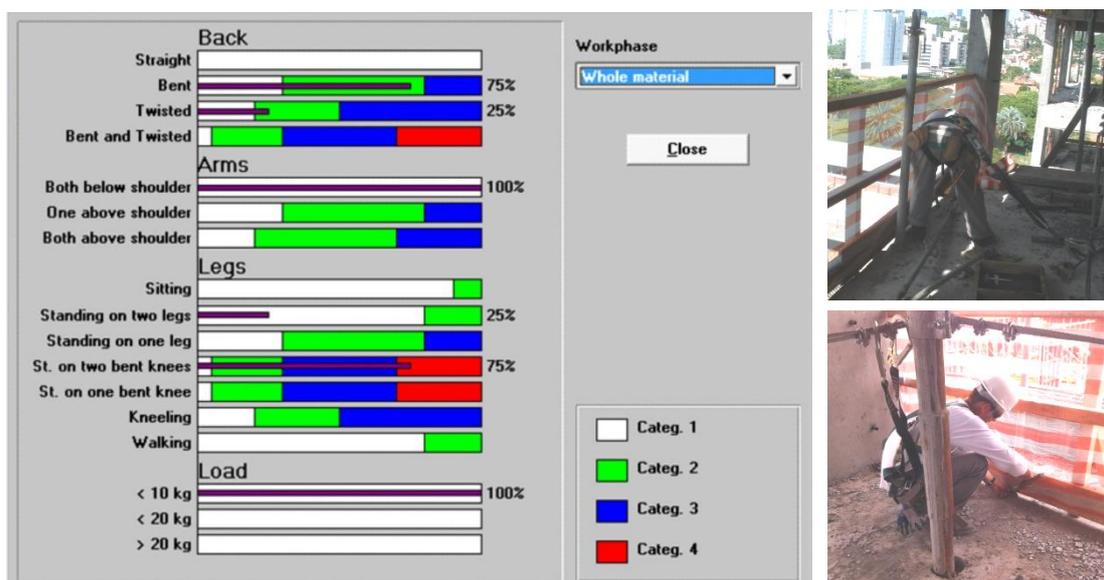
Esta atividade requer da coleta de dados no canteiro de obra e posteriormente análise dos mesmos mediante a ferramenta computacional WinOWAS (KIVI; MATILLA, 1991). A mesma baseia-se no método OWAS que classifica o grau de risco das posturas analisadas.

1. As atividades de montagem e desmontagem deverão ser gravadas em vídeo, permitindo avaliações posturais a cada quinze segundos aproximadamente.
2. Assim, uma vez feito o registro prossegue-se a analisar as posturas com a ferramenta WinOWAS. Desta maneira, deverão ser realizadas quantas observações considere-se necessário. Neste caso, foi estabelecido como critério dez observações em cada atividade de montagem e desmontagem (duas por fase), registrando posturas das costas, braços, pernas e forças exercidas.

3. Finalmente, a ferramenta WinOWAS classifica o grau de risco das posturas avaliadas em quatro categorias:
- categoria 1: a postura é normal, não sendo exigida nenhuma medida corretiva;
  - categoria 2: a carga fisiológica da postura é levemente prejudicial, sendo necessário adotar medidas para mudar a postura em um futuro próximo;
  - categoria 3: a carga fisiológica da postura é prejudicial, sendo necessárias medidas para mudar a postura o mais rápido possível;
  - categoria 4: a carga fisiológica da postura é extremamente prejudicial, sendo necessárias medidas imediatas para mudar as posturas.

➤  
 Desta maneira é possível determinar de maneira pratica as posturas que se encontram nas categorias 3 e 4 de maior risco.

Exemplo das posturas analisadas na Montagem do SPP em Madeira:



**PLANILHA DE AVALIAÇÃO DA CARGA FISIOLÓGICA DE TRABALHO**

• **Montagem do SPP (PAVIMENTO 01)**

Obra	Cargo do trabalhador	Atividade	Experiência	Idade
		Montagem		anos
Altura	Peso	Problemas cardíacos?	Temperatura	Fuma?
m.	Kg.	SIM/NÃO	°C	SIM/NÃO

FC repouso	FC máxima esperada	FC média	PT	PMFC

Montagem	Média x Fase	Média Total
Fase 1: colocação montantes		
Fase 2: colocação rodapé		
Fase 3: colocação travessão superior/ tela de proteção		
Fase 4: colocação travessão intermediário		
Fase 5: colocação tela		

• **Montagem do SPP (PAVIMENTO 02)**

Obra	Cargo do trabalhador	Atividade	Experiência	Idade
		Montagem		anos
Altura	Peso	Problemas cardíacos?	Temperatura	Fuma?
m.	Kg.	SIM/NÃO	°C	SIM/NÃO

FC repouso	FC máxima esperada	FC média	PT	PMFC

Montagem	Média x Fase	Média Total
Fase 1: colocação montantes		
Fase 2: colocação rodapé		
Fase 3: colocação travessão superior/ tela de proteção		
Fase 4: colocação travessão intermediário		
Fase 5: colocação tela		

- **Desmontagem do SPP (PAVIMENTO 01)**

Obra	Cargo do trabalhador	Atividade	Experiência	Idade
		Desmontagem		anos
Altura	Peso	Problemas cardíacos?	Temperatura	Fuma?
m.	Kg.	SIM/NÃO	°C	SIM/NÃO

FC repouso	FC máxima esperada	FC média	PT	PMFC

Desmontagem	Média x Fase	Média Total
Fase 6: remoção tela		
Fase 7: remoção rodapé		
Fase 8: remoção travessão superior/ tela de proteção		
Fase 9: remoção travessão intermediário		
Fase 10: remoção montantes		

- **Desmontagem do SPP (PAVIMENTO 02)**

Obra	Cargo do trabalhador	Atividade	Experiência	Idade
		Desmontagem		anos
Altura	Peso	Problemas cardíacos?	Temperatura	Fuma?
m.	Kg.	SIM/NÃO	°C	SIM/NÃO

FC repouso	FC máxima esperada	FC média	PT	PMFC

Desmontagem	Média x Fase	Média Total
Fase 6: remoção tela		
Fase 7: remoção rodapé		
Fase 8: remoção travessão superior/ tela de proteção		
Fase 9: remoção travessão intermediário		
Fase 10: remoção montante		

## **APÊNDICE 2: RELAÇÕES E CONFLITOS ENTRE REQUISITOS**

Requisitos Construídos		Requisitos de Norma	
RELAÇÃO	* <b>A,B</b> O projeto prevê que o SPP possa ser reaproveitado em obras futuras, estimando sua vida útil <i>(Entrevista)</i>	* <b>A</b> O projeto especifica materiais resistentes e duráveis às condições normais de trabalho <i>(EN 13374)</i>	* <b>B</b> A manutenção é simples <i>(NR 18)</i>
	* <b>A,B</b> O projeto prevê que os componentes possam ser reutilizados na mesma obra <i>(Entrevista)</i>		
	* <b>A,B</b> Baixo custo ao longo do ciclo de vida <i>(Entrevista)</i>		
	* <b>A, B</b> O projeto prevê o uso do mesmo SPP em todas as etapas da obra <i>(Entrevista)</i>		
	* <b>A</b> O SPP minimizou as perdas e resíduos gerados a partir da montagem do SPP <i>(Entrevista)</i>		
	* <b>C</b> Foram previstas soluções para lidar com possíveis interferências com outros equipamentos <i>(Entrevista)</i>	* <b>C</b> O SPP está fixado à estrutura de acordo com as indicações do projetista ou fabricante <i>(NR 18)</i>	
	* <b>D,E</b> As conexões e desconexões entre os componentes são fáceis e rápidas <i>(Entrevista)</i>	* <b>D</b> O projeto favorece que sua instalação e remoção sejam feitas com segurança <i>(EN 13374 / S- 2.1)</i>	* <b>E</b> O projeto dificulta a remoção acidental de qualquer componente durante seu uso <i>(EN 13374)</i>
	* <b>D</b> O projeto especifica dimensões de componentes fáceis de manipular e transportar <i>(Entrevista)</i>		
* <b>F</b> Reduzir o esforço físico na execução de tarefas de montagem / desmontagem <i>(Entrevista)</i>	* <b>F</b> O projeto especifica a espessura dos componentes para evitar lesões e esforços excessivos <i>(OSHA 1926.502)</i>		
* <b>G</b> O SPP prevê a execução de tarefas sem que precise ser retirado, eliminando o cinto de segurança <i>(Entrevista)</i>	* <b>G</b> O projeto prevê facilidades para o acesso de pessoas e materiais <i>(NR 18)</i>		
CONFLITO			
* <b>H</b> O projeto minimiza a variedade de componentes <i>(Entrevista)</i>	* <b>I</b> O projeto favorece que sua instalação e remoção sejam feitas com segurança <i>(EN 13374 / S- 2.1)</i>		
* <b>H</b> O SPP ajusta-se as diferentes configurações geométricas evitando soluções improvisadas <i>(Entrevista)</i>	* <b>I</b> O SPP está fixado à estrutura de acordo com as indicações do projetista ou fabricante <i>(NR 18)</i>		

### Relações entre requisitos:

- Os requisitos "*O projeto prevê que o SPP possa ser reaproveitado em obras futuras, estimando sua vida útil*"; "*O projeto prevê que os componentes possam ser reutilizados na mesma obra*" e "*O projeto prevê o uso do mesmo SPP em todas as etapas da obra*" dependem do requisito normativo que estabelece que "*O projeto especifica materiais resistentes e duráveis às condições normais de trabalho*". Isto significa que a especificação de materiais de alta resistência mecânica tais como, aço ou polímeros de alto impacto, não só garantem a reutilização do SPP dentro da obra, resistindo a cada uma das etapas na quais é empregado bem como permite o reaproveitamento do SPP em obras futuras. Ao mesmo tempo tais requisitos se vêm influenciados por outro requisito normativo que estabelece que "*A manutenção é simples*". Isto significa que se a manutenção do SPP for um processo custoso, demorado e requerer mão de obra especializada, a reutilização e reaproveitamento se verão comprometidas devido que tal processo não acompanha o planejamento da produção.
- O requisito "*Baixo custo ao longo do ciclo de vida*" estabelece que deve existir economia na aquisição, instalação, manutenção e armazenagem ou descarte do SPP, porém também depende dos requisitos normativos "*O projeto especifica materiais resistentes e duráveis às condições normais de trabalho*" e "*A manutenção é simples*", já que em muitos casos a aquisição de um SPP com materiais resistentes e duráveis resulta mais caro que outros materiais, tais como a madeira, mas em compensação o SPP pode ser reutilizado e reaproveitado muitas vezes em comparação com SPP em madeira que deve ser descartado e não tem nenhum reaproveitamento. Por outro lado, se a manutenção for um processo custoso, demorado e requerer mão de obra especializada não pode existir baixo custo ao longo do ciclo de vida do SPP.
- O requisito "*O SPP minimizou as perdas e resíduos gerados a partir da montagem do SPP*" também depende do requisito normativo "*O projeto especifica materiais resistentes e duráveis às condições normais de trabalho*". Materiais resistentes tais como aço ou polímeros são elaborados em fabrica e chegam na obra prontos para

serem instalados. Já os SPP especificados em madeira precisam ser cortados e fabricados no local de trabalho. Isto somado à falta de procedimentos no momento da fabricação gera desperdícios que resultam em perdas de material os quais não podem ser reaproveitados.

- O requisito "*Foram previstas soluções para lidar com possíveis interferências com outros equipamentos*" estabelece que devem existir detalhes no projeto que auxiliem a correta instalação e fixação do SPP frente a conflitos com equipamentos, tais como: plataformas de proteção, escoras, entre outros. Tal requisito depende do requisito normativo "*O SPP está fixado à estrutura de acordo com as indicações do projetista ou fabricante*" já que na maioria dos casos o projeto dos SPP não contempla as possíveis interferências com os equipamentos que interagem na mesma periferia, deixando a critério do operário resolver esse tipo de conflito. Desta maneira, muitas vezes as soluções encontradas pelos operários desatende a fixação especificada pelo projetista ou fabricante.
- O requisito "*As conexões e desconexões entre os componentes são fáceis e rápidas*" estabelece agilidade e simplicidade para executar as conexões, sem requerer grandes esforços físicos e posturas desfavoráveis. Tal requisito depende de dois requisitos normativos. Por um lado, depende do requisito "*O projeto favorece que sua instalação e remoção sejam feitas com segurança*" na medida que a execução das conexões e desconexões não comprometam a segurança do trabalhador no momento da instalação e remoção. Por outro lado, depende do requisito "*O projeto dificulta a remoção acidental de qualquer componente durante seu uso*" na medida em que forem especificadas em projeto o tipo de travamento de dita conexão para garantir que não há risco de remoção acidental de componentes. Por exemplo, no caso dos SPP em madeira deverá ser especificado o número de pregos necessários para cada conexão, bem como mecanismos de encaixe e bloqueio para as configurações mistas e metálicas.
- O requisito "*O projeto especifica dimensões de componentes fáceis de manipular e transportar*" também depende do requisito normativo "*O projeto favorece que sua instalação e remoção sejam feitas com segurança*" uma vez que os componentes devem ter dimensões e formatos que permitam o transporte e manipulação sem comprometer a segurança e a saúde do trabalhador.

- O requisito "*Reduzir o esforço físico na execução de tarefas de montagem / desmontagem*" depende do requisito normativo "*O projeto especifica a espessura dos componentes para evitar lesões e esforços excessivos*" especialmente para os SPP em madeira onde, em alguns casos, as espessuras dos componentes especificados requerem de maior esforço físico para cortar e pregar as peças bem como posturas desfavoráveis.
- O requisito "*O SPP prevê a execução de tarefas sem que precise ser retirado, eliminando o cinto de segurança*" depende do requisito normativo "*O projeto prevê facilidades para o acesso de pessoas e materiais*" já que no se especifica em projeto dispositivos, do tipo portões ou porta cancela, para o acesso de materiais a partir da periferia. Desta maneira, muitos casos onde não foi devidamente planejado o acesso de materiais, os operários acabam removendo um trecho do SPP para liberar o acesso, ficando assim uma área desprotegida ao risco de queda.

Exemplo de conflito entre requisitos da norma:

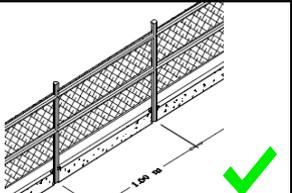
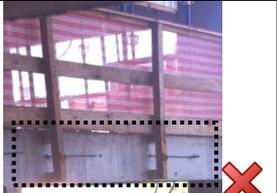
- O requisito normativo "*O projeto favorece que sua instalação e remoção sejam feitas com segurança*" (EN 13374) está em conflito com outro requisito da norma que estabelece que "*O SPP está fixado à estrutura de acordo com as indicações do projetista ou fabricante*" (NR -18). Isto acontece uma vez que o tipo de fixação especificada na maioria dos projetos avaliados, requer um parafuso passante para ser fixado à viga de periferia, o que implica uma série de aspectos que comprometem a segurança do trabalhador. A mais grave das atividades na instalação de um SPP é a fixação do montante. Neste caso, os trabalhadores ficam com parte do corpo exposto para fora da periferia, que, somado à falta de procedimentos, faz com que os operários tomem certas atitudes inseguras, tais como: segurar-se nas escoras para não perder o equilíbrio, bem como a utilização de equipamentos e ferramentas inadequadas para execução da tarefa.

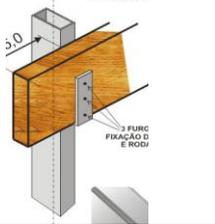
**APÊNDICE 3: ROTEIRO PARA ENTREVISTA COM PROJETISTAS DE  
EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO COLETIVA: SISTEMA DE PROTEÇÃO  
PERIFÉRICA (SPP)**

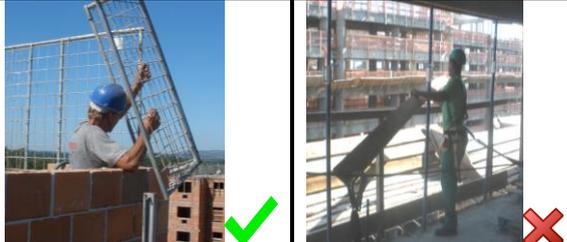
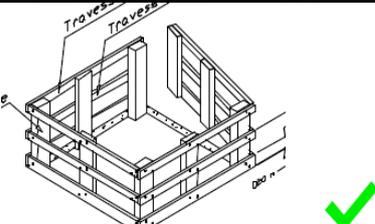
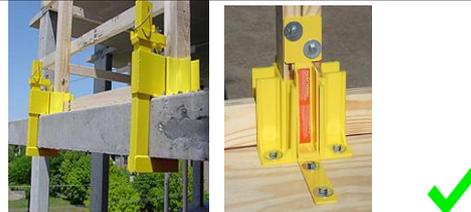
Sistema de Proteção Periférica (SPP):

- a) Como você define o SPP?
- b) Lembra-se de acidentes fatais causados por falta, ou instalação inadequada, dos SPP?
- c) Quais normas são aplicadas para a concepção do SPP?
- d) Quais são os requisitos mais importantes para desenvolver os SPP?
- e) As normas brasileiras permitem avaliar como esses requisitos são atendidos? E quando não for possível?
- f) Quais são os requisitos das normas ligados à SPP mais difíceis de implementar?
- g) Poderia explicar acerca da facilidade de montagem e desmontagem dos SPP?
- h) Poderia explicar sobre a complexidade na montagem e desmontagem dos SPP?
- i) Comente acerca dos riscos de acidentes e/ou quase acidentes na montagem, movimentação e desmontagem.
- j) Quais são as áreas ou configurações mais difíceis de implantar os SPP?
- k) A seu critério, que poderia melhorar para evitar o minimizar ainda mais estes riscos de acidentes?
- l) Quando as empresas construtoras encomendam um projeto de SPP, elas vêm com alguma especificação em especial? (ex. formato, custo, reaproveitamento)
- m) A seu critério, quais são as causas das incompatibilidades entre o projeto e o SPP pronto?
- n) Quais são as principais interferências (construtivas, equipamentos, outras proteções) nos SPP?
- o) Comente acerca da diversidade de componentes que integram SPP.
- p) Quais seriam as principais necessidades de melhorias tecnológicas?
- q) Comente sobre algumas vantagens e desvantagens dos SPP em Madeira.
- r) Comente sobre algumas vantagens e desvantagens dos SPP Mistos.
- s) Comente sobre algumas vantagens e desvantagens dos SPP Metálicos.
- t) Comente sobre a facilidade de reaproveitamento dos SPP.
- u) Comente sobre o custo dos SPP.
- v) Comente sobre o peso dos SPP.
- w) A seu critério, o que leva as empresas a escolherem um determinado tipo de SPP.
- x) Com que frequência os SPP são objeto de interdição ou embargo? Quais as causas?

**APÊNDICE 4: QUESTIONARIO SOBRE A PERCEPÇÃO DOS USUÁRIOS QUE  
TRABALHAM COM SPP**

S E G U R A N Ç A			Estar constituído por uma proteção firme e solida
			Estar fixado conforme as especificações do projetista/fabricante
			Materiais resistentes e duráveis às condições de trabalho
			Instalação e remoção feitas com segurança (EPI's, procedimentos de montagem e desmontagem, ferramentas adequadas)
			Bloqueio das conexões entre os componentes para evitar a remoção acidental dos mesmos
			Respeitar a espessura dos materiais para evitar ferimentos e esforços excessivos
			Travessões e rodapés contínuos para evitar emendas e retalhos
			Permanecer estável em situações com vento

E F I C I E N C I A	 	Gerar poucas perdas e resíduos
	 	Reduzir o esforço físico na montagem, desmontagem e transporte do SPP
	 	Conexões entre componentes fáceis e rápidas
	 	Não interferir com outras proteções coletivas e/ou equipamentos
	 	Ser reutilizado na mesma obra e reaproveitado em obras futuras
	 	Manutenção simples
		Ter baixo custo de aquisição, instalação, manutenção e armazenagem/descarte

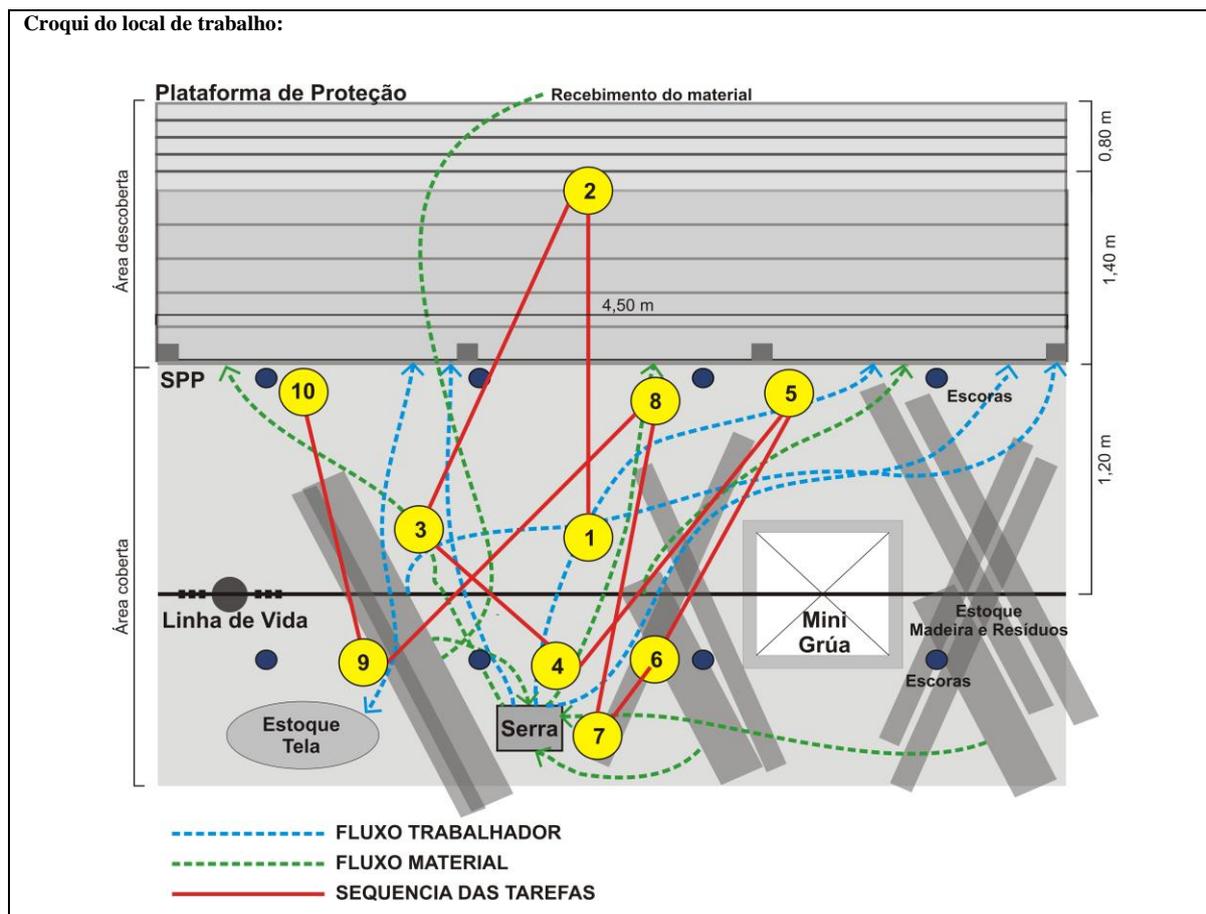
		<p>Possibilita a boa produtividade durante a montagem e desmontagem</p>
		<p>Permitir que as fiadas iniciais de alvenaria, ou outras atividades, sejam executadas sem que precise ser retirado</p>
		<p>Ser fácil de manipular</p>
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">FLEXIBILIDADE</p>		<p>Ser usado em todas as etapas da obra (forma, estrutura e vedação)</p>
		<p>Facilidades para acesso de pessoas e materiais (módulos que funcionam como portões para carga/descarga de materiais)</p>
		<p>Adaptar-se às diferentes configurações geométricas (muitos recortes, planos curvos, escadas, lajes técnicas)</p>
		<p>Ser adaptável a diferentes tecnologias construtivas (alvenaria, concreto, metálica, etc.)</p>

**APENDICE 5: ESTUDO DOS FLUXOS DE TRABALHO NA MONTAGEM E  
DESMONTAGEM DOS SPP EM MADEIRA**

Cartão de Produção		
Empresa: M -POA		
Tarefa: Montagem	Tipo SPP: MA-I	Padrão avaliação: 03 módulos (4,50 mts)
Observador/es: Guillermina e Pablo		
Medição 01	Data:04/09/2013 Tempo de medição: Início: 08:30 Fim: 11:10	
Trabalhador/es envolvidos	Fases	Tempo (min.)
02	1 - Montantes (04 unid.)	12 min
02	2- Rodapé (peça 4,50 mts)	3 min
02	3- Travessão superior (peça 4,50 mts)	4 min
02	4- Travessão intermediário (peça 4,50 mts)	4 min
02	5- Tela (4,50 ml)	6 min
Produção total :		29 min
Formula: (Homens x Horas)/ml = (02 H x 0.24 H)/4,50 m = 0,10 HH/ml (tempo total do ciclo produtivo ) = (02 H x 1.33 H)/4,50 m = 0,59 HH/ml (tempo total do ciclo)		

**Obs.:**

Neste caso tempo total do ciclo compreende (além das atividades produtivas ), atividades não produtivas tais como: acondicionamento do equipamento de Linha de Vida, corte da madeira, transporte e espera de material, busca de ferramentas no térreo.

**Croqui do local de trabalho:**

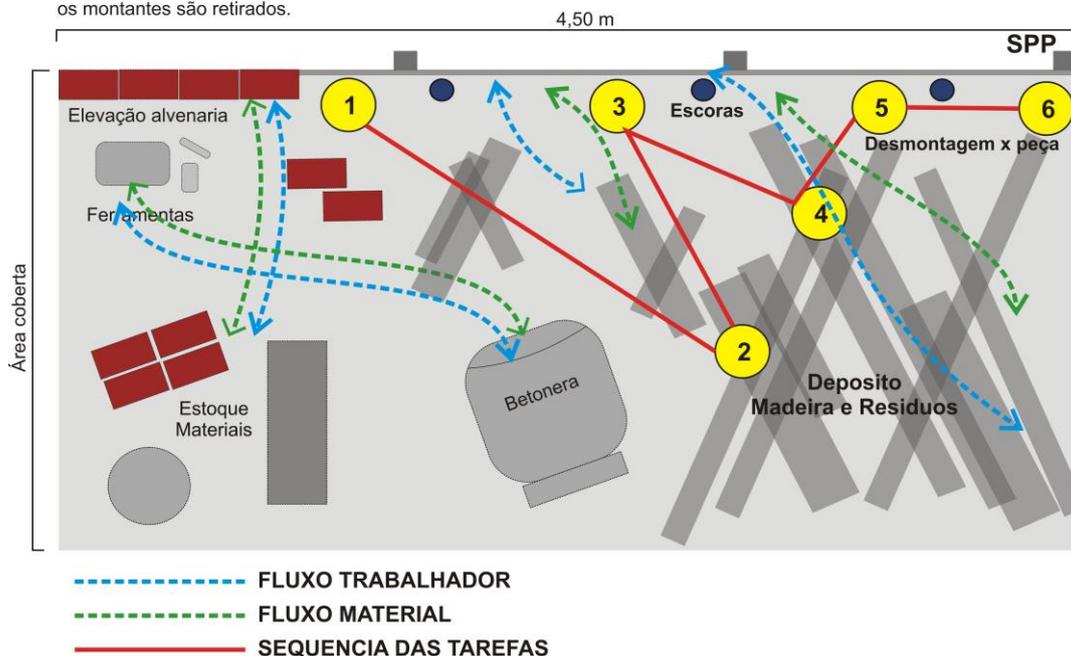
Cartão de Produção		
Empresa: N -POA		
Tarefa: Desmontagem	Tipo SPP: MA-I	Padrão avaliação: 03 módulos (4,50 mts)
Observador/es: Guillermina e Pablo		
Medição 01	Data:18/02/2014 Tempo de medição: Início: 10:07 Fim: 10:30	
Trabalhador/es envolvidos	Sequencia atividade / Itens	Tempo (min.)
02	1 - Montantes (04 unid.)	9 min
02	2- Rodapé (peça 4,50 mts)	2 min
02	3- Travessão intermediário (peça 4,50 mts)	3 min
02	4-Travessão superior (peça 4,50 mts)	3 min
02	5-Tela (4,50 ml)	1 min
Produção total :		18 min
Formula: (Homens x Horas)/ml = (02 H x 0,3 H)/4,50 m = 0,13 HH/ml (tempo total do ciclo produtivo) = (02 H x 0,19 H)/4,50 m = 0,08 HH/ml (tempo total do ciclo)		

**Obs.:**

Neste caso tempo total do ciclo compreende (além das atividades produtivas ), atividades não produtivas tais como: retirar e dobrar pregos das peças de madeira.

**Croqui do local de trabalho:**

Uma vez elevada a alvenaria até 1.50m os montantes são retirados.

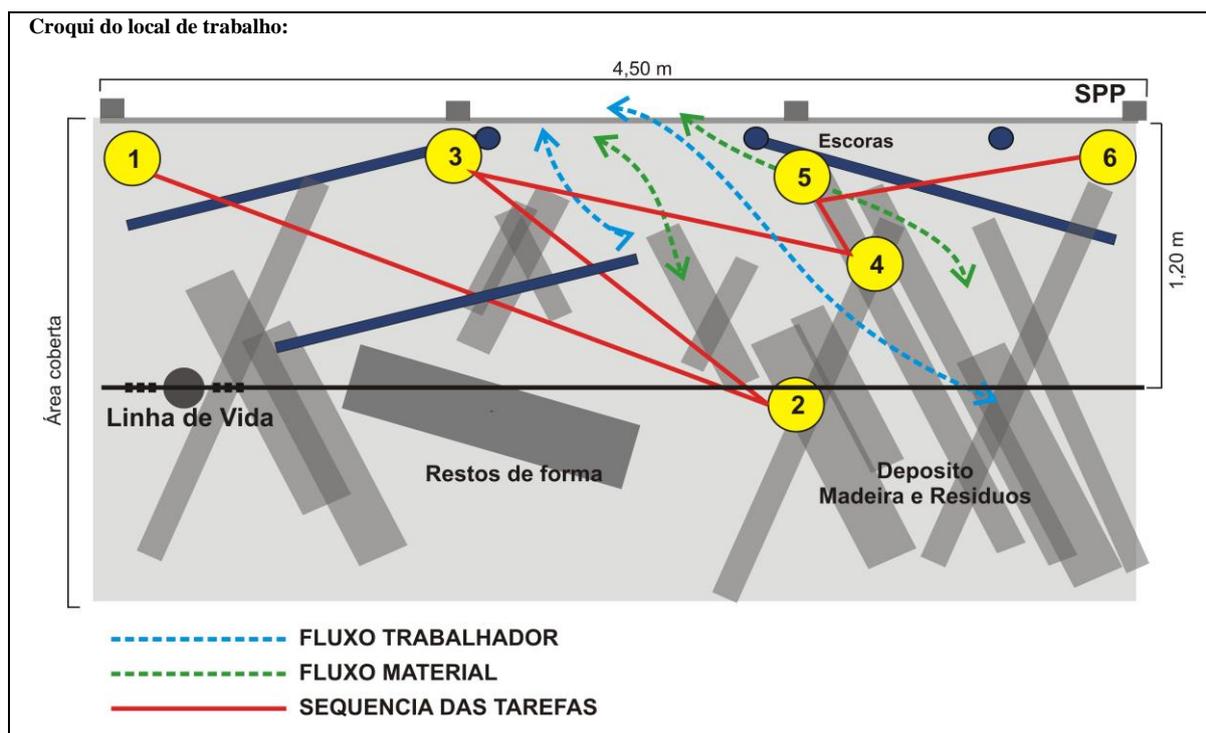


Cartão de Produção		
Empresa: N -POA		
Tarefa: Montagem	Tipo SPP: MA-I	Padrão avaliação: 03 módulos (4,50 mts)
Observador/es: Guillermina e Pablo		
Medição 01	Data:18/02/2014 Tempo de medição: Início: 08:38 Fim: 09:20	
Trabalhador/es envolvidos	Sequencia atividade / Itens	Tempo (min.)
02	1 - Montantes (04 unid.)	10 min
02	2- Rodapé (peça 4,50 mts)	2 min
02	3- Travessão intermediário (peça 4,50 mts)	5 min
02	4-Travessão superior (peça 4,50 mts)	4 min
02	5- Tela (4,50 ml)	4 min
Produção total :		25 min
Formula: $(\text{Homens} \times \text{Horas})/\text{ml} = (02 \text{ H} \times 0,41 \text{ H})/4,50 \text{ m} = 0,18 \text{ HH/ml}$ (tempo total do ciclo produtivo ) $= (02 \text{ H} \times 0,35 \text{ H})/4,50 \text{ m} = 0,15 \text{ HH/ml}$ (tempo total do ciclo)		

Obs.:

Neste caso tempo total do ciclo compreende (além das atividades produtivas ), atividades não produtivas tais como: corte da madeira, transporte e espera de material.

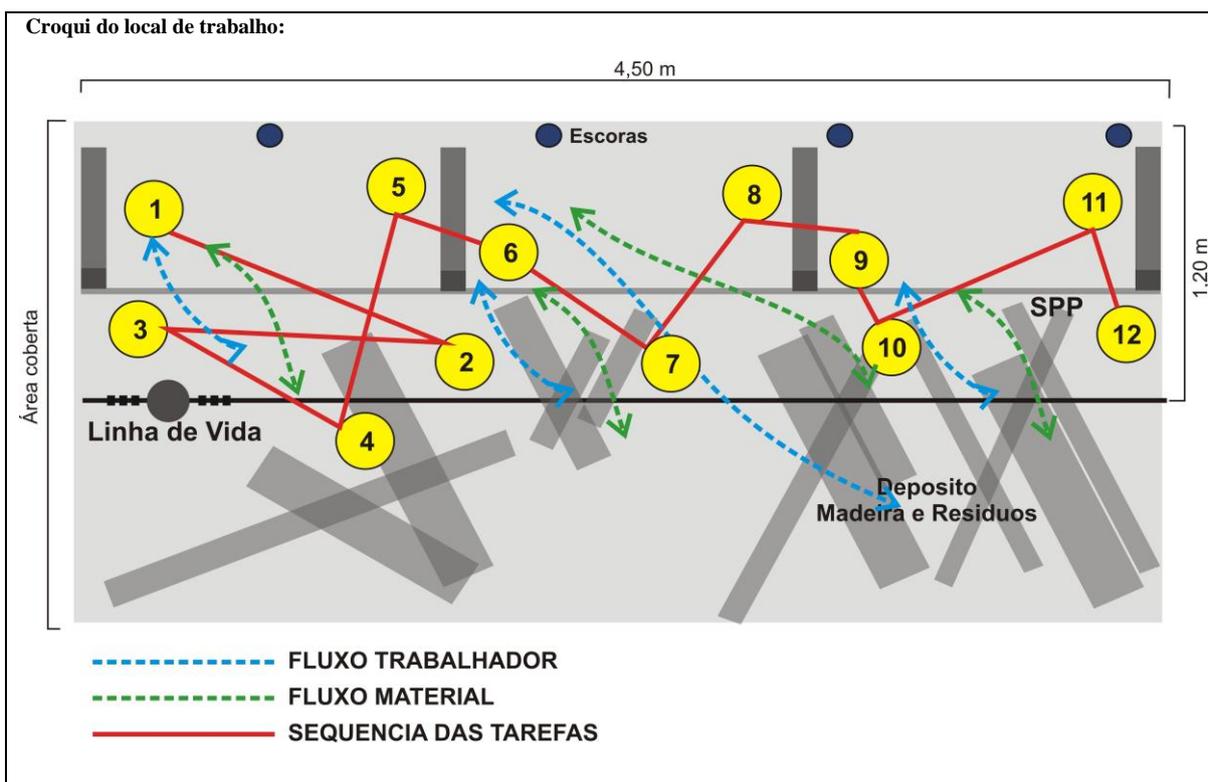
Croqui do local de trabalho:



Cartão de Produção		
Empresa: N -POA		
Tarefa: Montagem	Tipo SPP: MA-II	Padrão avaliação: 03 módulos (4,50 mts)
Observador/es: Guillermina e Pablo		
Medição 02	Data:28/11/2013 Tempo de medição: Início: 08:50 Fim: 10:03	
Trabalhador/es envolvidos	Sequencia atividade / Itens	Tempo (min.)
02	1 - Montantes (04 unid.)	22 min
02	2- Travessão intermediário (peça 4,50 mts)	5 min
02	3- Travessão superior (peça 4,50 mts)	4 min
02	4- Rodapé (peça 4,50 mts)	3 min
02	5- Tela (4,50 ml)	7 min
Produção total :		41 min
Formula: (Homens x Horas)/ml = (02 H x 0,34 H)/4,50 ml = 0,15 HH/ml (tempo total do ciclo produtivo ) = (02 H x 0,60 H)/4,50 ml = 0,26 HH/ml (tempo total do ciclo)		

**Obs.:**

Neste caso tempo total do ciclo compreende (além das atividades produtivas ), atividades não produtivas tais como: espera de material, busca de ferramentas.

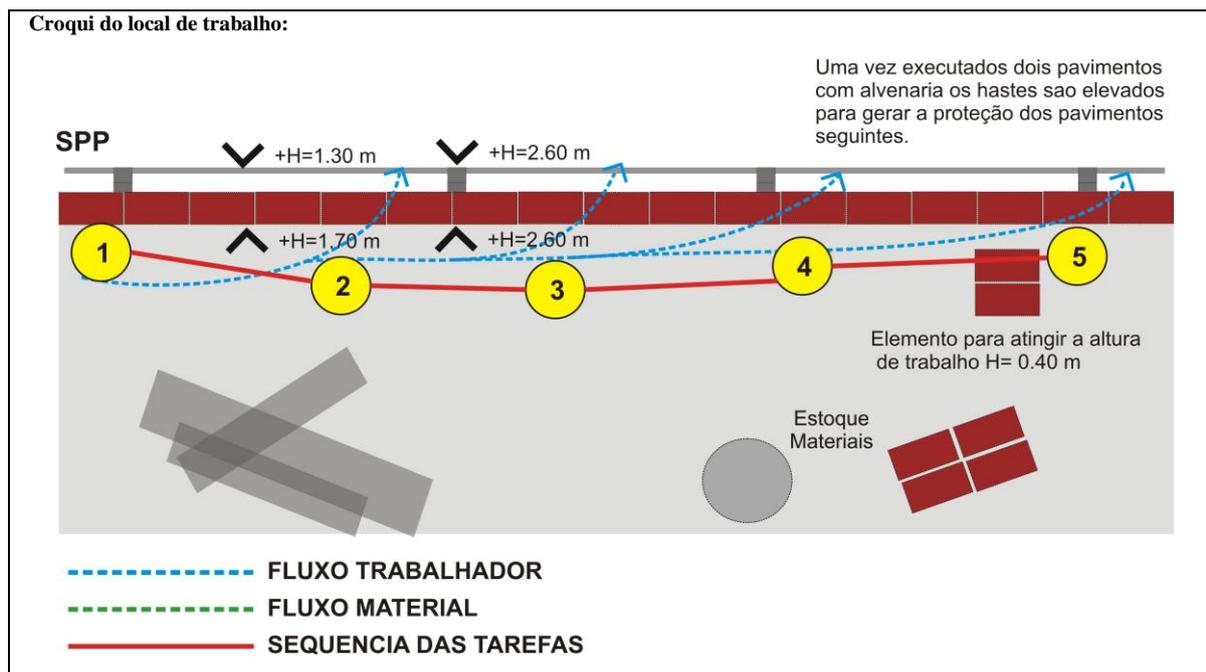
**Croqui do local de trabalho:**

**ESTUDO DOS FLUXOS DE TRABALHO NA MONTAGEM E DESMONTAGEM DOS  
SPP METALICOS**

Cartão de Produção		
Empresa: E-GRAV		
Tarefa: Montagem- Desmontagem	Tipo SPP: ME-II	Padrão avaliação: 03módulos (4,50mts)
Observador/es: Guillermina e Pablo		
Medição 01	Data: 22 /11/2013 Tempo de medição: Início: 08:45 Fim: 08:52	
Trabalhador/es envolvidos	Sequencia atividade / Itens	Tempo (min.)
02	1 - Retirada Tela metálica (02 unid.)	13 seg
02	2- Colocação Tela metálica (02 unid.)	21 seg
	(Falta medição da montagem e desmontagem dos montantes)	
	Produção total :	34 seg
Formula: (Homens x Horas)/ml = (02 H x 0,005 H)/4,50 m = 0,002 HH/ml (tempo total do ciclo produtivo) = (02 H x 0,05 H)/4,50 m = 0,02 HH/ml (tempo total do ciclo)		

**Obs.:**

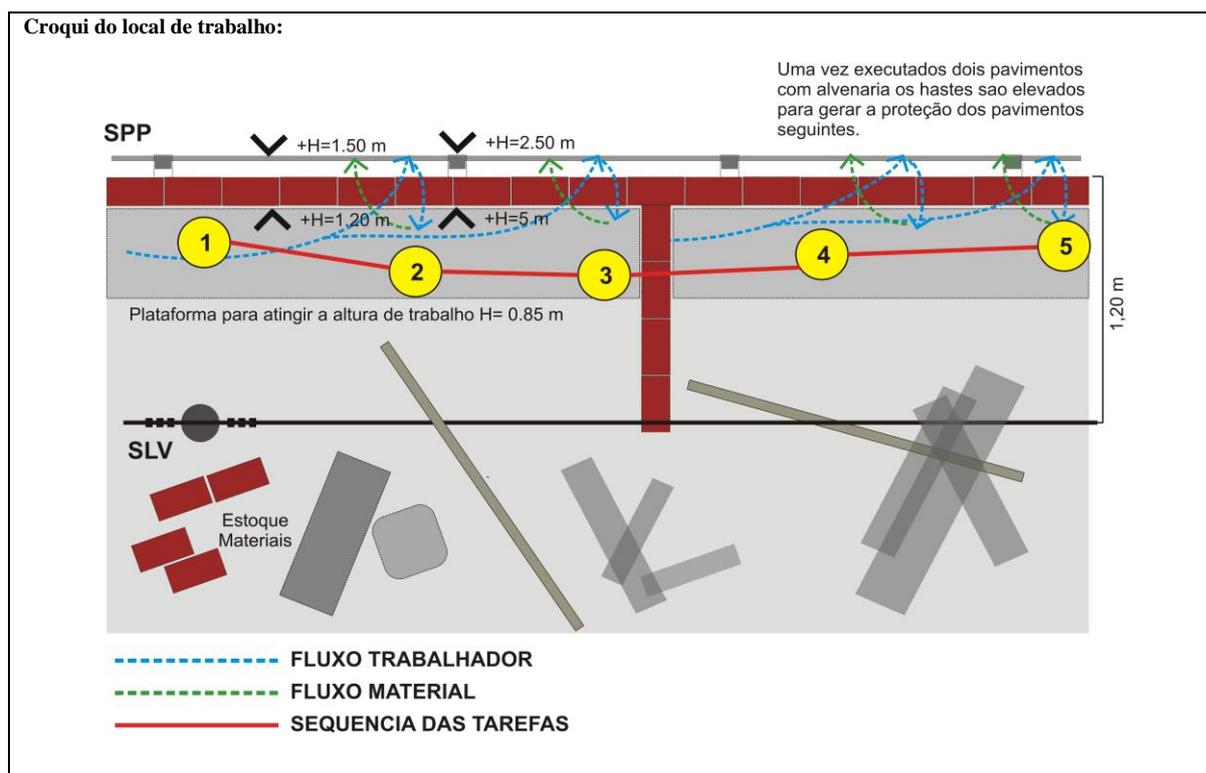
Neste caso tempo total do ciclo compreende (além das atividades produtivas ), atividades não produtivas tais como: espera de ferramentas (base para alcançar a altura desejada)

**Croqui do local de trabalho:**

Cartão de Produção		
Empresa: G-POA		
Tarefa: Montagem- Desmontagem	Tipo SPP: ME-I	Padrão avaliação: 02 módulos (4,20 mts)
Observador/es: Pablo e Miguel		
Medição 01	Data: 27 /06/2013 Tempo de medição: Início: 09:00 Fim: 09:34	
Trabalhador/es envolvidos	Sequencia atividade / Itens	Tempo (min.)
02	1 - Colocação Montantes (03 unid.)	1 min
02	2- Colocação Tela metálica (02 unid.)	6 min 19 seg
02	3- Retirada Tela metálica (02 unid.)	2min 55 seg
02	4- Retirada Montantes (03 unid.)	46 seg.
	<b>Produção total :</b>	<b>11 min</b>
Formula: (Homens x Horas)/ml = (02 H x 0,09 H)/4,20 m = 0,04 HH/ml (tempo total do ciclo produtivo ) = (02 H x 0,28H)/4,20 m = 0,13 HH/ml (tempo total do ciclo)		

**Obs.:**

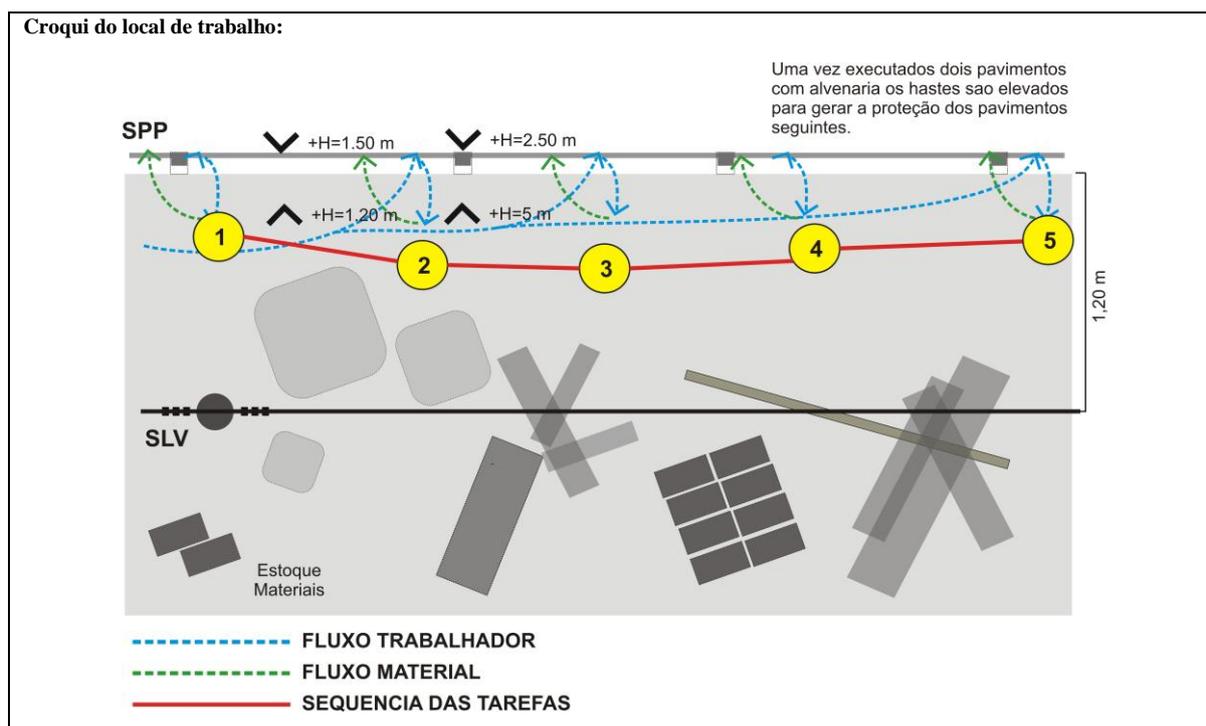
Neste caso tempo total do ciclo compreende (além das atividades produtivas ), atividades não produtivas tais como: dificuldades no encaixe das peças, busca de ferramentas, preparação da superfície de trabalho (andaime).

**Croqui do local de trabalho:**

Cartão de Produção		
Empresa: L-POA		
Tarefa: Montagem- Desmontagem	Tipo SPP: ME-I	Padrão avaliação: 02 módulos (4,20 mts)
Observador/es: Pablo e Miguel		
Medição 01	Data: 18 /02/2014	
	Tempo de medição: Início: 13:33 Fim: 13:54	
Trabalhador/es envolvidos	Sequencia atividade / Itens	Tempo (min.)
02	1 - Colocação Montantes (03 unid.)	50 seg
02	2- Colocação Tela metálica (02 unid.)	2 min
02	3- Retirada Tela metálica (02 unid.)	35 seg
02	4- Retirada Montantes (03 unid.)	42 seg
	<b>Produção total :</b>	<b>4 min 7 seg</b>
Formula: (Homens x Horas)/ml = (02 H x 0,07 H)/4,20 m = 0,03 HH/ml (tempo total do ciclo produtivo ) = (02 H x 0,17 H)/4,20 m = 0,08 HH/ml (tempo total do ciclo)		

**Obs.:**

Neste caso tempo total do ciclo compreende (além das atividades produtivas ), atividades não produtivas tais como: obstáculos no lugar de trabalho para depositar as peças retiradas. Dificuldades de movimentação com a Linha de Vida.

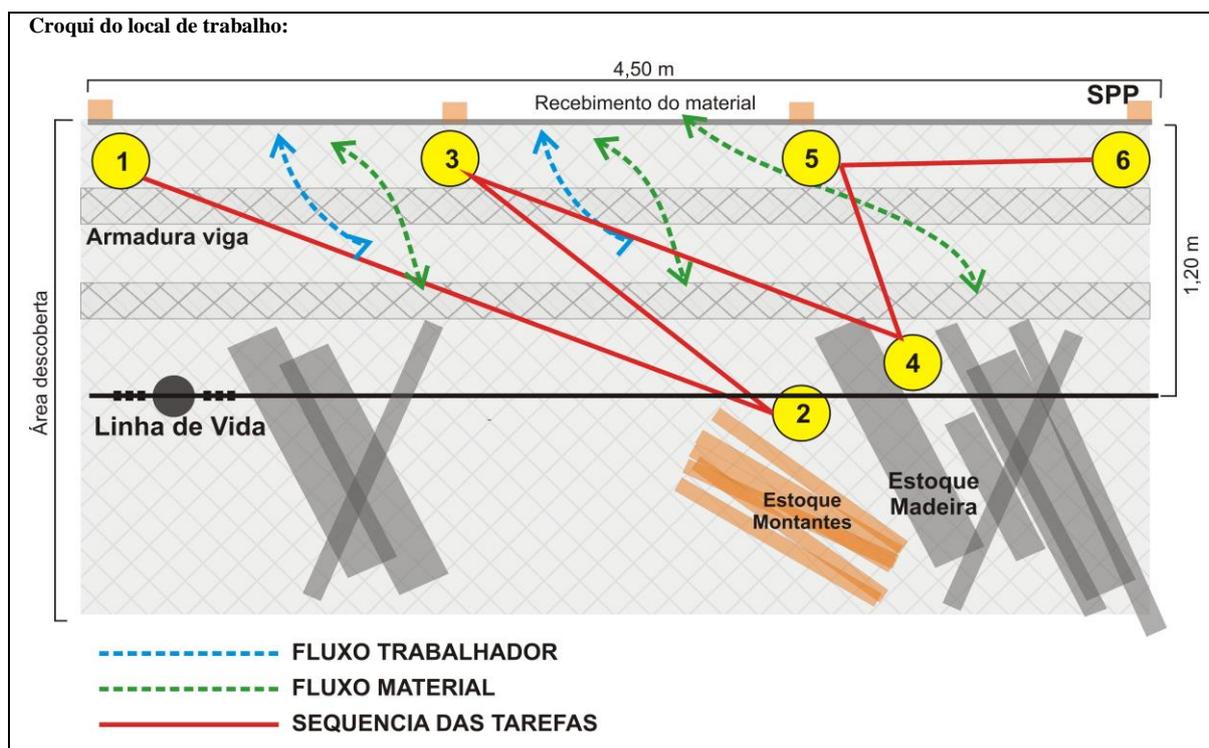
**Croqui do local de trabalho:**

**ESTUDO DOS FLUXOS DE TRABALHO NA MONTAGEM E DESMONTAGEM DOS  
SPP MISTOS**

Cartão de Produção		
Empresa: G -POA		
Tarefa: Montagem	Tipo SPP: MI-II	Padrão avaliação: 03 módulos (4,50 mts)
Observador/es: Pablo		
Medição 01	Data: 27 /02/2014 Tempo de medição: Início: 11:30 Fim: 12:00	
Trabalhador/es envolvidos	Sequencia atividade / Itens	Tempo (min.)
01	1 - Montantes (04 unid.)	2 min
01	2- Rodapé (peça 4,50 mts)	3 min
01	3- Travessão intermediário (peça 4,50 mts)	3 min
01	4-Travessão superior (peça 4,50 mts)	3 min
01	5-Tela (4,50 ml)	5 min
Produção total :		16 min
Formula: (Homens x Horas)/ml = (01 H x 0,26 H)/4,50 m = 0,06 HH/ml (tempo total do ciclo produtivo ) = (01 H x 0,5 H)/4,50 m = 0,11 HH/ml (tempo total do ciclo)		

**Obs.:**

Neste caso tempo total do ciclo compreende (além das atividades produtivas ), atividades não produtivas tais como: Busca e transporte de material, obstáculos no local de trabalho (armaduras), dificuldade no encaixe das peças, união de peças de madeira (diferentes comprimentos).



Cartão de Produção		
Empresa: R -POA		
Tarefa: Montagem	Tipo SPP: MI-I	Padrão avaliação: 03 módulos (4,50 mts)
Observador/es: Guillermina e Pablo		
Medição 01	Data: 06 /11/2014 Tempo de medição: Início: 15:20 Fim: 16:55	
Trabalhador/es envolvidos	Sequencia atividade / Itens	Tempo (min.)
02	1 - Montantes (04 unid.)	6 min
02	2- Rodapé (peça 4,50 mts)	25 seg
02	3- Travessão intermediário (peça 4,50 mts)	21 seg
02	4-Travessão superior (peça 4,50 mts)	16 seg
02	5-Tela (4,50 ml)	1 min
Produção total :		8 min
Formula: (Homens x Horas)/ml = (02 H x 0.13 H)/4,50 m = 0,06 HH/ml (tempo total do ciclo produtivo ) = (02 H x 0.29 H)/4,50 m = 0,13 HH/ml (tempo total do ciclo)		

**Obs.:**

Neste caso tempo total do ciclo compreende (além das atividades produtivas ), atividades não produtivas tais como: Espera de material, corte da madeira, retirar obstáculos do cenário de trabalho (pedras).

**Croqui do local de trabalho:**