

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL**  
**ESCOLA DE ENGENHARIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

José Ilo Pereira Filho

**PROTOCOLO PARA INTEGRAÇÃO DE REQUISITOS**  
**DE SAÚDE E SEGURANÇA DO TRABALHO AO**  
**PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO**  
**DA CONSTRUÇÃO CIVIL (PISP)**

Porto Alegre

2011

José Ilo Pereira Filho

**Protocolo para Integração de Requisitos de Saúde e Segurança do Trabalho  
ao Processo de Desenvolvimento do Produto da Construção Civil (PISP)**

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Engenharia, na área de concentração em Sistemas de Produção.

Orientador: Tarcisio Abreu Saurin, Dr.

Porto Alegre

2011

José Ilo Pereira Filho

**Protocolo para Integração de Requisitos de Saúde e Segurança do Trabalho  
ao Processo de Desenvolvimento do Produto da Construção Civil (PISP)**

Esta tese foi julgada adequada para a obtenção do título de Doutor em Engenharia e aprovada em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora designada pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

---

**Prof. Tarcisio Abreu Saurin, Dr.**  
Orientador PPGEP/UFRGS

---

**Profa. Carla Schwengber ten Caten, Dra.**  
Coordenadora PPGEP/UFRGS

**Banca Examinadora:**

Professor Fernando Gonçalves Amaral, *Ph.D.* (UFRGS)

Professora Luciana Inês Gomes Miron, *Dra.* (UFRGS)

Professor Marcelo Fabiano Costella, *Dr.* (UNOCHAPECÓ)

## AGRADECIMENTOS

Ao professor Tarcisio Abreu Saurin, pela confiança e orientação ao longo da realização deste trabalho;

Aos membros da banca, Marcelo Fabiano Costella, Fernando Gonçalves Amaral e Luciana Inês Gomes Miron, pelos comentários e sugestões apresentadas com o objetivo de valorizar o trabalho;

Aos colegas do Curso de Engenharia Civil da UTFPR;

Às empresas que disponibilizaram sua estrutura para o desenvolvimento dos estudos de caso;

Aos arquitetos, engenheiros e técnicos das empresas onde foram realizados os estudos;

Aos amigos Paulo, Eduardo e Francisco, pelo apoio logístico em Santa Maria e aos amigos André e Tatiana pela hospedagem em Garibaldi;

Ao amigo Rudimar Antunes da Rocha, pela recomendação ao PPGEP - UFRGS;

A todos os amigos que de alguma forma colaboraram para a realização desse trabalho;

Aos meus familiares, especialmente minha mãe Eny, Marcelo, Edna e meu sobrinho Pedro, que estiveram ao meu lado nessa longa jornada e, à Caroline, pela compreensão, apoio, companheirismo e carinho.

## RESUMO

Desde a década de 90 o conceito de design for safety (DFS) vem sendo difundido como meio de reduzir os acidentes do trabalho com causas oriundas nas características do projeto do produto. A utilização do DFS na indústria da construção civil desperta o interesse de vários pesquisadores, mas ainda é pequena e conta com uma lacuna entre o conceito e a aplicação do mesmo. Assim, o objetivo deste trabalho consiste em propor um protocolo para integração de requisitos de segurança no trabalho ao processo de desenvolvimento do produto – PISP, com vistas a auxiliar engenheiros e arquitetos a desenvolver projetos seguros para os usuários temporários das edificações (trabalhadores de construção e manutenção). O método de pesquisa envolveu a realização de três estudos de caso: um empreendimento residencial, um industrial e um hospitalar, executados nas cidades da região central do estado RS, respectivamente, formaram o objeto de análise. A integração de requisitos de saúde e segurança do trabalho (SST) ao processo de desenvolvimento do produto (PDP), foi a unidade de análise deste trabalho. O protocolo inclui quatro etapas: identificação de perigos, avaliação de riscos, identificação de requisitos e avaliação e registro do aprendizado. Sua aplicação no desenvolvimento de projetos favorece o trabalho colaborativo entre os envolvidos no PDP, sendo recomendado sua incorporação ao processo de engenharia simultânea ou a o desenvolvimento integrado de produtos, no entanto, é adaptável a qualquer método de PDP adotado pela empresa construtora ou projetista. O estudo constatou que a integração de requisitos de SST desde as fases iniciais do PDP é viável e mais consistente do que quando realizada na fase de projeto ou reprojeto, como sugere o conceito tradicional de DFS.

Palavras-chave: Construção civil. Projeto para a segurança. Processo de desenvolvimento do produto. Gestão de requisitos.

## ABSTRACT

Since 1990s, the concept design for safety (DFS) has been diffused as way of to reduce the accidents in construction site with causes derived of the characteristics of design. The utilization of DFS in the construction industry awakes the interest of several researches, but yet is low and has a gap between the concept and the application. So, the target this work is to propose a protocol for integration of health and safety work requirements at product development process (PISP), as way of to help engineers and architects to develop safe designs for temporary users of building (workers of construction and maintenance). The research method involved the realization of three cases: a residential undertaking, an industrial and a clinical, was the analysis object. The integration of health and safety work requirements at product development process was analysis unit this work. The protocol has four stages: identification of hazards, assessment of risks, identification of requirements and assessment and register of learning. The application in the development of designs allow the collaborative work between the participants of product development process (PDP), been recommended for incorporation at concurrent engineering process or at integrated development product, however, is adaptive at some method of development of product adopted by designer . The study verified that the integration of health and safety requirements since the early stages of PDP is viable and more solid that when made in design or redesign stages, as suggest the traditional concept of DFS.

Key words: Civil construction. Design for safety. Product development process. Requirements management.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Progressão do foco industrial.....	25
Figura 2: Atividades das três fases de pré-desenvolvimento, desenvolvimento e pós-desenvolvimento.....	27
Figura 3: Divisão de macrofases e atividades do PDP da construção civil.....	31
Figura 4: Divisão de macrofases dos modelos de referência de PDP para a construção de edifícios.....	32
Figura 5: Simbologia utilizada em fluxogramas.....	35
Figura 6: Elementos gráficos do BPMN.....	35
Figura 7: Representação parcial do PDP conforme NBR 13531/85.....	36
Figura 8: Princípios de PPS.....	39
Figura 9: Medidas de projeto para segurança dos usuários.....	39
Figura 10: Exemplos de medidas de projetos para segurança dos usuários.....	40
Figura 11: Incorporação de dispositivos para segurança dos usuários.....	40
Figura 12: Ciclo do gerenciamento de risco.....	45
Figura 13: Classificação de severidade conforme Saurin et al. (2007).....	54
Figura 14: Classificação de severidade A conforme Manuele (2008b).....	54
Figura 15: Classificação de severidade B conforme Manuele (2008b).....	54
Figura 16: Classificação de probabilidade conforme Saurin et al. (2007) e Manuele (2008).....	55
Figura 17: Matriz de avaliação de riscos e priorização de erros.....	56
Figura 18: Matriz de avaliação de risco.....	56
Figura 19: Matriz de avaliação de risco: classificação numérica.....	56
Figura 20: Classificação da severidade do efeito.....	59
Figura 21: Classificação da probabilidade da falha.....	59
Figura 22: Classificação da detecção de uma falha.....	60
Figura 23: Classificação de detecção.....	61
Figura 24: Barreiras de prevenção e proteção.....	61
Figura 25: Diferentes tipos de requisitos relativos a um projeto.....	65
Figura 26 : Detalhamento do processo de captura de requisitos do cliente – CRPM.....	68
Figura 27: Exemplo de decomposição de requisitos.....	69
Figura 28: Paralelo entre o ciclo de gerenciamento de riscos e o modelo CRPM.....	70
Figura 29: Modelo de PDP da construção civil e localização do PPS no contexto atual.....	71

Figura 30: Modelo de PDP da construção civil e localização do PPS proposta pela tese.....	71
Figura 31: Delineamento da pesquisa.....	74
Figura 32: (a) Situação da obra no período do estudo (b) perspectiva final da obra.....	77
Figura 33: Formulário para primeira fase da FMEA-PPS.....	82
Figura 34: Formulário para segunda fase da FMEA-PPS.....	82
Figura 35: Instruções para preenchimento dos campos da FMEA-PPS.....	83
Figura 36: Formulário para identificação de perigos organizacionais.....	84
Figura 37: Projeto da fachada principal e do pavimento tipo do empreendimento A.....	87
Figura 38: Empreendimento A na fase da aplicação do PISP.....	87
Figura 39: Planta baixa do empreendimento B.....	87
Figura 40: Corte projetado do empreendimento B.....	88
Figura 41: Fotografia do Empreendimento B já fase de execução em 22/01/2010.....	88
Figura 42: Resumo das entrevistas para mapeamento do PDP.....	89
Figura 43: Critérios para avaliação do protocolo.....	92
Figura 44: Anteprojeto arquitetônico do subsolo 2.....	95
Figura 45: Anteprojeto arquitetônico do pavimento térreo.....	95
Figura 46: Anteprojeto arquitetônico pavimento tipo.....	96
Figura 47: Escavação do subsolo.....	97
Figura 48: Blocos da fundação.....	97
Figura 49: Montagem da 4ª laje.....	98
Figura 50 (continua): Mapa do PDP do hospital.....	99
Figura 51: Pontos de integração de requisitos de SST ao PDP.....	101
Figura 52: Condições latentes.....	102
Figura 53: Identificação de perigos.....	103
Figura 54: Formulário da FMEA de 1ª fase.....	104
Figura 55 (continua): Formulário da FMEA da 2ª fase.....	106
Figura 56: Detalhe arquitetônico da fachada frontal e área de descida do andaime.....	108
Figura 57: Detalhe das armaduras e apoio das longarinas.....	109
Figura 58: Floreiras do hall de entrada.....	109
Figura 59: Escada principal.....	109
Figura 60: Representação PISP.....	114
Figura 61: Descrição das etapas e atividades do PISP.....	115
Figura 62: Sequência das atividades da etapa 1.....	116
Figura 63: Formulário para identificação de condições latentes organizacionais.....	118

Figura 64: Atividades da etapa 2 .....	120
Figura 65: classificação para cálculo do índice de criticidade .....	121
Figura 66: formulário para priorização de etapas .....	122
Figura 67: Formulário da primeira fase da FMEA-PPS .....	123
Figura 68: Instrução para preenchimento do formulário FMEA-PPS .....	123
Figura 69: Classificação de severidade para preenchimento do formulário FMEA-PPS.....	124
Figura 70: Classificação de probabilidade para preenchimento do formulário FMEA-PPS..	124
Figura 71: Classificação de detecção para preenchimento do formulário FMEA-PPS.....	125
Figura 72: Formulário de APR-PPS .....	125
Figura 73: Atividades da etapa 3 .....	126
Figura 74: Formulário da segunda fase da FMEA-PPS .....	127
Figura 75: Instrução para preenchimento da segunda fase da FMEA-PPS .....	127
Figura 76: Classificação da hierarquia de controle .....	129
Figura 77: Relatório PISP para projeto .....	129
Figura 78: Atividades da etapa 4 .....	130
Figura 79: Atividades do PDP que afetam a SST dos usuários.....	133
Figura 80: Mapa do PDP do Empreendimento A.....	134
Figura 81: Condições latentes do Empreendimento A .....	135
Figura 82: (a) Detalhe do shaft e (b) sacadas .....	136
Figura 83: Aplicação do FMEA-PPS no Empreendimento A.....	138
Figura 84 (continua): Resultado da APR-PPS.....	139
Figura 85 (continua): Rresultado da FMEA-PPS .....	142
Figura 86 (continua): Relatório PISP para projeto .....	145
Figura 87: Soluções para manutenção de reservatórios e instalação de antenas de Tv.....	150
Figura 88: Colocação de ganchos para a execução forros nas sacadas .....	151
Figura 89: PPS voltado para restrição de acesso às áreas de risco de queda de altura.....	152
Figura 90: Gráfico da hierarquia de controles adotados no Empreendimento A .....	153
Figura 91: Gráfico da aplicação dos princípios de PPS no Empreendimento A.....	154
Figura 92: Gráfico das disciplinas de projeto relacionadas às medidas de PPS no Empreendimento A.....	154
Figura 93: Atividades que influenciaram na SST dos usuários do empreendimento B .....	158
Figura 94 (continua): Mapa do PDP do Empreendimento B .....	159
Figura 95: Condições latentes do empreendimento B.....	161
Figura 96 (continua): Aplicação da FMEA-PPS no Empreendimento B.....	164

Figura 97 (continua): Aplicação da ARP-PPS ao Empreendimento B .....	166
Figura 98 (continua): Resultado da FMEA-PPS no Empreendimento B .....	169
Figura 99 (continua): Relatório PISP para projeto do Empreendimento B.....	174
Figura 100: Soluções PPS voltadas para manutenção dos telhados .....	176
Figura 101: Soluções PPS para execução e manutenção do telhado.....	177
Figura 102: Solução de PPS para definição de áreas de acesso ao forro e ao telhado por escada fixa.....	177
Figura 103: Gráfico da hierarquia de controle adotado no Empreendimento B.....	178
Figura 104: Gráfico da aplicação dos princípios de PPS no Empreendimento B .....	179
Figura 105: Gráfico das disciplinas de projeto relacionadas às medidas de PPS no Empreendimento B.....	180
Figura 106: Avaliação da aplicação do protocolo nos empreendimentos A e B.....	181

### **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1: Determinação das etapas prioritárias.....	137
Tabela 2: Resumo da aplicação das etapas 2 e 3 do PISP .....	144
Tabela 3: Determinação das etapas prioritárias.....	162
Tabela 4: Resumo da aplicação das etapas 2 e 3 do PISP no Empreendimento B.....	173

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>vi</b>
<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	<b>ix</b>
<b>LISTA DE SIGLAS.....</b>	<b>xiii</b>
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>14</b>
1.1 JUSTIFICATIVA .....	14
1.1.1 Contexto .....	14
1.1.2 Problema de pesquisa .....	19
1.2 QUESTÕES E OBJETIVOS DA PESQUISA .....	21
1.2.1 Questões de pesquisa .....	21
1.2.2 Objetivo geral .....	22
1.2.3 Objetivos específicos .....	22
1.3 DELIMITAÇÕES DA PESQUISA.....	22
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO .....	22
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>24</b>
2.1 PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO (PDP).....	24
2.1.1 Evolução do PDP.....	24
2.2 Fases do PDP .....	26
2.3 Modelo de referência de PDP.....	28
2.3.1 Exemplos de modelos de PDP aplicados na construção civil .....	29
2.4 MODELAGEM DO PDP .....	33
2.5 SST NO PDP DA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	36
2.5.1 Projeto para segurança (PPS) .....	36
2.5.2 Princípios do PPS .....	38
2.6 LEGISLAÇÃO DE INTERESSE AO PPS NA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	41
2.7 GERENCIAMENTO DE RISCOS DE ACIDENTES.....	45
2.7.1 Análise de perigos e avaliação de riscos .....	48
2.7.1.1 Decisões organizacionais que afetam a SST .....	51
2.7.1.2 Fatores sociais e técnicos que afetam a SST .....	51
2.7.2 Avaliação de risco .....	53
2.7.2.1 Matriz para avaliação de risco .....	53
2.7.2.2 Análise do modo de falha e seus efeitos (FMEA).....	57
2.7.3 Resposta aos riscos e adoção de barreiras contra acidentes .....	61

2.8	GESTÃO DE REQUISITOS.....	63
2.9	ASSOCIAÇÃO ENTRE ENGENHARIA DE REQUISITOS E O CICLO DE GERENCIAMENTO DE RISCO.....	69
2.10	CONSIDERAÇÕES .....	70
<b>3</b>	<b>MÉTODO DE PESQUISA .....</b>	<b>73</b>
3.1	ESTRATÉGIA DE PESQUISA .....	73
3.2	DELINEAMENTO DA PESQUISA.....	74
3.3	ESTUDO EXPLORATÓRIO.....	75
3.3.1	Descrição da empresa .....	76
3.3.2	A obra estudada .....	76
3.3.3	Mapeamento do processo de desenvolvimento do produto.....	77
3.3.4	Identificação dos pontos de integração de requisitos de SST no PDP .....	80
3.3.5	Identificação dos perigos e avaliação de riscos inerentes aos projetos .....	81
3.3.6	Integração dos requisitos de segurança do trabalho ao PDP .....	84
3.4	ESTUDO EMPÍRICO .....	85
3.4.1	Descrição da empresa .....	85
3.4.2	Identificação dos perigos relacionados ao PDP.....	88
3.4.3	Identificação de perigos e avaliação de riscos.....	90
3.4.4	Identificação de requisitos .....	91
3.4.5	Avaliação do PPS e registro do aprendizado.....	91
3.4.6	Avaliação do estudo de empírico.....	91
<b>4</b>	<b>ESTUDO DE CASO EXPLORATÓRIO .....</b>	<b>93</b>
4.1	MAPEAMENTO DO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO .	93
4.1.1	Identificação dos pontos de integração dos requisitos de SST ao PDP.....	101
4.1.2	Identificação dos perigos inerentes ao PDP .....	101
4.2	IDENTIFICAÇÃO DOS PERIGOS INERENTES AOS PROJETOS .....	102
4.3	INTEGRAÇÃO DOS REQUISITOS DE SST AO PDP .....	110
4.4	CONSIDERAÇÕES SOBRE O ESTUDO EXPLORATÓRIO.....	111
<b>5</b>	<b>PROTOCOLO DE INTEGRAÇÃO DE REQUISITOS DE SST AO PDP DA CONSTRUÇÃO CIVIL (PISP).....</b>	<b>112</b>
5.1	VISÃO GERAL DO PISP .....	112
5.2	DETALHAMENTO DAS ETAPAS E ATIVIDADES DO PISP .....	116
5.2.1	Etapa 01 - identificação de perigos relacionados ao PDP .....	116
5.2.2	Etapa 02 - identificação de perigos e avaliação de riscos.....	120

5.2.3	Etapa 3 - identificação de requisitos de SST .....	126
5.2.4	Etapa 4 – Avaliação do PPS e registro do aprendizado.....	130
<b>6</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>132</b>
6.1	APLICAÇÃO DO PISP NO EMPREENDIMENTO A.....	132
6.1.1	Etapa 1 - identificação dos perigos relacionados ao PDP .....	132
6.1.2	Etapa 2 - identificação de perigos e avaliação de riscos.....	136
6.1.3	Etapa 3 – identificação de requisitos .....	141
6.1.4	Etapa 4 - Avaliação do PPS e registro do aprendizado .....	152
6.2	APLICAÇÃO DO PISP NO EMPREENDIMENTO B.....	155
6.2.1	Etapa 1 - identificação dos perigos relacionados ao PDP .....	155
6.2.2	Etapa 2 - identificação de perigos e avaliação de riscos.....	162
6.2.3	Etapa 3 – identificação de requisitos .....	168
6.2.4	Etapa 4 - avaliação do PPS e registro do aprendizado .....	178
6.3	AVALIAÇÃO DA APLICAÇÃO DO PISP .....	181
<b>7</b>	<b>CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....</b>	<b>183</b>
7.1	CONCLUSÕES .....	183
7.2	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	185
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>186</b>
	<b>APÊNDICE A .....</b>	<b>194</b>
	<b>APÊNDICE B .....</b>	<b>211</b>
	<b>APÊNDICE C .....</b>	<b>220</b>
	<b>APÊNDICE D .....</b>	<b>223</b>
	<b>APÊNDICE E .....</b>	<b>224</b>
	<b>APÊNDICE F .....</b>	<b>226</b>

**LISTA DE SIGLAS**

- APO – Avaliação pós-ocupação
- APR – Análise preliminar de riscos
- APR-PPS – Análise preliminar de riscos (adaptada ao PPS)
- CDC – Código de defesa do consumidor
- CDM – *Construction (Design and Management) Regulations*
- DFS- *Design for safety* (Projeto para segurança)
- EPC – Equipamento de proteção coletiva
- EPI – Equipamento de proteção individual
- FMEA – Análise do modo de falha e seus efeitos
- FMEA-PPS – Análise do modo de falha e seus efeitos (adaptada ao PPS)
- NPR – Número prioritário de risco
- NR – Norma regulamentadora
- PCMAT – Programa de condições e meio ambiente de trabalho na indústria da construção
- PCP – Planejamento e controle da produção
- PCS – Planejamento e controle da segurança
- PDP – Processo de desenvolvimento de produto
- PGP – Princípios gerais de prevenção
- PISP – Protocolo para integração de requisitos de saúde e segurança do trabalho ao processo de desenvolvimento do produto da construção civil
- PPS – Projeto para segurança
- SST – Saúde e segurança do trabalho

# 1 INTRODUÇÃO

---

## 1.1 JUSTIFICATIVA

### 1.1.1 Contexto

A segurança do trabalho na indústria da construção civil é uma preocupação evidenciada em diversos países, desenvolvidos ou não. GEMINIANI; SMALLWOOD; VAN WYK, 2005 descrevem situação da África do Sul, Musonda (2005) em Botswana. No continente americano e na Oceania, a preocupação é verificada pelos trabalhos de Olbina e Hinze (2008) e SITESAFE (2008), respectivamente. No continente asiático, pode-se exemplificar com os trabalhos de Mohamed e Ali (2005) e Wong *et al.* (2005) que tratam respectivamente dos problemas encontrados no Paquistão e na China, respectivamente.

No Brasil, segundo o Ministério da Previdência Social, no ano de 2009 foram registrados 723452 acidentes do trabalho. A indústria da construção civil foi responsável por 7,48% desses, somando 54142 casos, sendo 19131 (35,33%) oriundos do setor de construção de edifícios (BRASIL, 2009).

De acordo com Churcher e Alwani-Starr (1997) evitar acidentes 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, já que os acidentes do trabalho geram custos e redução da produtividade.

As características da construção civil colaboram para que seja uma indústria que apresenta elevado risco de acidentes do trabalho. É notório que uma obra envolve um grande número de atividades que, por sua vez, necessitam uma gama de itens de consumo direto e de apoio. Conforme Limmer (1997), a construção civil pode ser considerada como uma fábrica móvel, onde operadores e materiais se movimentam em torno do produto final, caracterizando um arranjo físico do tipo fixo. Essa movimentação de materiais e de estruturas de apoio (por exemplo, formas, andaimes e escoramentos) assim como a execução de escavações, estruturas e trabalhos em altura, aliados à grande rotatividade da mão-de-obra, geram perigos e riscos que comprometem a segurança do trabalho nos canteiros de obras.

As causas dos acidentes do trabalho na construção foram divididas em três classes por Churcher e Alwani-Starr (1997): a) falha em decisão de projeto, b) falha no planejamento dos processos e c) falhas na execução dos planos. De acordo com aqueles autores, 36% dos acidentes ocorridos na construção civil entre 1986 e 1989 no Reino Unido foram oriundos de decisões de projeto e 27% foram relativos ao planejamento da obra. No entanto, quando se referem às decisões de projeto, Churcher e Alwani-Starr (1997) apontam somente os aspectos relativos ao projeto do produto (por exemplo, estrutural, arquitetônico, de fundações, dentre outros), não incluindo as decisões originadas em outras etapas do Processo de Desenvolvimento do Produto (PDP), que também influenciam na Saúde e Segurança do Trabalho (SST), tais como a forma de contratação de projetistas e a definição das formas de financiamento. Destaca-se que o PDP se refere ao conjunto interdisciplinar de atividades que iniciam na identificação de uma oportunidade de mercado e terminam com a venda e entrega do produto, passando pela concepção, projeto e fabricação (ULRICH; EPPINGER, 2000). Assim, avaliar apenas o impacto de uma atividade do PDP (projeto) pode ocultar outras causas de acidentes do trabalho.

Nesta tese, a palavra projeto, quando usada isoladamente, se refere aos desenhos e memoriais descritivos de qualquer elemento da edificação (por exemplo, fundações, estrutura, alvenaria, revestimento, utilidades, dentre outros) ou de qualquer instalação de segurança (por exemplo, guarda-corpo, platibanda, linha de vida, dentre outros). Já a expressão disciplina de projeto, se refere à ênfase do projeto (arquitetônico, estrutural, elétrico, telefônico, hidrossanitário).

Comprovando a relação entre o projeto e os acidentes do trabalho, Behm (2005) estudou 224 registros de acidentes do trabalho na construção civil e verificou que 42% dos casos poderiam ser evitados se a segurança do trabalho fosse considerada na fase de projeto. Da mesma forma que Churcher e Alwani-Starr (1997), Behm (2005) faz uma classificação genérica de causas

relativas ao projeto, não apontando quais falhas de projeto foram as mais importantes. Os resultados desses estudos são relevantes para alertar os projetistas quanto a sua responsabilidade com a SST, mas contribuem pouco para identificar como os projetos podem ser melhorados para favorecer a SST.

Em função da contribuição das características do projeto em muitos acidentes, vários autores, como Churcher e Alwani-Starr (1997); Rowlinson (2004); Hinze (2005); Anderson (2005); Saurin (2005); Behm (2008); Toole e Gambatese (2008) Farooqui, Ahmed e Azhar (2008) e Saurin e Formoso (2008) defendem a importância e a influência da participação dos projetistas sobre a segurança dos trabalhadores.

Desenvolver o projeto de forma que esse ofereça segurança aos usuários é o objetivo do *Design for safety* (DFS), definido em 1994, pela Associação Americana de Engenheiros de Segurança (ASSE), como o princípio de concepção de novas instalações, equipamentos e operações para conservar recursos humanos e naturais, protegendo pessoas, os bens e o ambiente (ASSE, 1994). A aplicação deste princípio na construção civil é conhecida como DFCS (*Design for construction safety*) e é definida por Toole, Hervol e Hallowell (2006) como a consideração da segurança do trabalho na fase de projeto, com o objetivo de reduzir-se os riscos de acidentes inerentes a essa fase. Também é possível encontrar na literatura outras nomenclaturas para o mesmo princípio, tais como, *Safety in design* – SiD, (SiD, 2005) *Prevention through design* - PtD (MANUELE, 2008b) e *Construction hazards prevention through design* – CHPtD (TOOLE; GAMBATESE, 2008).

Nesta tese, adotou-se o termo Projeto para Segurança (PPS) para expressar o conceito de desenvolver os projetos considerando-se a SST durante todo o ciclo de vida da edificação, tendo como foco o usuário temporário, definido como os trabalhadores que executam a obra, trabalhadores de manutenção predial, técnicos de serviços especializados em telefonia, televisão, ar-condicionado, internet, dentre outros trabalhadores que interagem esporadicamente com o edifício.

Mesmo que o foco principal deste trabalho seja garantir a segurança do usuário temporário, vale salientar que algumas medidas resultantes do PPS também podem atender aos usuários finais na realização de tarefas semelhantes. Além disso, conforme Manuele (2008a) embora o conceito de PPS venha sendo discutido desde o início dos anos 1990 sua aplicação ainda é pequena na indústria da construção civil. Contudo, o princípio de considerar a segurança do usuário já no projeto é conhecido pelos projetistas. Hecker, Gambatese e Weinstein (2006) apontam que arquitetos e engenheiros incorporam requisitos de segurança em seus projetos,

porém enfatizando os usuários finais e considerando exigências legais, tais como aquelas de corpo de bombeiros e códigos de obras.

Prugh (1996) relata que nos EUA ações judiciais têm responsabilizado arquitetos por decisões de projeto que contribuíram em acidentes, recomendando que eticamente o projetista deva considerar as conseqüências de suas decisões em relação à segurança dos usuários temporários, independentemente dos requisitos legais. Hecker, Gambatese e Weinstein (2006) relatam que nos EUA alguns juízes têm reconhecido o impacto do projeto sobre os riscos da obra e estão responsabilizando arquitetos, engenheiros e outros projetistas.

Nos países da União Européia, a consideração da segurança na fase de projeto está, ao menos do ponto de vista legal, mais avançada. Desde que a Diretiva Européia 92/57/CEE (Prescrições Mínimas de Segurança e Saúde a Aplicar nos Canteiros Móveis e Temporários) entrou em vigor, os índices de acidentes estão decrescendo, mostrando um resultado positivo da implantação da norma (AIRES; GÁMEZ; GIBB, 2009).

O gerenciamento de riscos de acidentes na etapa de projeto das edificações é tema de vários estudos, que podem ser agrupados como segue: (a) estudos acerca da identificação das barreiras para implantar o conceito (GAMBATESE; BEHM; HINZE, 2005; HECKER; GAMBATESE; WEINSTEIN, 2006; HEIDEL, 2008; ZARGES; GILES, 2008); (b) estudos acerca da experiência com a Diretiva Européia (ANDERSON, 2005; AIRES; GÁMEZ; GIBB, 2009); (c) estudos que propõem bancos de dados de boas práticas de segurança que podem ser incorporadas aos projetos (SINNOTT, 1985; HINZE; GAMBATESE, 1996; WEINSTEIN; GAMBATESE; HECKER, 2006; OLBINA; HINZE, 2008); (d) proposição de diretrizes e métodos para integração da segurança ao projeto (SAURIN, 2005; MANUELE, 2008; SAURIN; FORMOSO, 2008; HINZE; MARINI, 2008; LIANG; SONG, 2008; FAROOQUI; AHMED; AZHAR, 2008; REUSAND; UTNE, 2009).

Dentre as barreiras que fazem com que os princípios de PPS sejam timidamente aplicados pelos projetistas da construção civil, pesquisadores como Hinze e Gambatese (1996); Churcher e Alwani-Starr (1997); Miron *et al.* (2002); Fabrício (2002); Rowlinson (2004); Gambatese, Behm e Hinze (2005); Anderson (2005); Hecker, Gambatese e Weinstein (2006); Heidel (2008); Zarges e Giles (2008), destacam:

a) a dificuldade de prototipagem e padronização de soluções, contribuindo para que o PDP tradicionalmente seja voltado para a definição do produto (forma, dimensões e materiais), sem considerar as implicações das soluções adotadas sobre o processo de produção;

- b) pouca integração entre projetistas e construtores devido à estrutura tradicional de contratos na construção civil, conhecida como *desing-bid-build* (DBB), 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 apregoada pelo PPS;
- c) a carência na formação curricular de arquitetos e engenheiros sobre a disciplina de segurança do trabalho na construção e, conseqüentemente, sobre os princípios do projeto para segurança (PPS);
- d) pouca disponibilidade de métodos, aplicados e validados com base em experiências práticas, para integrar a segurança aos projetos.

Sobre esta última barreira, autores como Cameron e Hare (2008); Manuele (2008); Saurin e Formoso (2008); Roughton e Crutchfield (2008); Reussand e Utne (2009) apontam muitas técnicas úteis à identificação de perigos e avaliação de riscos durante o PDP, como por exemplo: Análise dos Modos de Falhas e seus Efeitos (FMEA), simulação 3D ou 4D (a quarta dimensão corresponde ao cronograma de execução), *checklists*, árvores de falhas, *brainstorming*, Processo Hierárquico Analítico (AHP), Análise de Perigos e Operacionalidade (HAZOP), dentre outras. Contudo, há poucas evidências empíricas do uso dessas técnicas no contexto do PPS na construção civil.

Desenvolver pesquisas e ferramentas voltadas ao conceito de PPS, que possam ser aplicadas também por pequenas e médias empresas de projeto e construção, é pertinente, pois, dentre 110.643 empresas de construção civil atuantes no Brasil, 87,20% possuíam até 19 funcionários (MTE, 2007), caracterizando um setor pulverizado.

Para incentivar o interesse das empresas no PPS, Behm (2008) sugere que as seguradoras poderiam demonstrar que o projeto seguro reduz de fato a exposição às reclamações indenizatórias e também poderiam alterar os padrões de seguro, oferecendo um menor custo para projetos onde os princípios do PPS fossem aplicados.

Nessa linha, no Brasil, essa redução do custo do Seguro do Acidente do Trabalho (SAT) pode ocorrer desde que a empresa tome medidas que reduzam o número de acidentes do trabalho e doenças ocupacionais de seus funcionários.

Em 8 de maio de 2003, foi implantada a Lei nº 10666/2003 que possibilita às empresas a redução das despesas com o SAT em até 50% das taxas, conforme o resultado dos investimentos na redução de acidentes. Essa lei incentiva a prevenção, eliminando o caráter indenizatório do SAT (ARRUDA, 2004). O SAT é calculado em função do Fator Acidentário

de Prevenção (FAP), fixado em 1, 2, ou 3% sobre a folha de pagamento da empresa, conforme o grau de risco do setor industrial a que pertence: construção de edifícios se enquadra na faixa de 3%. A partir do decreto 6042/07, o FAP será calculado anualmente em função do desempenho da empresa na prevenção de acidentes do trabalho em relação à média nacional do setor (MPS, 2007).

Desta forma, a empresa que investir na redução de acidentes poderá reduzir sua alíquota em 50% ou aumentá-la em 100% se o desempenho for abaixo da média do setor calculada anualmente, beneficiando as empresas que investem na redução dos acidentes do trabalho.

### **1.1.2 Problema de pesquisa**

Embora o conceito de PPS (Projeto Para a Segurança) seja discutido por vários autores, a abordagem desses trabalhos enfatiza a aplicação de medidas de SST somente nas atividades vinculadas a macrofase de projeção (que compõem a elaboração dos desenhos e memoriais, como anteprojeto, projeto arquitetônico e projetos executivos), sendo desconsideradas as decisões tomadas durante as demais etapas do PDP que também podem influenciar nas condições de SST.

É possível que uma causa do problema esteja na própria definição do conceito de PPS, pois para Manuele (2008b) e CDM (2007), o termo *design* (projeto) se refere ao processo de conversão de uma idéia em informações detalhadas, para que um produto ou sistema técnico possa ser produzido, incluindo desenhos, detalhes de projeto, especificações, quantitativos e cálculos.

De fato, estudos como os de Hinze (1997) e Manuele (2008b), consideram o projeto como algo estático, que não evolui ao longo de várias fases de maturidade, detalhamento e complexidade, bem como ignoram suas interdependências com outras decisões-chave de concepção do empreendimento (por exemplo, fontes de financiamento da construção). Hinze (2005) sugere a análise do projeto em função das atividades do seu cronograma, mas esta abordagem permite supor que, se o cronograma já está estabelecido, o projeto se encontra em um avançado estágio de elaboração. Em função disso, as propostas de tais estudos são direcionadas à identificação e avaliação de riscos e perigos sobre projetos em estágios avançados de desenvolvimento, limitando as possibilidades de intervenção.

Saurin (2005) recomenda que as etapas de identificação de riscos, avaliação de riscos e resposta aos riscos devem ocorrer em cada fase do projeto (por exemplo, estudo preliminar, anteprojeto, projeto legal e, no projeto como construído), porém não apresenta detalhes de como implantar essa proposta. Além disso, os estudos citados não consideram o impacto que a organização do PDP tem sobre a segurança, o que implica em considerar, no gerenciamento de riscos, assuntos que vão além do projeto do produto, tais como a forma de contratação dos projetistas, definição de orçamento, determinação do prazo de entrega, do preço de venda e de vendas antecipadas.

Na construção de edifícios, existem alguns modelos para orientar o PDP, tais como aqueles propostos por NBR 13531/95 (Elaboração de projetos de edificações - Atividades técnicas), Tzortzopoulos (1999), Jobim et al. (1999), AsBEA (2000) Fabrício (2002), Silva (2003) e Romano (2003).

Um aspecto a ser observado nesses modelos é que eles têm como premissa a garantia da qualidade dos serviços e a retroalimentação aos novos projetos sob a perspectiva dos usuários finais, normalmente através da avaliação de pós-ocupação (APO). No entanto, nenhum deles considera os requisitos de segurança do trabalho e tampouco abordam a avaliação do projeto sob a visão dos usuários temporários, não promovendo a melhoria contínua sob essa perspectiva.

Verifica-se também que as pesquisas sobre o tema não abordam os relacionamentos entre o projeto do produto e o projeto de equipamentos auxiliares à execução e manutenção, como andaimes e escadas. Por exemplo, fachadas convexas oferecem apenas um ponto tangente ao andaime, criando a necessidade de um projeto especial do andaime que permita o acesso seguro do operário à superfície da fachada.

Dos trabalhos encontrados sobre a aplicação prática do conceito de PPS em obras da construção civil, verificou-se que poucos indicam quais os princípios devem ser seguidos e nenhum indica como avaliar o quanto um determinado projeto está alinhado a esses princípios. Dentre os princípios úteis para o PPS, podem ser citados os princípios gerais de prevenção (Diretiva 92/57/CEE), os princípios da construtibilidade (CROWTHER, 2002; RODRIGUES, 2005), princípios de DFS (ASSE, 1994) e os princípios de PPS apontados por Saurin e Formoso (2008).

Para eliminar ou reduzir um risco inerente a um projeto, mais de um princípio de PPS pode ser aplicados, assim como um mesmo princípio pode eliminar ou reduzir mais de um tipo de

risco presente nesse projeto. Desta forma, é importante identificar qual o princípio está sendo aplicado no gerenciamento de cada risco, favorecendo a rastreabilidade das soluções adotadas e permitindo a escolha de outras soluções sem perder o foco do princípio adotado.

A tese está assumindo, com base em estudos anteriores como os de Main e Ward (1992); Hinze e Gambatese (1996); Churcher e Alwani-Starr (1997); Anderson (2005); Saurin (2005) e Behm (2008), que os projetistas não possuem conhecimento suficiente sobre SST que possibilite a eles mesmos já considerarem os requisitos de SST no momento em que as decisões são tomadas. Deste modo, assume-se que outro interveniente deve atuar em colaboração com os projetistas realizando intervenções pontuais no PDP.

Com base no que foi exposto, este trabalho parte do pressuposto que a criação de um protocolo para integração de requisitos de SST ao longo do PDP facilite a adoção do conceito de PPS por engenheiros, arquitetos e construtoras, gerando edifícios mais seguros, tanto na execução quanto na manutenção, ampliação, reforma e demolição, contribuindo para a melhoria das condições de trabalho na indústria da construção civil.

## 1.2 QUESTÕES E OBJETIVOS DA PESQUISA

### 1.2.1 Questões de pesquisa

Como integrar requisitos de segurança e saúde no trabalho ao processo de desenvolvimento do produto (PDP) em empreendimentos de construção civil?

A partir da questão inicial, outras questões são necessárias para auxiliar na resolução do problema:

- a) Como identificar perigos e riscos<sup>1</sup> de acidentes de trabalho originados durante o PDP em empreendimentos de construção civil?
- b) Como avaliar o quanto um projeto de uma edificação considera os princípios de PPS?

---

<sup>1</sup> Perigo é alguma coisa com potencial de causar um dano, enquanto risco é a probabilidade de um dano ser causado por um perigo (SiD, 2005; MANUELE, 2000).

### 1.2.2 Objetivo geral

Desenvolver um protocolo de integração de requisitos de SST ao processo de desenvolvimento de produto (PDP) da construção civil.

### 1.2.3 Objetivos específicos

- a) Desenvolver procedimentos para identificar perigos e riscos de acidentes de trabalho originados durante o processo de desenvolvimento do produto.
- b) Propor um indicador para avaliar o quanto o projeto de uma edificação considera princípios de PPS.

## 1.3 DELIMITAÇÕES DA PESQUISA

Dentre as delimitações da pesquisa, pode-se destacar:

- a) Não serão avaliados os custos e ganhos financeiros decorrentes da integração da segurança ao PDP.
- b) Foram realizadas 3 estudos de caso em obras de edificações, sendo um hospital composto por 16 pavimentos e 15000 m<sup>2</sup> de área construída, um edifício residencial de 8 pavimentos e 7266,76 m<sup>2</sup> e uma obra industrial de um pavimento e 1200 m<sup>2</sup> em estrutura pré-fabricada. Logo, a configuração do modelo reflete esse contexto, sendo que dificuldades não identificadas neste estudo podem limitar a aplicação do modelo em novos contextos.
- c) Não serão detalhadas e calculadas tecnicamente as medidas sugeridas no projeto para segurança, as mesmas são apenas representativas dos resultados da aplicação do PISP e servem como exemplos de medidas de PPS.

## 1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho está estruturado em cinco capítulos. *No primeiro*, encontra-se a introdução, onde se procura destacar a relevância do tema, definir claramente a pergunta de

pesquisa, os seus objetivos e justificativas, com a finalidade de apontar a importância e o enfoque desta tese.

Foram retirados da literatura especializada, os temas relevantes para este estudo, e o *segundo* capítulo foi reservado para tratar sobre processo de desenvolvimento de produto, segurança do trabalho na construção civil, apresentará os princípios necessários para o desenvolvimento de projetos voltados para a construção segura (*Design for Safety Construction*) e conceitos de gestão de requisitos.

O *capítulo três* descreve a metodologia utilizada na investigação, referente às perguntas, delimitação e perspectiva da pesquisa, população, nível e unidade de análise, tipos, técnicas de coleta de dados, variáveis e limitações da pesquisa, os quais proporcionam indicações para que esta pesquisa sirva como referência para outros estudos e, também, para que o leitor avalie a credibilidade da mesma.

O *capítulo quatro* descreve o estudo exploratório realizado sobre o PDP de uma obra hospitalar que definiu as diretrizes básicas para a proposta do Protocolo de Integração de Requisitos de Saúde e Segurança do Trabalho ao Processo de Desenvolvimento de Produto da Construção civil (PISP).

Na sequência, o *capítulo cinco* apresenta detalhadamente o PISP, descrevendo cada uma das etapas, suas atividades, critérios de aplicação e avaliação e toda a sequência de aplicação do protocolo. Já o *capítulo seis* apresenta, analisa e discute os resultados do estudo de caso que validou o PISP, que foi realizado sobre o PDP de um empreendimento residencial e de um industrial. Por fim, estão apresentadas no *capítulo sete* as conclusões obtidas acerca do desenvolvimento da tese e sugestões para trabalho futuros.

## Capítulo 2

## **2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

---

### 2.1 PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO (PDP)

#### **2.1.1 Evolução do PDP**

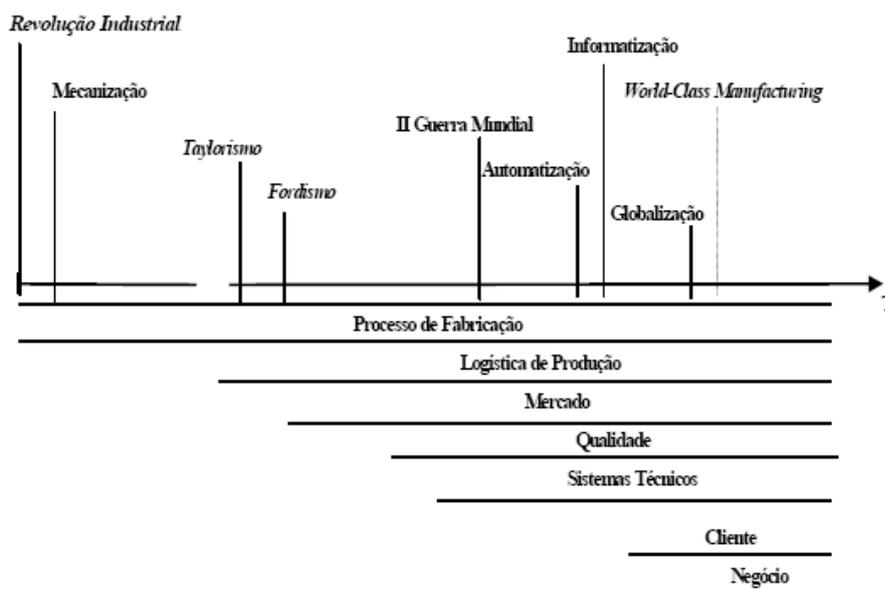
O frequente lançamento de novos produtos é uma importante estratégia para sucesso e prosperidade das empresas modernas (COOPER; KLEINSCHMIDT, 2000). O desenvolvimento de novos produtos envolve a idealização, projeto, lançamento no mercado e a realimentação do processo a partir do uso do produto (ULRICH; EPPINGER, 1995).

Sob o mesmo prisma, Rozenfeld et al. (2006) consideram que o processo de desenvolvimento de produto (PDP) é um conjunto de atividades realizadas com o objetivo de especificar um produto e seu processo de fabricação, considerando aspectos como as estratégias da empresa, as necessidades do mercado e as possibilidades e restrições tecnológicas.

Rozenfeld et al. (2006) também ressaltam que, acompanhando a modernização industrial, o processo de gestão do PDP sofreu modificações ao longo do tempo. Essas mudanças se devem principalmente a duas causas: (a) a modificação do ambiente de mercado e o progressivo equilíbrio entre oferta e procura, gerando um cliente mais exigente quanto à qualidade do produto e com uma maior opção de escolha, potencializado pela globalização dos mercados; (b) a evolução da tecnologia, que permitiu sensíveis alterações nos produtos e nos processos produtivos, desde tarefas de projeto até a produção efetiva, possibilitando a diversificação de produtos e o desenvolvimento da inovação (CUNHA, 2008).

Conforme Cunha (2008), com o aumento da demanda por produtos, ocasionada pela explosão demográfica, a prioridade do desenvolvimento industrial era a melhoria do processo de

fabricação buscando a produção em massa, possivelmente respaldados pela grande demanda de produto. Somente com o desenvolvimento tecnológico é que a concepção do produto tomou lugar de destaque, primeiramente no âmbito estrutural e funcional (sistemas técnicos). Em seguida, o PDP se tornou elemento estratégico para conquistar clientes e garantir mercado, até atingir o ponto em que o desenvolvimento de novos produtos passou a ser o foco do negócio de muitas empresas (figura 1).



**Figura 1: Progressão do foco industrial**

Fonte: Cunha (2008, p.2)

Esse novo status do desenvolvimento de produto é refletido em duas estratégias de marketing: utilizar as necessidades do mercado para desenvolver produtos (foco no cliente) ou lançar novos produtos e criar necessidades nos clientes para os mesmos (inovação) (KOTLER, 1997).

Acompanhando a modificação das estratégias industriais, os métodos e técnicas de desenvolvimento de produto também evoluíram. Rozenfeld et al. (2006) relatam que, de modo coerente com os princípios então dominantes, tais como divisão do trabalho, administração científica e busca pela otimização de processos, bem como a estruturação funcional das organizações, a função desenvolvimento de produto originalmente era sequencial, onde o PDP fluiu de uma área especializada para a outra, sem integração entre elas (ROZENFELD et al., 2006).

Ainda explicando a evolução do PDP, nos anos 80, com a globalização dos mercados e com o desenvolvimento tecnológico, o consumidor tornou-se mais exigente, necessitando de uma maior diversidade de produtos e um ciclo de vida cada vez menor. Para atender essa realidade,

desenvolveu-se a Engenharia Concorrente (EC) ou também chamada de engenharia simultânea (ES) (CUNHA, 2008).

De acordo com Rozenfeld et al. (2006), além da ES, outras melhorias importantes se disseminaram na metade dos anos 90. Como exemplo, pode ser citada a abordagem de processo de negócio, onde a integração das atividades foi reforçada e os profissionais de desenvolvimento de produto se envolvem com atividades consideradas distantes, como a criação da tecnologia e seu uso, ciclo de vida do produto, dentre outras, alinhando o PDP com o planejamento estratégico da empresa.

Dentro desse processo de melhoria do PDP, surgiu o Desenvolvimento integrado de produto (DIP), que é uma maneira de gerenciar o PDP, alicerçada no trabalho colaborativo e interfuncional. Estratégica para reagir às necessidades do mercado, considerando os objetivos da redução de custos e tempo de desenvolvimento, integrando as atividades de desenvolvimento nas áreas de mercado, produto e produção (ECHEVESTE, 2003; ROSENFELD et al., 2006; CUNHA, 2008).

## 2.2 FASES DO PDP

O PDP é formado por um conjunto de atividades, que deveriam ser desenvolvidas de forma integrada e envolver vários setores da empresa. Essas atividades podem ser distribuídas ao longo de macrofases, fases e atividades. Rozenfeld et al. (2006) propõem um modelo de PDP dividido em três macrofases (pré-desenvolvimento, desenvolvimento e pós-desenvolvimento) que, por sua vez, são subdivididas em fases e atividades.

Para Echeveste (2003) e Codinhoto (2003), a denominação das macrofases e fases não está consolidada na bibliografia, bem como alguns autores localizam as mesmas atividades em fases diferentes, conforme o modelo de PDP adotado. De fato, nem todos os modelos de PDP apresentam as três macrofases citadas por Rozenfeld et al. (2006). Jung et al. (2008) realizaram uma análise de 21 modelos<sup>2</sup> de PDP, identificando quais são as características comuns entre eles no que diz respeito às atividades que devem ser desenvolvidas nas três

---

<sup>2</sup> Os 21 modelos avaliados foram: Asimow (1962), Archer (1968), Kotler (1974), Jones (1976), Pahl & Beitz (1977), Bonsiepe (1978), Crawford (1983), Back (1983), Park; Zaltman (1987), Andreasen; Hein (1987), Suh (1988), Clark; Fujimoto (1981), Wheelwright; Clarck (1992), Burdek (1994), Roozenburg; Eekel (1995), Prasad (1997), Dickson (1997), Kaminski (2000), Ulrich; Eppinger (2000), Pahl *Et Al.* (2005) e Rozenfeld *Et Al.* (2006).

macrofases propostas por Rozenfeld et al. (2006) (figura 2). Conhecer essas atividades auxilia na modelagem do PDP (item 2.4 – Modelagem do PDP) para identificação dos limites entre cada macrofase.

MACROFASES	ATIVIDADES
<b>Pré-desenvolvimento</b>	Planejar a estratégia do produto;
	Definir o portfólio de produtos baseados no plano estratégico da empresa, nas idéias internas e oportunidade do mercado;
	Planejar o projeto.
<b>Desenvolvimento</b>	Projetar o produto;
	Determinar as especificações do processo de produção, manutenção, vendas, distribuição, assistência técnica e atendimento ao cliente;
	Planejar e preparar a produção;
	Produzir lote piloto ou protótipo;
	Otimizar a produção ou protótipo;
	Homologar processo de produção;
	Produzir.
<b>Pós-desenvolvimento</b>	Comercializar;
	Distribuir;
	Acompanhar o produto no mercado (avaliar e monitorar o desempenho);
	Identificar pontos fracos e fortes dos processos e do produto;
	Avaliar e registrar lições para futuras melhorias;
	Descontinuar o produto.

**Figura 2: Atividades das três fases de pré-desenvolvimento, desenvolvimento e pós-desenvolvimento**  
Fonte: Jung et al. (2008)

De acordo com Rozenfeld et al. (2006), mesmo que as fases do PDP sejam representadas de forma sequencial, certas atividades de uma fase podem ser executadas, com, benefícios, dentro de outra fase, para aproveitar oportunidades detectadas pelos gestores. Essa afirmação vai ao encontro do objetivo do DIP, que busca a redução do tempo de PDP através da integração das equipes de trabalho, permitindo o paralelismo organizado entre macrofase, fases e atividades do PDP. Quando uma fase ou atividade do PDP é concluída, as ações são avaliadas e registradas. Essa avaliação dos resultados das fases é um processo formal chamado de *gate*, que consiste em uma revisão completa e minuciosa das decisões tomadas (ROZENFELD et al., 2006).

A transição de fase deriva do conceito de *stage-gate* desenvolvido por Cooper (1990). Em um processo de *stage-gate*, os *gates* são os pontos de validação das decisões tomadas, que

conduzem o PDP por um roteiro que inicia na concepção da idéia de um novo produto e vai até o lançamento das primeiras unidades (ECHEVESTRE, 2003).

Nesse sistema, os projetos são submetidos a sucessivas avaliações ao longo do PDP. Se forem aprovados, os projetos são autorizados a seguirem o processo. Caso o projeto não seja aprovado, o mesmo é cancelado e os recursos são canalizados para outros projetos.

Rozenfeld et al., (2006) apontam que a mudança de fase costumava ser aprovada em função do simples cumprimento de todas as atividades da fase. No entanto, a geração mais recente dos *gates*, considera aspectos tecnológicos, comerciais e financeiros, além do potencial competitivo do projeto em relação aos demais produtos da empresa. Aqueles autores frisam que um processo de *gate*, sob a melhor técnica atual, é aquele que considera conjuntamente os aspectos técnicos do produto, de gerenciamento do projeto e a situação do mercado, comparando o projeto em relação aos demais produtos e projetos da empresa. Cooper (1990) ainda esclarece que os *gates* são conduzidos por gerentes seniores que atuam como *guarda-gates (gatekeepers)*, onde o conjunto de *gatekeepers* é tipicamente multidisciplinar e multifuncional, com autoridade para aprovar os recursos necessários para o projeto.

Com base nos conceitos acima, verifica-se que a aplicação do sistema *stage-gates*, o processo de PDP avança com maior velocidade e segurança na tomada de decisões, pois cada estágio somente evolui para o próximo após todos os critérios de aceitação serem avaliados por uma equipe de especialistas com poder de decisão.

### 2.3 MODELO DE REFERÊNCIA DE PDP

Rozenfeld et al. (2006) explicam que o PDP envolve diferentes áreas da empresa, sendo comum cada grupo de profissionais possuir uma visão individual do processo, gerando dificuldade de comunicação e integração entre as áreas envolvidas.

Para minimizar esses problemas e criar um conceito global do PDP dentro da empresa é que se utiliza um modelo de referência para PDP, que “é um mapa que serve para todos” (ROZENFELD et al., 2006, p.43) e pode ser utilizado, como base, para a criação de outros modelos ou para a definição de projetos, denominando-se modelo de referência genérico quando um modelo de referência origina outro modelo de referência, agora específico, para uma dada empresa.

Assim, uma empresa pode adotar o modelo de referência que mais se adapte às suas necessidades e características de trabalho, dentro do PDP. Como já foi citado, existem na literatura vários modelos propostos, como mostram os trabalhos de Echeveste (2003), Rozenfeld (2006) e Jung et al. (2008), sugeridos para que as empresas organizem e gerenciem seu processo de desenvolvimento de produtos.

Nota-se que a principal diferenciação entre eles é a adição e detalhamento de fases e atividades, em função da adaptabilidade do modelo às modificações do mercado. Echeveste (2003) explica que os primeiros modelos eram voltados à engenharia, onde o processo de desenvolvimento entendia o produto como uma solução de engenharia, sem uma relação implícita com o mercado, no qual o consumidor era visto como receptor ou usuário do sistema. Contudo, autores oriundos da área de marketing, como Cooper (1990), Crawford; Benedetto (2000), Dickson (1997) e Kotler (1997) introduziram no PDP a consideração de aspectos de mercado, como demanda, questões legais, tendências futuras e comportamento do consumidor, integrando as áreas de marketing e engenharia no PDP.

O comportamento dos clientes também se modificou dentro do mercado da construção civil, onde deixou de ser apenas um consumidor, passando a buscar produtos diferenciados, que atendam suas necessidades de conforto, localização, custo e qualidade. Então o processo de desenvolvimento de produto da construção civil também precisou evoluir ao longo do tempo para garantir a competitividade das empresas construtoras.

### **2.3.1 Exemplos de modelos de PDP aplicados na construção civil**

Existem várias definições do PDP para a construção civil. Embora normalmente seja utilizada a mesma nomenclatura para identificar as atividades, elas, por vezes, localizam-se em fases diferenciadas conforme o autor, da mesma forma que os modelos discutidos no item anterior. A falta de padronização do PDP pode ser explicada pela complexidade do processo de projeto, pela heterogeneidade dos intervenientes, pela natureza dos empreendimentos, que envolvem a condução de tarefas diferenciadas e pelo alto grau de incerteza envolvido no processo (TZORTIZOPOULOS, 1999; CODINHOTO, 2003).

Na construção de edifícios, existem alguns modelos de referência para o desenvolvimento do produto, que apontam várias fases para nortear o PDP. Dentre eles, neste trabalho foram

consultados os modelos da NBR 13531/95, Tzortzopoulos (1999), Jobin et al. (1999), AsBEA (2000), Silva (2003) e Romano (2003).

A NBR 13531 (ABNT, 1995) determina as atividades técnicas de projeto de arquitetura e engenharia, dividindo o processo em oito etapas: (i) levantamento (LV); (ii) programa de necessidades (PN); (iii) estudo de viabilidade (EV); (iv) estudo preliminar (EP); (v) anteprojeto (AP) e/ou pré-execução (PR); (vi) projeto legal (PL); (vii) projeto básico (PB) (opcional); (viii) projeto para execução (PE). Nesse modelo, as atividades do PDP não têm continuidade após o término do projeto, pois o modelo não apresenta uma etapa de acompanhamento da execução e avaliação de pós-ocupação.

Tzortzopoulos (1999) define o processo de projeto de forma semelhante a ABNT (1995), mas incluiu a etapa de execução da obra e acompanhamento de uso, eliminou o projeto básico e unificou as três primeiras etapas do modelo da ABNT (1995) em uma única etapa, que foi denominada planejamento e concepção do empreendimento. Assim, as etapas propostas por Tzortzopoulos (1999) foram: (i) planejamento e concepção do empreendimento; (ii) estudo preliminar; (iii) anteprojeto; (iv) projeto legal; (v) projeto executivo; (vi) acompanhamento da obra; (vii) acompanhamento de uso.

No mesmo caminho, Jobim et al. (1999) apresentam o PDP composto pelas seguintes etapas: (i) definição do empreendimento, (ii) estudo preliminar, (iii) anteprojeto, (iv) projeto arquitetônico, (v) projetos complementares, (vi) validação dos projetos, (vii) alterações dos projetos durante a produção e, (viii) entrega do imóvel e avaliação durante o uso. Já a Associação Brasileira de Escritórios de Arquitetura (AsBEA, 2000) orienta que o PDP contemple nove fases: (i) levantamento de dados, (ii) estudo preliminar, (iii) anteprojeto, (iv) projeto legal, (v) projeto executivo, (vi) caderno de especificações, (vii) compatibilização, coordenação, gerência dos projetos, (viii) assistência à execução da obra, e (ix) serviços adicionais (opcional).

Silva (2003) divide o PDP da seguinte forma: (i) planejamento do empreendimento, (ii) concepção do produto, (iii) desenvolvimento do produto, (iv) entrega final do projeto, (v) elaboração do projeto *as built*, (vi) acompanhamento técnico dos projetistas durante a obra e, (vii) avaliação da satisfação do cliente e avaliação pós-ocupação. No mesmo ano, Romano (2003) apresentou o modelo de referência para o Gerenciamento do Processo de Projeto Integrado de Edificações (GPPIE), que divide claramente o PDP em três macrofases: a) pré-

projeção<sup>3</sup>, compreendendo o ( i ) planejamento do empreendimento; b) projeção, que envolve: (ii) Projeto informacional, (iii) projeto preliminar, (iv) projeto legal, (v) projeto detalhado e (vi) projeto para produção e, c) pós-projeção, composta de (vii) acompanhamento da obra e, (viii) acompanhamento do uso.

Analisando-se as macrofases propostas por Romano (2003), pré-projeção, projeção e pós-projeção, verifica-se a equivalência com as macrofases de pré-desenvolvimento, desenvolvimento e pós-desenvolvimento, propostas por Rozenfeld et al. (2006) para as indústrias de manufatura (figura 3). Corroborando a constatação, Codinhoto (2003) afirma que, embora existam diferenças entre a indústria da construção civil e as demais indústrias manufatureiras, o PDP da construção civil envolve funções similares e pode ser dividida em fases de modo semelhante às demais indústrias.



**Figura 3: Divisão de macrofases e atividades do PDP da construção civil**  
Fonte: Romano, 2003 p.191

Assim, da mesma forma que Jung et al. (2008) classificaram as atividades dos modelos de PDP nas três macrofases, as fases dos modelos de referência para o desenvolvimento de produtos de edificações apresentados podem ser divididas em: pré-desenvolvimento, desenvolvimento e pós-desenvolvimento, exceto o da ABNT (1995) que não apresenta a fase de avaliação de uso, como pode ser visto o resumo na figura 4.

<sup>3</sup> A autora justifica o uso do termo “projeção” por contribuir para maior exatidão terminológica com a atividade de projetar, em que o projeto é o resultado da projeção.

Modelo PDP para construção civil.	Macrofases do PDP		
	Pré-desenvolvimento (Pré-projeção)	Desenvolvimento (Projeção)	Pós-desenvolvimento (Pós-projeção)
ABNT (1995)	Levantamento (LV), programa de necessidades (PN), estudo de viabilidade.	Estudo preliminar (EP), anteprojeto (AP) e/ou pré-execução (PR), projeto legal (PL), projeto básico (PB) e projeto para execução (PE);	
Tzortzopoulos (1999)	Planejamento e concepção do empreendimento;	Estudo preliminar; anteprojeto; projeto legal de arquitetura; projeto executivo.	Acompanhamento da obra; acompanhamento de uso;
Jobin et al. (1999)	Definição do empreendimento;	Estudo preliminar, anteprojeto, projeto arquitetônico, projetos complementares, validação dos projetos.	Alterações dos projetos durante a produção; entrega do imóvel e avaliação durante o uso.
AsBEA (2000)	Levantamento de dados	Estudo preliminar; anteprojeto; projeto legal; projeto executivo; caderno de especificações; compatibilização, coordenação, gerência dos projetos.	Assistência à execução da obra, e serviços adicionais (opcional).
Silva (2003)	Planejamento do empreendimento;	Concepção do produto, desenvolvimento do produto, entrega final do projeto.	Elaboração do projeto <i>as built</i> , acompanhamento técnico dos projetistas durante a obra e, avaliação da satisfação do cliente e avaliação pós-ocupação.
Romano (2003)	Planejamento do empreendimento.	Projeto informacional, projeto preliminar, projeto legal, projeto detalhado e projeto para produção.	Acompanhamento da construção, acompanhamento do uso.

**Figura 4: Divisão de macrofases dos modelos de referência de PDP para a construção de edifícios**

É possível observar na figura 4 que os autores utilizam uma sequência de desenvolvimento semelhante ao modelo da ABNT (1995), mas com o passar do tempo (de 1995 até 2003) existem incrementos voltados ao gerenciamento do projeto, acompanhamento da execução e avaliação de resultados para a retroalimentação os novos projetos. Fabrício, Dias e Melhado (1998) explicam que, na construção de edifícios, existe uma hierarquia entre os projetos, e que o projeto arquitetônico é considerado como o responsável pelas indicações a serem seguidas pelos demais projetos. Normalmente, o projeto arquitetônico é desenvolvido com base nas pesquisas de mercado e nas características do terreno adquirido e, depois de sua aprovação

nos órgãos competentes, são contratados os demais projetistas para elaborarem os projetos complementares.

Impactando na execução, Fabrício (2002) alerta que na construção civil é muito limitada a participação dos construtores, subempreiteiros, fornecedores e usuários no processo de desenvolvimento do produto, e os projetos executivos apresentam carências de detalhamento que, normalmente, são absorvidas pela equipe de execução. O hiato entre os projetistas e a produção contribui para muitas deficiências de projeto, tanto no que se refere às especificações de projeto, quanto às questões de saúde e segurança dos usuários temporários na execução ou manutenção da obra.

## 2.4 MODELAGEM DO PDP

Modelos são abstrações elaboradas para que um problema seja compreendido antes da implantação de uma solução e entende-se por modelagem, a etapa da análise de um sistema, na qual são definidos os recursos, dados e suas interrelações (RUMBAUGH et al., 1994; ROMANO, 2003). Rumbaugh et al. (1994) afirmam que a representação de modelos atende diversos objetivos, como testar uma propriedade física, comunicação com os clientes e, visualização e redução da complexidade de um processo, sendo este último o principal deles e que engloba os demais, pois, quando se trabalha com sistemas muito complexos, ao serem modelados podem ser compreendidos com maior facilidade, sendo que os modelos reduzem a complexidade dividindo-a em partes menores e importantes para serem tratadas, uma de cada vez.

Assim, fazer a modelagem do PDP de uma empresa, ou de um empreendimento isolado, é representar graficamente o fluxo desse processo, as fases e atividades desenvolvidas, suas interrelações, os intervenientes no processo e demais informações importantes para compreender o PDP, de maneira que seja possível adaptá-lo e melhorá-lo. Para representar graficamente um processo existem várias ferramentas, Santos e Varvaks (2001) indicam o uso das seguintes: fluxograma tradicional, mapa de serviços, estrutura de processamento de clientes, *service blueprint*, análise de transação de serviço, *walk-through-audit*, IDEF0 (*integration definition for function modeling*) e IDEF3 adaptado. Benedictis, Amaral e Rozenfeld (2003) apresentam a SADT (*structured analysis and development technique*), IDEF0 e EPC (*event-driven process chain*).

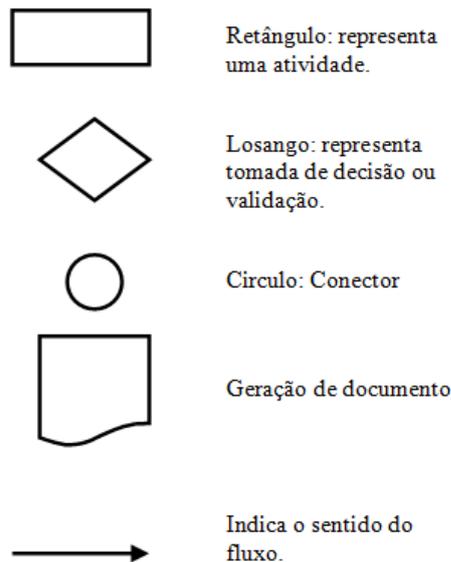
Um bom modelo incorpora as características fundamentais de um problema e omite os menos importantes, eliminando o excesso de detalhes que limitam o processo de tomada de decisões (RUMBAUGH et al., 1994). Santos; Varvaks (2001) recomendam que a técnica escolhida para descrever os modelos deva ser fácil de utilizar, tanto para a pessoa que irá aplicá-la quanto para que vá utilizar o documento resultante desse trabalho.

Os fluxogramas podem ser usados para representar, graficamente, o processo de desenvolvimento do produto, já que oferecem uma compreensão detalhada das partes do processo em que algum tipo de fluxo ocorre (SLACK et al., 1996). Os fluxogramas são considerados para o processo de manufatura como mapas rodoviários para os motoristas, pois apresentam uma visão detalhada do fluxo do processo, identificando também atividades repetitivas, gargalos e ineficiências (MCDERMOTT; MIKULAK; BEAUREGARD, 1996).

Souza et al. (1995) explicam que um fluxograma pode representar o processo global de uma empresa, ou um processo específico, como contas a pagar, recebimento de materiais, execução de alvenaria, etc. o que indica que pode ser recomendado para representar o processo de desenvolvimento do produto, no caso em questão, um edifício. O ponto de partida para elaborar um fluxograma é o levantamento da rotina de um determinado processo, identificando entradas, fornecedores, padrões de entrada, operações, órgãos e pessoas responsáveis, saídas, seus clientes e padrões de saída (SOUZA et al., 1995). Santos e Varvakis (2001) explicam que existem variações do fluxograma tradicional ou fluxograma de blocos, dependendo da utilização, mas que também são chamados de fluxograma porque representam o fluxo do processo.

Harrigton, Esseling e Nimwegen (1997) definem alguns aspectos que devem ser seguidos para a diagramação de processos: a) documentação deve ser adequada às necessidades do usuário; b) a documentação deverá ser fácil de ser utilizada; c) deve ser limitado o uso de símbolos, particularmente para usuários menos experientes; d) o texto nos diagramas deve ser claro e objetivo; e) Os diagramas devem ter uma organização clara.

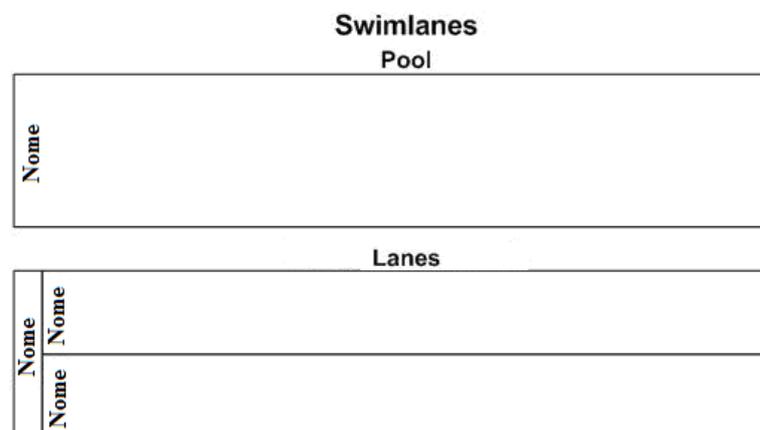
Para representar a sequência das atividades, os fluxogramas utilizam uma simbologia padronizada, fazendo uso de, entre outros símbolos, retângulos, losangos, círculos e setas, como mostra a figura 5.



**Figura 5: Simbologia utilizada em fluxogramas**  
 Fonte: adaptado de Harrington, Esseling e Nimwegen (1997)

Outra variação dos fluxogramas é o diagrama funcional, que retrata o fluxo do processo entre as diferentes áreas de trabalho, uma dimensão que identifica como a organização vertical influencia no processo que flui horizontalmente (HARRINGTON; ESSELING; NIMWEGEN, 1997). Esses diagramas são organizados em linhas chamadas de *swimlanes* ou *deployment flowchart*, que formam uma estrutura horizontal, que separa, verticalmente, os participantes do desenvolvimento de um processo qualquer.

Conforme o *Object Management Group* (OMG, 2009) existem duas representações gráficas das *swimlanes*, o *pool* e a *lane*, nos quais os objetos do tipo *pool* representam uma organização ou organizações individuais e, uma *lane* representa tipicamente um departamento dentro dessa organização (figura 6).



**Figura 6: Elementos gráficos do BPMN**  
 Fonte: adaptado de OMG, 2009

A NBR 13531/1995 recomenda a utilização de fluxogramas para registrar o processo de projeto de edificações. No entanto, não estão representados os responsáveis pelas atividades desenvolvidas (figura 7) assim, neste trabalho, serão utilizados fluxogramas funcionais para representar o PDP da empresa construtora, desenvolvidos sobre uma estrutura de *swim lanes* utilizada para a modelagem de processo de negócios (BPMN). A representação sugerida pela NBR 13531/85 retrata todas as atividades, validações (*gates*), sequência e interdependência de cada fase, o uso do fluxograma funcional, também estariam representados, verticalmente, os intervenientes em cada atividade do PDP que se desenvolve horizontalmente ao longo do tempo, melhorando a compreensão do processo.

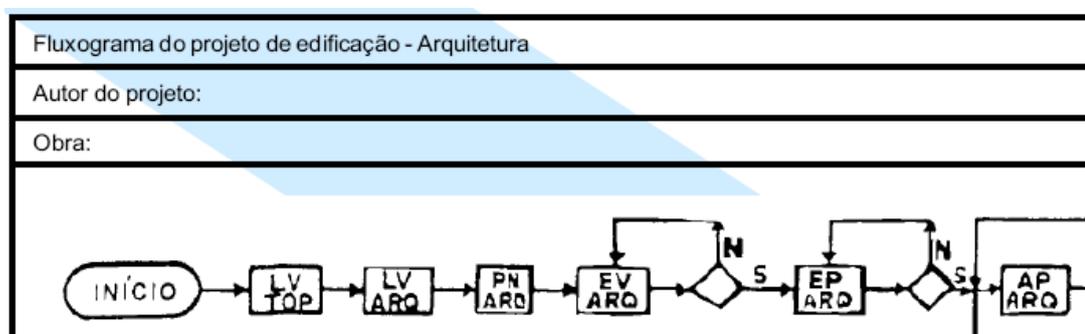


Figura 7: Representação parcial do PDP conforme NBR 13531/85  
Fonte: Anexo A da NBR 13531/85

## 2.5 SST NO PDP DA CONSTRUÇÃO CIVIL

### 2.5.1 Projeto para segurança (PPS)

Nos modelos de PDP estudados no item 2.3.1 (exemplos de modelos de PDP aplicados a construção civil), não há uma fase ou atividade que esteja direcionada ao projeto de saúde e segurança do trabalho. Assim, para eliminar essa lacuna, é possível incorporar ao PDP, o conceito de DFX com foco na saúde e segurança do trabalho.

Rozenfeld et al. (2006) explicam que o *Design for X* (DFX) tem a finalidade de auxiliar os projetistas na avaliação do impacto das decisões de projeto no ciclo de vida do produto, no qual X representa qualquer uma ênfase como qualidade, manufatura, produção, montagem, desmontagem, segurança, meio ambiente, dentre outras. O conceito DFX se aplica a todos os envolvidos no ciclo de vida do produto. No entanto, o *Design for construction safety* (DFCS) é focado nos usuários temporários, que são os trabalhadores, executantes da obra e os que

realizarão manutenção, limpeza, reformas, ampliações e demolição, pois o termo construção está relacionado ao ato de construir (executar) a obra.

Assim, desenvolver o projeto do edifício com foco na segurança do trabalhador temporário é aplicar o princípio do DFCS, que por sua vez é a expansão do conceito DFS a projetos da construção civil. Como o foco deste trabalho é a aplicação do conceito de PPS na construção civil, essa sigla unificará os conceitos de DFS e DFCS, pois entende-se que os critérios de segurança que serão adotados para os usuários temporários, também serão válidos para os usuários finais na execução de atividades semelhantes.

O PPS pode ser definido como o princípio de implantar requisitos de segurança e saúde ocupacional, no processo de projeto, para eliminar ou minimizar os perigos e riscos relacionados com a construção, manufatura, manutenção, uso e disposição de instalações, materiais ou equipamentos (NIOSH, 2008). Toole e Gambatese (2008) relatam que a utilização do conceito PPS em outras indústrias já vem de muitas décadas, mas na construção civil é a aplicação mais recente, sendo que o primeiro artigo a despertar a atenção da indústria da construção foi publicado por Wiegand e Hinze (1992).

Assim, nos EUA, o Conselho Nacional de Segurança criou em 1995 o *Institute for Safety Through Design* (Instituto para Segurança através do Projeto) formado por representantes da indústria, academia, organizações trabalhistas e outros interessados, visando difundir o princípio de PPS na indústria da construção civil (MANUELE, 2008a). No entanto Heidel (2008) reforça que, para desenvolver a cultura do PPS no setor de manufatura, é necessário demonstrar o retorno financeiro do investimento em saúde e segurança ocupacional, investir na instrução de engenheiros, arquitetos, líderes empresariais e profissionais da área de SST, sobre o PPS, para que esses profissionais com habilidades em PPS impulsionem a indústria, assim como é necessário o desenvolvimento de programas de PPS, específicos para pequenas empresas.

Ao encontro de Heidel (2008), Gambatese (2008) recomenda pesquisas que apontem os resultados econômicos da aplicação do conceito PPS e também dos custos de não considerar a SST previamente no processo de projeto. O autor lembra que, normalmente, as tomadas de decisões são apoiadas no resultado econômico do investimento e que muitas boas idéias são deixadas de lado por não apresentarem claramente os impactos financeiros. Gambatese (2008) enfatiza que as pesquisas sobre os custos do PPS devem considerar também os custos relativos a pessoas, meio ambiente e custos sociais.

Com relação aos ganhos com a aplicação do princípio PPS, verifica-se que desenvolver projetos de edificações, de forma que os mesmos sejam mais seguros aos executores, torna esse projeto mais fácil de ser construído, conferindo pela aplicação do conceito de PPS, características de construtibilidade ao projeto. A construtibilidade busca a integração da engenharia, execução, experiência e conhecimento operacional para melhor alcançar os objetivos do empreendimento (ARDITI; ELHASSAN; TOKLU, 2002).

Sobre o mesmo aspecto, Crowther (2002) relata que vários pesquisadores e organizações definem construtibilidade. No entanto o conceito mais aceito é o estabelecido pela *Construction Industry Research and Information Association* (CIRIA) em 1983 na qual construtibilidade é a maneira como um projeto de uma edificação facilita as atividades de execução considerando os requisitos globais da edificação construída.

Ao encontro desses autores, Rodrigues (2005) define construtibilidade como a facilidade com que uma edificação pode ser construída, a partir das considerações dos requisitos do processo produtivo ao longo de todas as etapas de desenvolvimento do produto. Assim, pode-se entender que o PPS aplicado à construção civil é a capacidade de uma edificação ser construída oferecendo facilidade e segurança para os trabalhadores na execução das atividades, em que tais requisitos de SST são incorporados ao longo das etapas do PDP, considerando o processo produtivo e os objetivos do empreendimento.

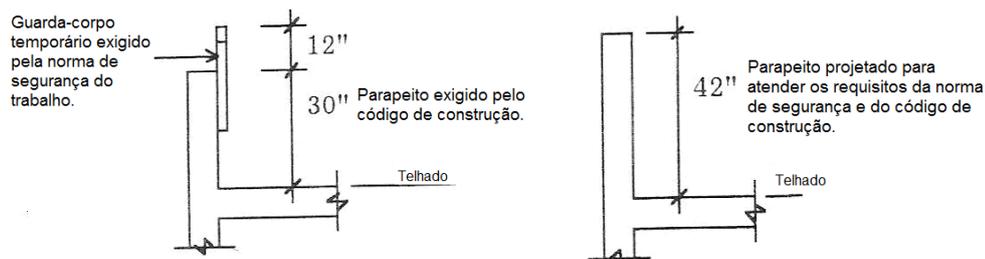
### **2.5.2 Princípios do PPS**

Neste item, estão reunidos na figura 8 alguns princípios que norteiam o desenvolvimento de projetos com base no conceito de PPS, retirados de trabalhos da Associação Americana de Engenheiros de Segurança (ASSE, 1994) e de Saurin; Formoso (2008). Esses princípios são alguns dos utilizados para o planejamento das ações de resposta aos perigos identificados no gerenciamento de riscos. Essas medidas podem ser projetadas em forma de alterações de projeto e pela incorporação de dispositivos, para auxiliar na segurança dos usuários. As figuras 9, 10 e 11 exemplificam algumas ações que respondem aos perigos e utilizam os princípios da DFCS e DFS. Na figura 10 estão representadas medidas que seguem o princípio 4 do PPS, em que o detalhamento das platibandas foi alterado para garantir a altura mínima de proteção para os trabalhos em telhados, eliminando a necessidade de instalação de grades.

<b>Princípios de projeto para segurança adaptados de ASSE (1994) e Saurin e Formoso (2008)</b>	
1	Projetar para facilitar a instalação de estruturas de proteção para construção e manutenção. Ex. : Projeto de furos em pilares para fixar linhas de vida ou telas de proteção.
2	Projetar para evitar interferência entre diferentes elementos construtivos e entre elementos específicos da construção e estruturas temporárias. Ex.: Evitar projetar escadas em frente a portas ou janelas de vidro.
3	Projetar acesso para realização de tarefas de manutenção. Como um exemplo, é possível incorporar escadas de mão no final da estrutura para acesso ao telhado.
4	Projetar elementos construtivos que substituam os elementos de proteção provisórios. Ex.: projetar parapeitos ou platibandas com altura mínima de 1,20m para substituir as telas de proteção.
5	Prevenir quedas acidentais de materiais durante a fase de construção. Ex.: instalação de bandeja protetora no perímetro da obra.
6	Aumentar a visibilidade dos perigos. Ex.: Pintar os painéis das formas para contrastar com as ferragens.
7	Projeto para evitar trabalho em altura, principalmente atividades que podem ser realizadas no nível do solo. Ex.: projetar estruturas metálicas ou de concreto que possam ser pré-montadas no nível do solo.
8	Projeto para facilitar respostas às emergências. Ex.: colocar interruptores elétricos, dispositivos mecânicos e hidráulicos em locais visíveis e acessíveis.
9	Não projetar elementos com bordas cortantes, perfurantes ou que enroscuem. Ex.: projeto de elementos com bordas arredondadas, em vez de arestas cortantes.
10	Projeto para incorporar acessórios temporários à estrutura definitiva. Ex.: Colocar alças ou ganchos para içar ou movimentar peças em locais que não precisem ser retiradas, dessa forma não se expõem os trabalhadores ao risco de retirá-las.
11	Observar o isolamento seguro ou substituição de materiais ou equipamentos que possam causar efeitos prejudiciais ao trabalhador, ao público ou ao meio ambiente.
12	Projetar a eliminação de perigos ou minimização de riscos de acidentes por meio da seleção de proteções, controles e barreiras mais apropriadas para a operação, processo ou atividade envolvida.
13	Exigir que uma instalação ou processo seja avaliado, em termos da minimização de riscos, necessidades energéticas e ambientais em todo o seu ciclo de vida.
14	Identificar as limitações de recursos e transformações que ocorrem na produção e operação e em seus produtos finais.
15	Garantir que os operadores estão devidamente informados sobre os perigos e treinados para realizar as atividades livre de acidentes.

**Figura 8: Princípios de PPS**

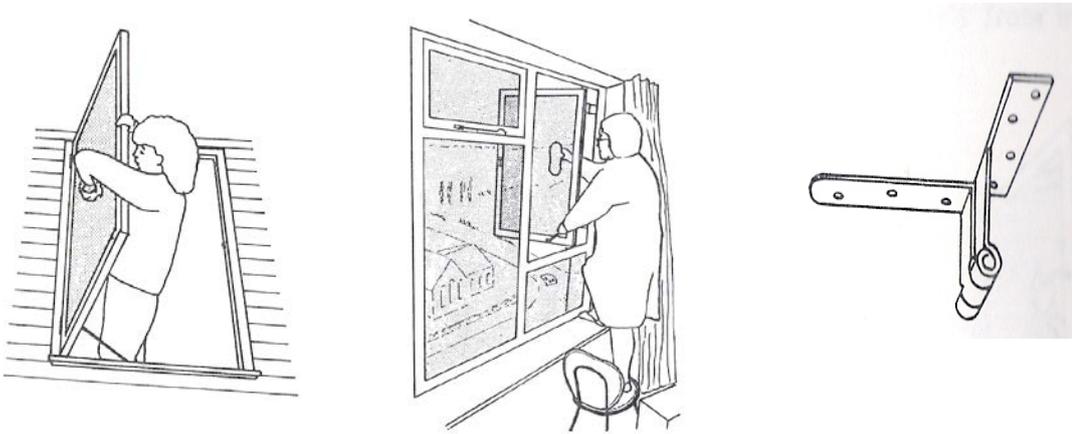
Fonte: adaptado de ASSE (1994) e Saurin e Formoso (2008)



**Figura 9: Medidas de projeto para segurança dos usuários**

Fonte: Hinze e Gambatese (1996)

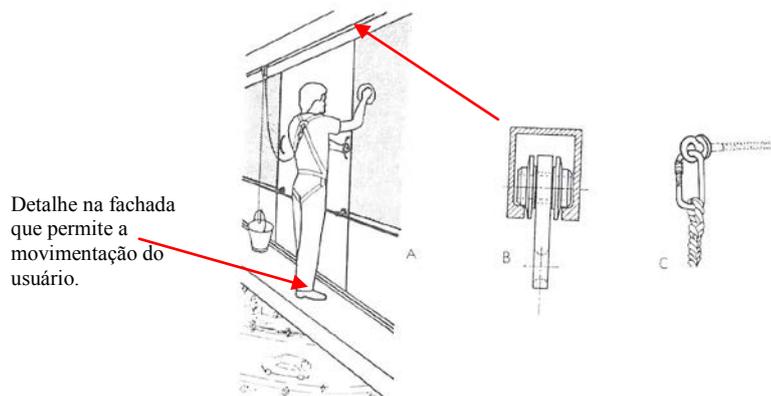
A figura 10 mostra uma situação comum em vários edifícios, que é a limpeza de janelas, quando o usuário se expõe ao risco de queda devido à falta de acesso aos vidros. Com a aplicação do princípio 3, pode ser adotada a utilização de janelas projetadas para possibilitar a limpeza pelo lado interno do edifício, elimina-se a exposição ao risco de queda. Na direita da figura 10 se encontra o tipo de dobradiça que permite tal abertura.



**Figura 10: Exemplos de medidas de projetos para segurança dos usuários**

Fonte: Simmott (1985)

Já a figura 11 apresenta a aplicação dos princípios 3 e 10, onde é possível verificar um detalhe arquitetônico da fachada que permite que o trabalhador se movimente com segurança, dispensando a utilização de andaimes e também a incorporação de dispositivos que permitem a fixação de cabos-guia na fachada do edifício. A figura 11 mostra que é possível a combinação de princípios, medidas de projeto e uso de dispositivos para atender aos requisitos de segurança do usuário.



**Figura 11: Incorporação de dispositivos para segurança dos usuários**

Fonte: Simmott (1985).

Esses exemplos mostram que as medidas tomadas para eliminar ou minimizar riscos, favorecem, além dos usuários temporários, aos usuários finais, na realização de tarefas correlatas, e como também aos empregados domésticos, na realização das tarefas de limpeza. Mostra, também que alguns itens podem ser instalados depois da execução, como os ganchos da figura 11. Outros detalhes, devem ser planejados desde o início do projeto, como a platibanda com 1,20m de altura (figura 9) e a viga na fachada que permite acesso a vidraça (figura 11).

## 2.6 LEGISLAÇÃO DE INTERESSE AO PPS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

No Brasil, encontra-se o registro da Portaria DNSHT nº 15 de 18 de agosto de 1972, que aprovou as normas relativas à segurança do trabalho nas atividades da construção civil. Essas normas foram criadas pelo Departamento Nacional de Segurança e Higiene do Trabalho (DNSHT), órgão de orientação e fiscalização da legislação e dos assuntos em geral, relativo à segurança e higiene do trabalho, e também responsável pelo estudo dos problemas e aspectos inerentes à medicina e à engenharia do trabalho (CAMPANHOLE, 1974).

Já em 8 de junho de 1978, a Portaria nº 3214 a provou a criação das Normas Regulamentadoras (NR) do Capítulo V das Consolidação das Leis do Trabalho (CLT), transformando as normas para trabalhos na construção civil na atual NR 18 O bras de Construção, demolição e reparos, que sofreu uma nova redação em 1983 e, finalmente, em 1995 foi incluído o Programa de Controle do Meio Ambiente do Trabalho na Construção Civil (PCMAT) (CAMPANHOLE, 1980; ATLAS, 2005).

Sobre o PCMAT, Saurin (2002) aponta que é um programa de segurança semelhante aos existentes em muitos países, e que muitas empresas apenas elaboram o PCMAT para obter uma mínima conformidade com os órgãos fiscalizadores, não aplicando efetivamente, as especificações programadas, isto faz com que o mesmo perca as características de ferramenta de gestão da segurança do trabalho no canteiro de obras.

Cabe lembrar que a elaboração do PCMAT é exigida para obras com mais de 20 trabalhadores, e que esse documento é realizado com base no projeto e cronograma já elaborados. Então, a aplicação do PPS faria com que o PCMAT fosse antecipado, colaborando para que alguns perigos fossem eliminados já na fase de projeção.

Em 10 de abril de 2006, a Portaria nº157 do Ministério do Trabalho e Emprego incluiu o Item 18.15.6 à NR 18, determinando a previsão de dispositivos para ancoragem de equipamentos de sustentação de andaimes e cabos de segurança, constados no projeto estrutural, para serem utilizados em serviços de limpeza, manutenção e restauração de fachadas em prédios, a partir de 4 pavimentos, ou altura de 12 metros a partir do térreo.

Nota-se uma evolução na norma, mas a mesma continua sem contemplar a fase de execução da obra, pois os dispositivos devem ser previstos para executar serviços posteriores ao término da construção. Também se verifica que não está especificado o momento da colocação destes dispositivos, o que permite a instalação destes, após a conclusão da obra, utilizando-se andaimes suspensos por dispositivos provisórios, o que, de certa forma, contraria a necessidade do item 18.15.6.

Observa-se que a portaria não especifica a quantidade e o posicionamento dos dispositivos. Somente define que a capacidade de suporte pontual de 1200 kg, cobrindo todo o perímetro do edifício e que deve ser utilizado material resistente às intempéries, tampouco indica critérios para a determinação dessas características.

Outro aspecto importante são os dispositivos que devem constar apenas no projeto estrutural, o que permite transferir a responsabilidade ao calculista, que deverá interferir no projeto arquitetônico. A implantação dos dispositivos deveria ser responsabilidade do projetista arquitetônico e do calculista, uma vez que a medida impacta diretamente nessas disciplinas de projeto. Estas observações não têm objetivo de desprestigiar a Portaria 157, pelo contrário, se reconhece sua importância, mas acredita-se que, se estivesse especificado em seu texto que esses dispositivos de ancoragem já deveriam ser detalhados nos projetos e instalados na fase de execução da obra, os resultados seriam mais efetivos. Com todas as deficiências identificadas na elaboração da Portaria 157 é o primeiro instrumento legal que determina a implantação de itens de projeto voltados à segurança dos usuários, mesmo que somente para serviços de manutenção.

Buscando um paralelo internacional, pode-se destacar a legislação elaborada no Reino Unido para ser utilizada em toda a Comunidade Européia. Chamada de *Construction (Design and Management) Regulations* (CDM) foi implantada em 1995, e somente as pequenas obras são excluídas de suas exigências.

Com relação à CDM, Churcher e Alwani-Starr (1997) destacam os como principais aspectos:

- a) todas as partes envolvidas na construção, incluindo o cliente, têm responsabilidades específicas com a saúde e segurança do trabalho durante a fase de execução;
- b) exigência de que o proprietário da obra estabeleça legalmente um coordenador de SST para a etapa de projeto, que deve identificar e avaliar os potenciais riscos a serem evitados na fase inicial de elaboração dos projetos e elaborar um plano de SST que estabeleça as regras aplicáveis ao canteiro de obras em questão e, outro coordenador de SST para a etapa de construção, cuja função é de garantir que os construtores apliquem os Princípios Gerais da Prevenção (PGP) durante a execução dos trabalhos e gerenciar eventuais adaptações desse plano em função das condições reais de trabalho;
- c) determina que todos os projetistas envolvidos devem considerar em seus projetos os PGP no que se refere a aspectos técnicos e organizacionais;
- d) o plano de saúde e segurança do trabalho deve ser fornecido junto com arquivos para serem utilizados em serviços realizados, posteriormente, ao término da obra, incluindo manutenção e eventuais demolições.

Um item importante da CDM (2007) que deve ser destacado é o 11.4 da II Parte, que exige do projetista a eliminação dos perigos causadores de riscos e se reduzam os riscos causados por perigos que não puderam ser eliminados, sempre priorizando a utilização de meios de proteção coletiva em detrimento da proteção individual.

Comparando a CDM com a NR 18 pode-se afirmar que, a grande diferença entre elas, é que a CDM deixa explícita a responsabilidade de todos os envolvidos no projeto, do cliente (proprietário) e do empreiteiro pela segurança do trabalho, enquanto que a NR 18 responsabiliza somente o executor da obra.

No entanto, é possível prever mudanças a cerca da responsabilidade dos projetistas quanto à segurança dos trabalhadores, que executarão serviços de limpeza e manutenção nos edifícios afetados pela Portaria 157.

Considerando que:

A Lei nº 8.078 de 11 de setembro de 1990, conhecida como Código de Defesa do Consumidor (CDC) dispõe sobre a proteção do consumidor e dá outras providências.

Define o consumidor como qualquer pessoa física ou jurídica que adquire ou utilize um produto como destinatário final. O fornecedor é definido como qualquer pessoa física ou jurídica, pública ou privada, nacional ou estrangeira, bem como os entes não personalizados,

que desenvolvem atividades de produção, montagem, criação, construção, transformação, importação, exportação ou comercialização de produtos ou prestação de serviços.

O Art. 6º define, como um dos direitos básicos do consumidor, o direito à vida, saúde e segurança, contra os riscos provocados por práticas no fornecimento de produtos ou serviços considerados perigosos ou nocivos.

O Art. 8º estabelece que os produtos e serviços oferecidos ao mercado não poderão oferecer riscos à saúde ou segurança dos consumidores, exceto os considerados normais e previsíveis em decorrência de sua natureza, ficando o fornecedor obrigado a informar a respeito dos riscos.

Sobre a responsabilidade e reparação do dano, destaca-se o Art.12 que define que o fornecedor, independente da existência de culpa, responde pela reparação dos danos causados aos consumidores por defeitos decorrentes de projeto, fabricação, construção, montagem (...) bem como, por informações insuficientes ou inadequadas sobre sua utilização e risco. Ainda no § 1º é definido como produto defeituoso aquele que não oferece a segurança que legitimamente é esperada. Destaca-se, também, o parágrafo único do Art. 13 ao definir que aquele que efetivar o pagamento ao prejudicado tem o direito de regresso contra os demais responsáveis, segundo sua participação na causa do evento danoso.

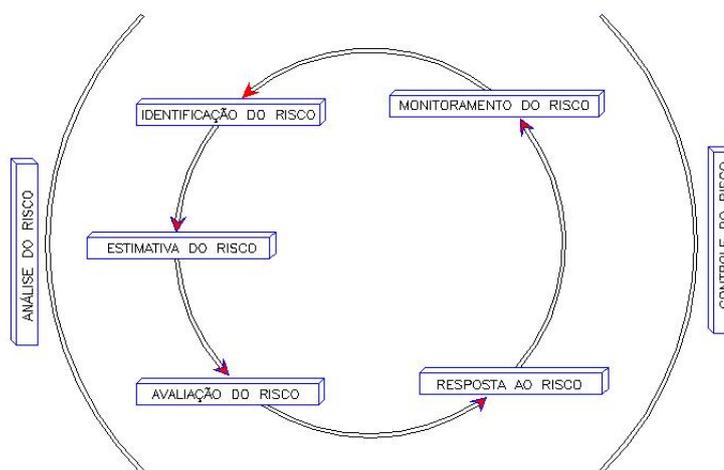
E, a partir da avaliação desses destaques do CDC e, considerando a probabilidade da causa de um dado acidente, durante a execução de limpeza ou manutenção de um edifício, seja a falta dos dispositivos de ancoragem, previstos na Portaria 157, o Art 12 do CDC determina que o responsável pelo dano seja a empresa construtora que, por sua vez, amparada no Parágrafo Único do Art. 13 da mesma lei, teria o direito de cobrar ou dividir os custos com o projetista, pelo motivo deste não ter atendido a um requisito legal.

Considerando o grande número de acidentes do trabalho na construção civil e as demandas trabalhistas, pode-se esperar que essa condição seja o início da existência de jurisprudências brasileiras para responsabilizar, tanto os projetistas quanto a outros envolvidos no PDP do empreendimento, pelos acidentes vinculados a deficiências de projetos.

## 2.7 GERENCIAMENTO DE RISCOS DE ACIDENTES

Considera-se, neste trabalho, que o gerenciamento de riscos é o conjunto de atividades adotadas pelos profissionais ligados à saúde e segurança do trabalho para eliminar ou reduzir a probabilidade de ocorrência de acidentes do trabalho e o desenvolvimento de doenças ocupacionais.

Adotou-se, como estrutura de base para o gerenciamento de risco, o modelo de Baker et al. (1999) que se divide em quatro etapas: identificação, avaliação, resposta e monitoramento (figura 12). Essa organização do processo de gerenciamento de riscos também é utilizada por Roughton; Crutchfiels (2008) e lembra o notório Ciclo de Deming (Liker, 2005), que se tornou uma ferramenta da gestão da qualidade conhecida como Ciclo do PDCA (Planejamento-Execução-Verificação-Ação), característica que pode facilitar a aplicação da estrutura do gerenciamento de riscos nas empresas construtoras, principalmente nas participantes dos programas de qualidade da ISO 9000 e PBQP-H.



**Figura 12: Ciclo do gerenciamento de risco**

Fonte: Adaptado de Baker et al. (1999)

De acordo com Baker et al. (1999), identificação e estimativa podem ser agrupadas sob o título de análise de risco que juntamente com a avaliação de risco, podem ser agrupadas na etapa de avaliação do risco. Já resposta e monitoramento podem se intitular como controle, dividindo o ciclo em duas grandes etapas: avaliação e controle de riscos.

Saurin (2005) explica que identificação de risco compreende identificar a quais riscos são expostos os operários; avaliação do risco é a estimativa do nível do risco, considerando severidade, probabilidade e natureza; resposta aos riscos é a definição das medidas para

controlá-los e, monitoramento é a garantia da implementação das medidas e ocorre durante a execução da obra.

Dentro do conceito de gerenciamento de riscos proposto por Baker et al. (1999), Manuele (2008b) propõe um guia para auxiliar gerentes, engenheiros projetistas e profissionais da segurança do trabalho, em empresas de até 1000 empregados, para analisarem-se perigos e avaliarem-se riscos. Esse guia pode ser aplicado nas etapas pré-operacional: no processo de projeto, quando as oportunidades são maiores e os custos são menores para redução, eliminação ou controle de perigos e riscos; na etapa operacional: para eliminar ou reduzir perigos e riscos existentes; e na etapa de pós-incidente: na investigação de exposições e incidentes relacionados a perigos, para determinar os fatores de causa e medidas necessárias para redução de risco e contempla todas as etapas do ciclo de gerenciamento de riscos.

Avalia-se que o modelo de Manuele (2008b) segue a estrutura do ciclo de gerenciamento de Baker et al. (1999), pois atende a todas as quatro etapas do ciclo, apenas incrementa-o inserindo sugestões de ferramentas para desenvolver cada etapa.

O guia de análise de perigo e avaliação de risco proposto por Manuele (2008b) pode ser descrito nas seguintes etapas, conforme a concepção do autor:

*Determinação de parâmetros de análise:* deve-se selecionar uma atividade gerenciável, sistema, processo ou produto para ser analisado. Definir sua interface com outras atividades ou sistema e determinar o escopo da análise, em termos de quem pode ser prejudicado pelo acidente: pessoas (empregados ou público), propriedade, equipamentos, produtividade ou ambiente.

*Identificação de perigos:* devem-se determinar quais são os perigos. Para isso, pode-se fazer perguntas como: Quais aspectos da tecnologia ou da atividade produzem risco? Quais características das coisas ou ações das pessoas representam um potencial de acidente? O autor enfatiza que, dependendo da complexidade das situações perigosas, é recomendável seguir os seguintes métodos:

- a) Usar o senso e a intuição da engenharia;
- b) Examinar as especificações do sistema;
- c) Revisar manuais relevantes, regulamentações e consenso padrão;
- d) Entrevistar usuários ou operadores de sistemas em uso;
- e) Consultar checklists,

- f) Revisar estudos de sistemas similares;
- g) Considerar o potencial para inesperadas liberações de energia;
- h) Considerar possíveis danos ambientais;
- i) Revisar dados históricos;
- j) Uso de *brainstorm*.

*Considerar falhas de modo:* definir as possíveis falhas de modo que podem desencadear acidentes. Considerar ações intencionais e a permissividade de mau uso das estruturas, equipamentos, materiais e processos. Fazendo perguntas como: Quais circunstâncias podem resultar em eventos indesejados? Quais controles estão dispostos para mitigar a ocorrência de cada evento ou exposição? Qual o grau de eficiência desses controles? Podem ser mantidos facilmente? Podem falhar facilmente?

*Determinar frequência de exposição e duração:* estimar a frequência e a duração da exposição ao perigo para cada categoria determinada no escopo de avaliação (pessoas, propriedade, ambiente, etc.).

*Avaliar a severidade das consequências:* o objetivo é identificar as piores consequências possíveis da ocorrência de um acidente. O autor frisa que são consequências possíveis, não consequências concebíveis. Para isso, bases históricas são de grande valia para o processo, nas quais se consideram: número de acidentes ou doenças e suas severidade e fatalidade que podem ocorrer, valor da propriedade ou equipamento que pode ser danificado, tempo de interrupção de negócio e perda de produtividade, extensão do dano ambiental que pode ocorrer. Quando a severidade do resultado de um incidente ou exposição, relacionada a um perigo, é determinada, a análise do perigo está completa.

Ainda conforme a descrição de Manuele (2008b), o processo de avaliação do risco passa pelas seguintes fases:

*Determinação da probabilidade de ocorrência:* estimar a probabilidade de ocorrência de um acidente ou exposição relacionada a um dado perigo. Normalmente, é um modo subjetivo e para situações perigosas mais complexas é recomendado o uso de *brainstorm* com especialistas.

*Definição do risco:* é necessário para concluir o processo, definindo: probabilidade de ocorrência, severidade esperada de resultados adversos e a categoria de risco (alto, sério, moderado ou baixo), recomendando o uso a matriz de avaliação de risco para auxiliar nesse processo.

*Classificação dos riscos em ordem de prioridade:* um sistema de classificação de risco deve ser adotado para estabelecer as prioridades no momento de gerenciar e alocar os recursos para as ações corretivas.

*Desenvolvimento de propostas corretivas:* quando o resultado da avaliação de risco indica valores superiores aos níveis aceitáveis, medidas devem ser tomadas para que níveis aceitáveis de exposição sejam atingidos.

*Sequência na tomada de ações:* o bom gerenciamento requer que as ações tomadas para alcançar níveis aceitáveis de risco sejam avaliadas estabelecendo se: a) o problema foi resolvido, parcialmente resolvido ou não foi resolvido, assim como verificar se as ações tomadas não criaram novos perigos. b) Os riscos devem ser reavaliados e novas medidas devem ser propostas caso não se alcançou os níveis desejados ou se novos perigos foram criados.

*Risco residual:* trata-se do risco remanescente após as medidas corretivas; quando esse risco está acima dos níveis aceitáveis, deve-se aplicar novamente o processo.

Sugestões de ferramentas capazes de realizar as quatro etapas do ciclo de gerenciamento de riscos propostos por Baker et al. (1999), e que foram adotadas para nortear este trabalho, se encontram nos próximos itens.

### **2.7.1 Análise de perigos e avaliação de riscos**

É necessário entender o significado dos termos perigo (*hazard*) e risco (*risk*), em que perigo é alguma coisa com potencial de causar um dano, enquanto risco é a probabilidade de um dano ser causado por um perigo (SiD, 2005; MANUELE, 2008b). Entender a natureza do perigo e do risco é importante para gerenciá-los.

Manuele (2008b) afirma que o objetivo do processo de avaliação de risco, para posteriores ações corretivas, é alcançar níveis aceitáveis de exposição aos riscos e esse processo não está completo até que se atinjam os níveis aceitáveis. Para o autor, análise de perigo compreende a

identificação do perigo e a estimativa da severidade do dano que pode causar para as pessoas, patrimônio ou ambiente. Já a avaliação do risco é o processo de estimativa da probabilidade de ocorrência do dano causado pelo perigo antes avaliado.

Para o processo de identificação de perigos, é necessária uma classificação dos tipos de perigos a que os trabalhadores podem estar expostos. Para tal, Roughton e Crutchfiels (2008) apontam 10 tipos de perigos aos quais os trabalhadores podem estar expostos: impacto, perfuração de órgãos, esmagamento, poeiras nocivas, produtos químicos, exposição a fontes de calor, radiações, contato com eletricidade, perigos ergonômicos, perigos ambientais.

Na mesma linha, a Portaria 25 de 29/12/1994 e a Norma Regulamentadora NR-9 – Programa de Prevenção de Riscos Ambientais classificam os principais riscos ocupacionais de acordo com sua natureza em:

- a) riscos físicos: são os agentes físicos as diversas formas de energia que podem estar presentes em um ambiente de trabalho, tais como ruído, vibrações, pressões anormais, temperaturas extremas, radiações ionizantes e não ionizantes, umidade, ultrassom e infrassom;
- b) riscos químicos: são substâncias, compostos ou produtos que podem ser absorvidos pelo trabalhador através das vias respiratórias, ingestão ou pela pele, nas formas de poeiras, fumos, névoas, neblinas, gases ou vapores;
- c) riscos biológicos: são os micro-organismos que, em contato com o homem, podem provocar inúmeras doenças, tais como fungos, bacilos, bactérias, parasitas, protozoários, vírus, dentre outros;
- d) riscos ergonômicos: são oriundos da relação homem/atividade, são consequências da postura que assumem ou do esforço que exercem na execução das atividades, tais como esforço físico intenso, levantamento e transporte manual de peso, exigência de postura inadequada, controle rígido de produtividade, imposição de ritmos excessivos, trabalho em turno e noturno, jornadas de trabalho prolongadas, monotonia e repetitividade, outras situações causadoras de stress físico e/ou psíquico;
- e) riscos de acidentes: são considerados riscos de acidentes aqueles capazes de agredir o trabalhador por meio de alguma ação mecânica, tais como arranjo físico inadequado, máquinas e equipamentos sem proteção, ferramentas inadequadas ou defeituosas, iluminação inadequada, eletricidade, probabilidade de incêndio ou explosão, animais

peçonhentos, trabalho em altura, outras situações de risco que poderão contribuir para a ocorrência de acidentes.

A NR-9 engloba, em sua classificação, os perigos apontados por Roughton e Crutchfiels (2008), no entanto, ambas as classificações não esgotam os tipos de perigos e riscos existentes, mas servem como ponto de partida para a identificação dos perigos e riscos a que os trabalhadores estão ou estarão expostos, dando início ao ciclo de gerenciamento de riscos.

Assim, objetivando a aplicação do conceito de PPS, Manuele (2008b) considera que o processo de análise de perigos e avaliação de risco proporciona a incorporação de decisões pertinentes aos riscos ocupacionais no processo de projeto e reprojeto, considerando o ciclo de vida de instalações, materiais, equipamentos e processos.

Ao seu encontro, Gambatese (2008) afirma que o objetivo do PPS é impedir acidentes e doenças relativas ao trabalho e, para isso, requer o entendimento da conexão entre características de projeto, doenças e acidentes ocupacionais e, entender que a causalidade dos acidentes e das doenças permite a análise e reprojeto de ambiente de trabalho, ferramentas e sistemas para eliminar os perigos associados.

Nota-se ainda a grande ênfase dada ao acidente do trabalho relacionada ao efeito físico, como queda, perfurações, esmagamento e corte de membros. Não está explícito a preocupação com as doenças ocupacionais, como a silicose, dermatose, perda auditiva e outras doenças ocupacionais que podem ser desenvolvidas nos canteiros de obras, assim, as decisões de projeto sobre a segurança do trabalhador devem envolver a SST e não somente medidas contra os acidentes típicos do trabalho.

Os acidentes do trabalho geram efeitos que são imediatamente visíveis, mas também existem problemas relativos às doenças ocupacionais causadas pela exposição a asbestos, chumbo, sílica livre, vibração e, ruído, dentre outros agentes nocivos (ALI, 1992; CHURCHER; ALWANI-STARR, 1997; MAIA, 2001).

Avaliando a classificação dos riscos e perigos, é possível perceber que os riscos físicos e os riscos ergonômicos estão ligados, principalmente, ao processo produtivo, como postura inadequada, levantamento de peso, jornada de trabalho, ruído, vibração, exposição ao calor. Já os riscos químicos estão ligados aos materiais empregados e também à forma de manipulação dos mesmos, como contato com cimento, solventes e poeiras, assim como os riscos de acidentes se associam ao processo produtivo e diretamente às características de projeto, pois essas também influenciam na definição do processo produtivo.

Logo, tratando-se da construção de edifícios, a identificação de perigos e riscos, com foco no PPS, deve se desenvolver desde o início do PDP, buscando a identificação de características de projeto e de processo construtivo que poderão gerar riscos físicos, químicos, ergonômicos, biológicos e ou de acidentes, causando danos à saúde e segurança do trabalho dos usuários temporários do edifício.

### *2.7.1.1 Decisões organizacionais que afetam a SST*

É válido destacar que riscos também podem ser gerados por decisões organizacionais, conhecidas como condições latentes da organização. Conforme Reason (1997) condições latentes são condições ocultas que estão presentes em todas as organizações, são oriundas de decisões estratégicas ou outras decisões de alto nível tomadas por órgãos governamentais, fabricantes, projetistas e gerentes. Tais condições podem permanecer ocultas até se combinarem com outras circunstâncias e assim quebrarem as barreiras do sistema de defesa da organização gerando um acidente. O autor exemplifica tais condições como resultados de decisões que impliquem na escolha de planos de manutenção precários, uso inadequado de ferramentas e equipamentos, programas de treinamento deficiente, distinção na alocação de recursos entre departamentos, projetos mal elaborados, dentre outras, onde o impacto destas decisões permeia a organização moldando a cultura organizacional.

### *2.7.1.2 Fatores sociais e técnicos que afetam a SST*

Outro aspecto que está relacionado aos riscos de acidentes do trabalho é a interface entre a demanda da atividade e a capacidade produtiva da força de trabalho, conhecida como *Task Demand-Capability Interface Model* (TCI) (MITROPOULOS; CUPIDO; NAMBOODIRE, 2007). Conforme os autores, na concepção do TCI, um acidente ocorre quando a demanda da atividade supera a capacidade de execução da força de trabalho, fazendo com que a mesma perca o controle da segurança, possibilitando o acidente, quando a demanda está vinculada ao processo, produto e ambiente e, à competência da equipe, considerando o treinamento, a experiência, o nível de atenção e fatores humanos.

Mitropoulos, Cupido e Namboodire (2007) apontam que a interface entre demanda e capacidade é determinada por fatores sociais e técnicos do sistema de trabalho, no qual fatores sociais estão relacionados com o planejamento em equipe, comportamento colaborativo, coordenação do trabalho, assertividade, comunicação e, gerenciamento de novos colaboradores. Os fatores técnicos dizem respeito às práticas do trabalho, como decomposição do trabalho, execução de atividades desconhecidas, distribuição de tarefas, pressão do trabalho e controle do desempenho. Na mesma linha, Hendrick e Kleiner (2006) também consideram que o sistema de trabalho organizado de forma sociotécnica, em que a análise e o projeto do sistema de trabalho são desenvolvidos de forma participativa pode trazer melhorias na ordem de 60% a 90% em relação a melhorias na produtividade, segurança e qualidade de vida no trabalho.

O estudo da configuração do sistema de trabalho de uma organização é o foco da macroergonomia que, por sua vez, é uma abordagem de sistemas sociotécnicos para o projeto de sistemas de trabalho e a aplicação do sistema global de projeto do trabalho para os projetos de interfaces humano-trabalho, humano-máquina, e humano-software (HENDRICK; KLEINER, 2006). Logo, a macroergonomia pode ser associada à interface entre a demanda e capacidade de produção, no qual, de acordo com Hendrick e Kleiner (2006), o equilíbrio entre os subsistemas social, técnico e ambiental, favorece o aumento da produtividade, redução das taxas de acidente, e eleva a motivação e seus aspectos relacionados à satisfação e qualidade de vida no trabalho. Assim, entende-se que, por consequência, amplia-se a capacidade da força de trabalho responder à demanda das atividades.

Avaliando o conceito de condições latentes e organização do sistema do trabalho, verifica-se que existe uma relação entre ambos, pois as decisões organizacionais influenciam diretamente sobre a forma como a empresa constrói o sistema de trabalho, pela combinação entre os aspectos sociais, técnicos e ambientais. Assim, a análise de perigos e avaliação de riscos também deve considerar quais condições organizacionais, isoladas e/ou combinadas, têm potencial para influenciar na SST dos usuários e gerar acidentes do trabalho.

Seguindo o ciclo de gerenciamento de riscos de Baker et al. (1999), após a identificação de perigos e análise de riscos, envolvendo a análise das características de projeto, do sistema construtivo (avaliando fatores sociais e técnicos) e condições latentes, a próxima etapa trata da avaliação do risco, quando devem ser medidas as consequências da efetivação dos riscos identificados, proporcionando a priorização dos mesmos para a adoção de medidas de controle.

## 2.7.2 Avaliação de risco

Depois de identificar os perigos que os usuários temporários estão expostos, deve-se avaliar o efeito da exposição ao risco de acidente, considerando a probabilidade de ocorrência e a severidade do efeito sobre o trabalhador, para tal, são encontradas várias ferramentas na literatura.

Saurin e Formoso (2008) recomendam um série de técnicas para dar suporte à identificação de perigos, tais como: FMEA, reuniões com projetistas e pessoal da produção, *checklists* de perigos e suas respectivas sugestões de projeto, revisão de construtibilidade, simulação 3D ou 4D, e protótipos de alguns elementos construtivos.

Manuele (2008b) aponta que, por mais de 40 anos, muitas técnicas têm sido desenvolvidas, ilustra o autor que Clemens (1992) descreveu mais de 25 técnicas enquanto que Stephans e Talso (1997) apontaram mais de 101 métodos. É importante entender que as técnicas se complementam e suportam umas as outras e a escolha do método requer um julgamento alicerçado no conhecimento e experiência da equipe de trabalho (MANUELE, 2008b).

Cameron e Hare (2008) sugerem *checklists*, *brainstorming*, dados históricos, lista vermelho/amarelo/verde e *workshops* para identificar perigos, como ferramentas para integrar segurança nos projetos de construção. Já Manuele (2008b) sugere técnicas como: matriz de avaliação de risco, análise preliminar de perigos, análise qual/se, análise de *checklist*, combinação de *checklist* e qual/se, análise de perigo e operacionalidade (HAZOP), análise do modo de falhas e seus efeitos (FMEA), análise da árvore de falhas e, supervisão de gerenciamento e árvore de risco (MORT).

Dentre as ferramentas citadas, nesse trabalho serão apresentadas as matrizes para avaliação de risco e a FMEA, por julgar-se que as mesmas são adequadas à proposta do protocolo de integração de requisitos de SST ao PDP da construção civil.

### 2.7.2.1 Matriz para avaliação de risco

Para Saurin et al. (2007) e Manuele (2008b), matriz de avaliação de risco é um método para avaliação que combina os fatores de probabilidade de ocorrência e severidade do perigo para estabelecer os níveis de risco.

Avaliando as classificações de severidade do risco, verifica-se que a classificação de Saurin et al. (2007) está focada no efeito do risco sobre o trabalhador, em que o grau do risco varia desde primeiros socorros até o óbito do trabalhador. Já as classificações A e B de Manuele (2008b) combinam efeitos do risco sobre o trabalho e sobre a empresa, quer seja em função do patrimônio ou do sistema produtivo, suas classificações apontam que a severidade do risco deve considerar também o efeito sobre a empresa. Essas matrizes estão estabelecidas com base nas classificações apresentadas nas figuras 13, 14 e 15:

Saurin et al. (2007)				
Muito alta (I)	Alta (II)	Moderada (III)	Baixa (IV)	Menor (V)
Quando pode ocasionar a morte do usuário	Aquele que pode resultar em lesões incapacitantes permanentes, mutilações ou doenças graves;	Gera afastamento superior a 15 dias, mas permite volta ao trabalho;	Resulta afastamento por menos de 15 dias	Quando resulta no máximo em primeiros socorros

**Figura 13: Classificação de severidade conforme Saurin et al. (2007)**

Fonte: adaptado de Saurin et al. (2007)

Emanuele (2008) Exemplo A			
Catastrófica	Critica	Marginal	Desprezível
Morte ou incapacidade total permanente, perda do sistema, grande perda da propriedade e interrupção de negócios.	Incapacidade permanente parcial ou temporária por mais de três meses, grande dano do sistema, significante perda para a propriedade e interrupção de negócios.	Menores ferimentos, perda do dia de trabalho, menor dano ao sistema, menor dano da propriedade e pouca interrupção de negócios.	Primeiros socorros ou simples tratamento médico, pouco impacto no sistema.

**Figura 14: Classificação de severidade A conforme Manuele (2008b)**

Fonte: adaptado de Manuele (2008b)

Emanuele (2008) Exemplo B			
Catastrófica	Critica	Marginal	Desprezível
Uma ou mais mortes, perda total do sistema, vazamento químico com grande impacto ao ambiente ou saúde pública.	Lesão incapacitante ou doença, grande dano à propriedade, interrupção de negócios, vazamento químico com temporário dano ao ambiente ou a saúde pública.	Tratamento médico ou restrição ao trabalho, pouca perda ou dano de subsistemas, vazamento químico necessitando relatórios externos.	Somente primeiros socorros, baixos danos a sistemas ou equipamentos, vazamentos químicos requerendo somente limpeza de rotina.

**Figura 15: Classificação de severidade B conforme Manuele (2008b)**

Fonte: adaptado de Manuele (2008b)

Diferente das classificações de severidade, a classificação de probabilidade de ambos os autores pode ser considerada semelhante (figura 16). A maior diferença está entre a classificação de Saurin et al. (2007) e a classificação do exemplo B de Manuele (2008b), em que os primeiros autores classificam a probabilidade em função no número de ocorrências durante o processo e Manuele (2008b) utiliza o tempo de recorrência do acidente.

Desta forma, entende-se que ambas as classificações são válidas e complementares, e quando utilizadas em conjunto podem aumentar a precisão da classificação de riscos, pois favorecem que o risco seja avaliado em função das consequências sofridas pelo trabalhador e pelo processo produtivo, considerando o tempo de recorrência e quantas vezes o acidente poderá ocorrer dentro de um processo. Também vale lembrar que, para a utilização dessas classificações, o emprego de dados sobre acidentes na empresa e no setor correspondente se torna uma importante fonte de dados.

Saurin (2007)				
Frequente (A)	Provável (B)	Improável (C)	Remota (D)	Extremamente remota (E)
Quando é esperado que o acidente ocorra várias vezes durante o uso.	Quando o acidente é esperado de ocorrer durante o uso.	Quando o acidente é pouco esperado de acontecer.	Quando não é esperado que o acidente ocorra durante o uso.	Conceitualmente possível, mas extremamente improvável de ocorrer.
Emanuele (2008) exemplo A				
Frequente	Provável	Possível	Raro	Improável
Probabilidade de ocorrer frequentemente.	Probabilidade de ocorrer várias vezes.	Probabilidade de ocorrer alguma vez.	Não há probabilidade de ocorrer.	Tão improvável de ocorrer que não será experimentado.
Emanuele (2008) Exemplo B				
Frequente	Provável	Ocasional	Remota	Improável
Pode ocorrer anualmente.	Pode ocorrer uma vez em dois anos.	Não ocorre mais do que uma vez em cinco anos.	Não ocorre mais do que uma vez em dez anos.	Não ocorre mais do que uma vez em vinte anos.

**Figura 16: Classificação de probabilidade conforme Saurin et al. (2007) e Manuele (2008)**

Fonte: Adaptado de Saurin et al. (2007) e Manuele (2008)

A partir da combinação das classificações de severidade e frequência, Saurin et al. (2007) apresentam a matriz de avaliação de riscos e priorização de erros, com base no cruzamento entre linhas (severidade) e colunas (probabilidade), para depois determinar o tipo de barreira contra acidente que melhor se adapta para evitar acidentes. A matriz apresentada na figura 17 indica que os erros classificados na faixa vermelha devem ser priorizados, em relação aos posicionados na amarela e na verde.

PROBABILIDADE	SEVERIDADE				
	I	II	III	IV	V
A					
B					
C					
D					
E					

**Figura 17: Matriz de avaliação de riscos e priorização de erros**

Fonte: Saurin *et al.* (2007, p. 3)

Semelhante ao método de Saurin *et al.* (2007), Manuele (2008b) relaciona os resultados da severidade e probabilidade para classificar os riscos. No entanto o autor sugere duas matrizes, uma que classifica o risco em uma escala qualitativa (alto, sério, médio e baixo) (figura 18) e outra que classifica em uma escala numérica, que varia de 1 até 25 (figura 19), conforme a relação entre severidade e probabilidade.

Probabilidade de ocorrer	Severidade da consequência			
	Catastrófica	Crítica	Marginal	Desprezível
Frequente	Alto	Alto	Sério	Médio
Provável	Alto	Alto	Sério	Médio
Ocasional	Alto	Sério	Médio	Baixo
Remota	Sério	Médio	Médio	Baixo
Improvável	Médio	Médio	Médio	Baixo

**Figura 18: Matriz de avaliação de risco.**

Fonte: Manuele (2008b)

Níveis de severidade e valores	Probabilidade de ocorrência e valores				
	Frequente (5)	Provável (4)	Ocasional (3)	Raramente (2)	Improvável (1)
Catastrófica (5)	25	20	15	10	5
Crítica (4)	20	16	12	8	4
Marginal (3)	15	12	9	6	3
Desprezível (2)	10	8	6	4	2
Insignificante (1)	5	4	3	2	1

**Figura 19: Matriz de avaliação de risco: classificação numérica**

Fonte: Manuele (2008b)

Da mesma forma que a classificação por cores (vermelho, amarelo e verde) de Saurin *et al.* (2007) ou da classificação qualitativa ou numérica, quanto maior a classificação do risco, mais efetiva deve ser a medida corretiva (SAURIN *et al.*, 2007; MANUELE, 2008).

### *2.7.2.2 Análise do modo de falha e seus efeitos (FMEA)*

Dentre as ferramentas apontadas, neste trabalho optou-se pela utilização da FMEA, como ferramenta de base, para identificar e avaliar os riscos a que se expõem os usuários temporários das edificações, pois a FMEA possibilita a participação de todos os envolvidos no processo, conferindo um relacionamento social para tratar de aspectos técnicos, favorecendo o equilíbrio do sistema do trabalho conforme a visão sociotécnica.

Com a finalidade de identificar, eliminar ou minimizar problemas em projetos ou processos, antes da possível ocorrência deles, pode-se utilizar a análise do modo de falha e seus efeitos, ferramenta conhecida pela sigla FMEA. A FMEA tem por objetivo evitar que ocorram falhas no projeto do produto e no processo, através da análise das falhas potenciais e de propostas de melhorias (FERREIRA; TOLEDO, 2001).

A técnica de FMEA teve utilização formal em meados dos anos 60 pela indústria aeroespacial, depois passou a ser utilizada principalmente nas indústrias químicas, com o objetivo principal de prevenir acidentes e incidentes (MCDERMOTT; MIKULAK; BEAUREGARD, 1996). Os mesmos autores apontam que a FMEA padroniza a análise de processos e produtos e estabelece uma linguagem comum, que pode ser usada tanto internamente ou entre organizações diferentes, entre funcionários de todos os níveis, técnicos ou não.

Rozenfeld et al. (2006) descrevem que a FMEA busca primeiramente evitar falha no projeto do produto ou do processo, antes que se produza um protótipo ou componentes do produto, diminuindo a probabilidade do processo ou do produto falhar, aumentando a confiabilidade. No entanto, por sua grande utilidade, a ferramenta passou a ser utilizada também para melhoria de processos ou produtos existentes, assim como para diminuir a probabilidade de falhas em processos administrativos.

Mcdermott, Mikulak e Beauregard (1996) alertam para a importância de considerar procedimentos padronizados, pois quando se aplica o FMEA em processos que não são padronizados, é possível obterem-se resultados diferentes, porque permite variações no processo.

Sob o mesmo prisma, Carvalho Jr. e Andery (1998) abordam que, algumas das falhas nos processos de execução, resultam da diferença entre os procedimentos planejados e a forma real de execução, indicando a necessidade de introduzir modificações básicas dos

procedimentos de execução, visando à prevenção das falhas potenciais, implícitas nos processos construtivos.

A aplicação da FMEA se dá em equipe multidisciplinar, variando de quatro a sete pessoas, que representam todos os envolvidos no processo a ser avaliado, como qualidade, desenvolvimento, produção e engenharia (MCDERMOTT; MIKULAK; BEAUREGARD, 1996; CARVALHO JR.; ALDERY, 1998; PALADY; 1997; ROZELFELD et al., 2006). O procedimento para execução da FMEA tanto para a avaliação de falhas em um processo quanto em um produto pode ser descrito resumidamente em dez passos conforme Mcdermott, Mikulak e Beauregard (1996, p. 27):

Passo 1: Revisão do processo.

Deve ser assegurado que todos os membros da equipe tenham o mesmo entendimento do processo a ser avaliado, que pode ser auxiliado pela apresentação de um fluxograma detalhado desse processo. No caso de produtos, as especificações técnicas e um protótipo pode ser utilizado para fornecer uma visão geral do produto.

Passo 2: *Brainstorm* para identificar potenciais modos de falha.

A técnica de *brainstorm* pode ser utilizada para identificar todos os modos de falha associados ao produto, ou ao processo. Dependendo da complexidade do objeto de estudo, é recomendada uma série de *brainstroms*, focadas em diferentes elementos, como: pessoas, métodos, equipamentos, materiais, e ambiente, mas somente as causas realmente possíveis sejam apontadas, para evitar consumo desnecessário de tempo e dificultar a priorização (PALADY, 1997).

Passo 3: Listar potenciais efeitos de cada falha.

A partir da lista de modos de falhas identificados, a equipe de FMEA revisa cada modo de falha e identifica o efeito potencial que poderá ocorrer, para modos de falha diferente um mesmo efeito pode ser identificado, assim como um modo de falha poderá resultar em diferentes efeitos.

Passo 4: Definir uma classificação de severidade para cada efeito.

Para cada efeito identificado deverá ser classificado em função de sua severidade, para tal os autores recomendam a utilização de uma escala de severidade apresentada na figura 20.

Classificação	Descrição	Definição
10	Perigosamente alta	Falha pode ferir o cliente ou um funcionário.
9	Extremamente alta	Falha criaria um descumprimento de regulamentações federais.
8	Muito alta	Falha pode tornar inoperável ou inutilizar o sistema.
7	Alta	Causa um alto grau de insatisfação do cliente.
6	Moderada	Falha resulta em mau funcionamento do produto
5	Baixa	Falha gera baixo desempenho do produto.
4	Muito baixa	A falha pode ser superada com modificações, mas diminui um pouco o desempenho do produto.
3	Menor	Falha pode gerar incomodo ao cliente, mas pode ser superada sem perda de desempenho.
2	Muito menor	Falha pode ser imperceptível ao cliente, mas traria pequenos efeitos ao processo ou produto.
1	Nenhuma	A falha pode ser imperceptível ao cliente e não afeta o processo ou produto.

**Figura 20: Classificação da severidade do efeito**

Fonte: Adaptado de Mcdermott, Mikulak e Beauregard (1996)

Passo 5: Definir uma classificação de probabilidade para cada modo de falha.

Cada modo de falha deverá ser classificado em função da probabilidade de ocorrer, para tal, a equipe de FMEA pode utilizar-se da classificação recomendada pelos autores ilustrada na figura 21.

Classificação	Descrição	Definição
10	Muito alta: falha é sempre inevitável	Mais do que uma ocorrência por dia ou um probabilidade de mais que três ocorrências em 10 eventos.
9		Uma ocorrência a cada três ou quatro dias ou uma probabilidade de três ocorrências a cada 10 eventos.
8	Alta: falhas frequentes	Uma ocorrência por semana ou a probabilidade de cinco ocorrências a cada 100 eventos.
7		Uma ocorrência a cada mês ou uma ocorrência a cada 100 eventos.
6	Moderada: falhas ocasionais	Uma ocorrência a cada três meses ou três ocorrências a cada 1000 eventos.
5		Uma ocorrência a cada seis meses ou uma ocorrência a cada 10000 eventos.
4		Uma ocorrência por ano ou seis ocorrências a cada 100000 eventos
3	Baixa: poucas falhas	Uma ocorrência a cada um ou três anos, ou seis ocorrências em dez milhões de eventos.
2		Uma ocorrência a cada três ou cinco anos, ou duas ocorrências em um bilhão de eventos.
1	Remota: falha é improvável	Uma ocorrência em mais de cinco anos ou menos de duas ocorrências em um bilhão de eventos.

**Figura 21: Classificação da probabilidade da falha**

Fonte: Adaptado de Mcdermott; Mikulak; Beauregard (1996)

Passo 6: Definir uma classificação de detecção para cada modo de falha e/ou efeito.

A detecção representa a capacidade do instrumento de controle evitar que a falha ocorra, sendo necessário classificar o controle existente em função dessa característica. A classificação pode ser realizada em função da escala de detecção apresentada na figura 22.

Destaca-se que todas as sugestões de classificação de severidade, probabilidade e detecção podem ser adequadas às características do produto ou processo que será avaliado.

Classificação	Descrição	Definição
10	Absolutamente incerto	O produto não é inspecionado, ou o defeito da falha não é detectável.
9	Muito remota	Realizado teste de amostragem conforme o programa de qualidade.
8	Remota	Produto é aceito com base na ausência de defeitos em uma amostragem.
7	Muito baixa	Produto é 100% manualmente inspecionado no processo.
6	Baixa	Produto é 100% manualmente inspecionado usando técnicas de detecção de erros.
5	Moderada	O controle estatístico de processo é utilizado no processo e o produto é inspecionado fora da linha.
4	Moderadamente alta	O controle estatístico de processo é utilizado e existe ações imediatas para condições de não-conformidade.
3	Alta	Um efetivo CEP é utilizado, com alto grau de confiabilidade.
2	Muito alta	Todo o produto é 100% inspecionado automaticamente.
1	Quase evidente	O defeito é evidente ou existe uma inspeção automática de 100% dos produtos com calibração e manutenção preventiva dos equipamentos de inspeção.

**Figura 22: Classificação da detecção de uma falha**

Fonte: Adaptado de Mcdermott, Mikulak e Beauregard (1996)

Passo 7: Calcular o número prioritário de risco para cada efeito (NPR).

O número prioritário de risco (NPR) é calculado pela multiplicação da severidade, ocorrência e detecção, em que: **NPR = Severidade x Ocorrência x Detecção**

Passo 8: Priorizar os modos de falha para ação.

Depois que cada modo de falha possui seu NPR, procede-se à priorização dos modos de falha. Com uma classificação decrescente dos NPRs calculados, a equipe de FMEA poderá decidir sobre quais itens concentrarão maior esforço de trabalho, a utilização de um gráfico de Pareto pode auxiliar nesta identificação.

Passo 9: Tomar ações para eliminar ou reduzir os modos de falha de maior risco.

Com base na priorização dos modos de falha, a equipe de FMEA deve planejar as ações para eliminar ou reduzir os riscos dos modos de falha.

Passo 10: Calcular o NPR resultante, a partir da estimativa de aplicação da ação planejada. Esse número indicará o efeito da ação sobre a situação atual do processo.

Espera-se uma redução de 50% ou mais no NPR; após a aplicação da FMEA, um gráfico de Pareto poderá ser elaborado com base no NPR resultante para ser comparado com o Pareto inicial. Cabe destacar que outras formas de classificação de severidade, probabilidade e detecção podem ser encontradas na literatura. Neste trabalho serão utilizadas as classificações de probabilidade e severidade definidas por Saurin et al. (2007) e Manuele (2008b). A classificação de detecção adotada foi a sugerida por Palady (1997), ilustrada na figura 23.

Descrição	Classificação
É quase certo que será detectado.	1
Probabilidade muito alta de detecção.	2
Alta probabilidade de detecção.	3
Chance moderada de detecção.	4
Chance média de detecção.	5
Alguma probabilidade de detecção.	6
Baixa probabilidade de detecção.	7
Probabilidade muito baixa de detecção.	8
Probabilidade remota de detecção.	9
Deteção quase impossível.	10

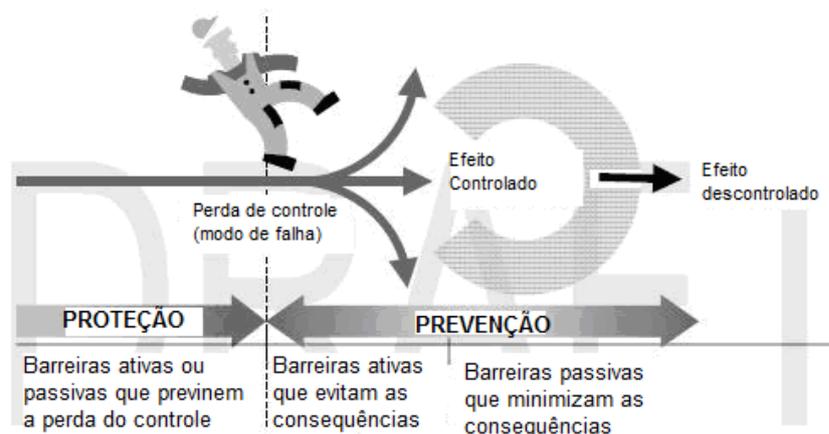
**Figura 23: Classificação de detecção**

Fonte: Palady (1997).

### 2.7.3 Resposta aos riscos e adoção de barreiras contra acidentes

Depois de identificar os modos de falha e classificá-las em função do NPR, o ciclo de gerenciamento de riscos prevê que se determine uma medida corretiva que responda ao risco, de maneira a eliminar ou minimizar seu efeito à SST do trabalhador. Essa resposta pode ser vista como uma barreira contra o acidente, sendo projetada e integrada ao projeto final seguindo o conceito do PPS.

Hollnagel (2004) descreve as barreiras contra acidentes como obstáculos ou dificuldades projetadas para evitar que um evento indesejado ocorra ou, para minimizar o impacto negativo da ocorrência. Classifica-as em preventivas ou protetoras, conforme ilustra a figura 24:



**Figura 24: Barreiras de prevenção e proteção**

Fonte: Adaptado de Hollnagel (2004)

O autor explica que as barreiras preventivas são aquelas cuja a finalidade é evitar que o evento indesejado ocorra. Já as protetoras são as que, caso o evento inicial ocorra, minimizam as consequências da falha. As barreiras protetoras são divididas em ativas, quando impedem a consequência, ou passivas, quando minimizam as consequências.

Podem-se exemplificar, com base nessa classificação, algumas barreiras utilizadas na construção civil, tais como: (a) barreira preventiva: um cinto limitador de movimento, guarda corpo, muros e paredes; (b) barreira protetora ativa: cinto trava-queda; (c) barreira protetora passiva: rede de proteção e cap acetado, pois não impedem quedas ou choque mecânico, mas minimizam as consequências do acidente.

Hollnagel (2004) prescreve que entender a natureza da barreira é fundamental para que a mesma funcione, determinando o tipo de barreira em função dos modos de falha. Propõe a classificação das barreiras conforme sua natureza em quatro categorias, assim descritas:

- a) Barreiras físicas ou materiais: impedem o contato entre partes, exemplo: muros, paredes, cercas, etc.
- b) Barreiras funcionais: estabelecem rotinas que devem ser executadas antes que um evento ocorra.
- c) Barreiras simbólicas: requerem interpretação, dependem da resposta do usuário, exemplo: semáforos, alarmes, placas.
- d) Barreiras imateriais: requerem interpretação, mas não são elementos físicos, dependem do conhecimento do usuário, exemplo: regras, cultura de segurança, princípios éticos.

Seguindo a recomendação de Hollnagel (2004), de que a barreira deve ser determinada em função do modo de falha, identifica-se a compatibilização dessas classificações de barreiras com a utilização da FMEA para avaliar e priorizar os riscos de acidentes.

Para projetar as barreiras é possível utilizarem-se experiências adquiridas em situações já vivenciadas ou em processos semelhantes em que os riscos já foram detectados (SAURIN et al., 2007).

Manuele (2008) indica o uso da hierarquia de controles para estabelecer as prioridades e o tipo de medida. Esse método se divide em seis níveis de ação conforme Manuele (2008b) e Roughton e Crutchfield (2008): 1) eliminar ou reduzir riscos no processo de projeto ou re-projeto; 2) reduzir risco pela substituição de materiais ou processo menos perigosos; 3) incorporar dispositivos de segurança; 4) providenciar sistemas de alarme; 5) aplicar controles

administrativos (métodos de trabalho, treinamento, cronograma); e, 6) adotar o uso de equipamento de proteção individual.

Alicerçado nesses conceitos, e nos 15 princípios do PPS (ver item 2.4.3 - Princípios do PPS) o projetista tem subsídios para elaborar barreiras contra acidentes que podem ser incorporados nos projetos do produto, seguindo o conceito de PPS. No caso desse trabalho, que está focado no projeto de edificações, seguir o conceito de PPS implica principalmente em adotar barreiras classificadas como preventivas, pois evitam que o acidente ocorra e relacionadas dentro da hierarquia de controle número 1, em que os riscos são eliminados no projeto ou re-projeto. Assim, quanto mais próximas dessas classificações forem as respostas adotadas aos riscos identificados, mais voltado estará o produto ao conceito de PPS, para ser utilizado em todo o seu ciclo de vida.

Na concepção de Crowther (2002) e Sell (2006), produtos são projetados para serem usados por pessoas em todo o seu ciclo de vida. Então, no caso do projeto de edifícios, deve-se projetar as barreiras contra acidentes para a construção, manutenção e até mesmo possíveis demolições e prever a eliminação dos perigos ou redução de riscos em todo o ciclo de vida do produto.

Como foi visto, para a eliminação ou minimização de um dado risco, várias soluções de projeto podem ser adotadas, variando dentro da classificação das barreiras e da hierarquia de controles. Para que o objetivo da medida de segurança não seja perdido, sugeriu-se neste trabalho que o mesmo seja transformado em um requisito de projeto, permitindo que os projetistas avaliem cada opção de barreira (resposta ao risco) em função das características técnicas e econômicas do empreendimento e em função do requisito de SST, garantindo que o PPS seja atendido.

## 2.8 GESTÃO DE REQUISITOS

Requisito é um termo amplamente utilizado na engenharia de software, e significa as especificações que um sistema deve atender, descrevem os serviços fornecidos pelo sistema e suas restrições operacionais (WAZLAWICK, 2004; SOMMERVILLE, 2007). No entanto, este termo também é empregado no processo de desenvolvimento de outros produtos, e podendo ser definidos como o processamento das necessidades brutas dos clientes em uma forma classificada, ordenada e agrupada, que geram os requisitos do produto, representando o

que é observável na interface entre o ambiente e o produto (ZAVE; JACKSON, 1997; ROZENFELD et al., 2006).

Na mesma linha, Kamara, Anumba e Evbuomwan (2002) definem requisitos como a tradução das necessidades dos clientes em termos técnicos de projeto na indústria da construção civil. A definição de requisitos é fundamental para o desenvolvimento de produtos e, implica em descobrir o que o cliente necessita em cada fase do ciclo de vida do produto, através de consultas aos clientes e usuários finais (WAZLAWICK, 2004; ROZENFELD et al., 2006; SOMMERVILLE, 2007).

Nuseibeh e Easterbrook (2000) afirmam que o processo de definição de requisitos apresenta uma série de dificuldades inerentes ao processo, pois os *stakeholders* (clientes, projetistas e usuários) podem ser numerosos e heterogêneos, seus objetivos podem variar e serem conflitantes, dependendo do ambiente em que trabalham e das atividades que realizam. Rozenfeld et al. (2006) complementam explicando que geralmente os clientes expressam suas necessidades em termos de falhas dos produtos, ou do que não gostaram da experiência de uso do produto. Além disso, alguns requisitos são conflitantes, como por exemplo, precisão do equipamento e custo final, pois em muitos casos para aumentar a precisão de um equipamento é necessária a incorporação de sistemas de controle que aumentam o custo final do mesmo.

Os requisitos se dividem basicamente em dois tipos: a) os requisitos funcionais - FR, que correspondem à listagem de todas as coisas que o sistema deve realizar e b) os requisitos não funcionais – NFR, que são restrições colocadas sobre como o sistema deve realizar seus requisitos funcionais (CYSNEIROS; LEITE; SABAT NETO, 2001; WAZLAWICK, 2004; SOMMERVILLE, 2007). Para Sommerville (2007) os NFRs são os mais importantes, pois podem especificar desempenho, proteção, disponibilidade e outras propriedades emergentes do sistema, conforme o autor, uma falha no atendimento de um NFR pode inutilizar todo o sistema.

Rozenfeld et al. (2006) também dividem os requisitos em duas categorias: a) requisitos dos clientes, que expressam suas necessidades e desejos e que geralmente são apontadas de forma qualitativa, e b) requisitos do produto que são gerados pelos requisitos do cliente e descritos em forma de especificação técnica com parâmetros mensuráveis. Por analogia das duas classificações, verifica-se que os requisitos do cliente correspondem aos requisitos funcionais e os requisitos do produto correspondem aos requisitos não funcionais.

Em relação à construção civil, Kamara, Anumba e Evbuomwan (2002) definem o cliente como a pessoa ou organização responsável pela aprovação e pagamento do projeto e construção de uma estrutura, por exemplo, um edifício, rodovia ou uma ponte. Pode ser apenas o proprietário ou o usuário dessa estrutura, mas de qualquer forma ele representa outros interesses; incluindo-se além do proprietário, usuários, outras pessoas que influenciam e são influenciados pela obra, como instituições financeiras, grupos de proteção ambiental e a própria vizinhança do empreendimento. Os mesmos autores enfatizam que o objetivo principal de todas as partes envolvidas no projeto é atender plenamente os requisitos dos clientes, e esse processo inicia-se com a clara definição dos mesmos.

Kamara, Anumba e Evbuomwan (2002) apontam que o projeto deve atender aos requisitos dos clientes e ao relacionamento destes com os requisitos relativos ao empreendimento, que são: requisitos do local, requisitos legais, requisitos ambientais, requisitos de projeto e de construção, recomendando o trabalho integrado, cooperativo e multidisciplinar da equipe de projeto. Os requisitos gerais, identificados pelos autores supracitados, que o empreendimento deve atender estão descritos na figura 25:

<b>Tipo de requisito</b>	<b>Descrição</b>
Requisitos do cliente	Descrevem as características do empreendimento que satisfazem as necessidades dos clientes, incluem requisitos dos usuários, outros grupos de interesse, e os requisitos do ciclo de vida do empreendimento, para operação, manutenção e disposição final.
Requisitos do local	Descrevem as características do local onde será construído o empreendimento, ex.: características do solo, serviços existentes, histórico do local, etc.
Requisitos ambientais	Descrevem o ambiente do entorno onde será construído o empreendimento, ex.: fatores climáticos, vizinhança, conservação ambiental, etc.
Requisitos legais	Aspectos legais relacionados à construção, planejamento, saúde e segurança, e outros requisitos que influenciam na aquisição, existência, operação e demolição do empreendimento.
Requisitos de projeto	Traduzem as necessidades dos clientes, os requisitos ambientais e legais em especificações de projeto.
Requisitos de construção	Derivam do projeto e representam as necessidades para execução do empreendimento.

**Figura 25: Diferentes tipos de requisitos relativos a um projeto**

Fonte: adaptado de Kamara; Anumba; Evbuomwan (2002)

O processo de identificar, analisar, validar e gerenciar as mudanças dos requisitos é chamado de Engenharia de Requisitos (RE), que tem por objetivo criar e manter um documento de requisitos do sistema, possibilitando seu gerenciamento (SOMMERVILLE, 2007). O objetivo da Engenharia de Requisitos é o gerenciamento efetivo dos requisitos ao longo do ciclo de

vida do software, iniciando na definição dos requisitos e culminando na aceitação do produto (KAMARA; ANUMBA; EVBUOMWAN, 2002).

O processo de gerenciamento de requisitos consiste em quatro atividades principais executadas de forma interativa, descritas a seguir conforme a compilação dos conceitos dos autores (NUSEIBEH; EASTERBROOK, 2000; CARVALHO; TAVARES; CASTRO, 2001; WAZLAWICK, 2004; SOMMERVILLE, 2007):

- a) definição ou elicitação de requisitos: é provavelmente a atividade mais estimada do processo de RE (NUSEIBEH; EASTERBROOK, 2000). Consiste na identificação das necessidades dos clientes, em cada fase do ciclo de vida (Rozenfeld et al., 2006), quais os problemas devem ser solucionados e especificações de como o sistema deve ser construído. Para a execução desta atividade são recomendadas ferramentas como: questionários, entrevistas, *checklists*, *brainstorming*, diagrama de afinidades, QFD, diagrama de Mudge, etc.
- b) análise e priorização de requisitos: é um processo de entendimento e registro dos requisitos, transformando as necessidades dos clientes em linguagem de projeto, para então proceder a priorização ou negociação dos requisitos, quando então, são resolvidos os conflitos entre os interessados em função do foco do sistema.

Muitas técnicas podem ser utilizadas para a priorização dos requisitos, que ocorre em função da atribuição de valores representativos da importância hierárquica do requisito. Alguns exemplos são: matriz de atributos, *checklists*, análise paramétrica, AHP, primeira matriz do QFD, etc. Duan et al. (2009) alertam quanto ao uso de técnicas de simples pontuação e classificação para a possibilidade dos *stakeholders* manipularem os resultados em favor de seus próprios objetivos.

- c) especificação: é a conversão dos requisitos priorizados em um documento que define o conjunto de requisitos que serão atendidos pelo sistema. Rozenfeld et al. (2006) identificam como especificações-meta do produto, expressas em forma de parâmetros quantitativos e mensuráveis. Já Miron (2008) aponta que na construção civil, a especificação dos requisitos do cliente ocorre com a elaboração do programa de necessidade do cliente, onde se identifica suas necessidade e expectativas, para que o projetista transforme essas informações em soluções técnicas para um problema, agregando valor ao produto final.

- d) validação: refere-se ao teste do atendimento aos requisitos, ou seja, verificar se a implantação dos requisitos faz com que o produto atenda às necessidades do cliente. Podem-se aplicar casos de teste para verificar se o sistema satisfaz o requisito e, no caso de reconhecimento de erros, modificações devem ser realizadas para corrigi-los.

Os requisitos estão sempre em processo de modificação, conforme a necessidade dos clientes, a compreensão e o gerenciamento dessas alterações são chamados de gerência de requisitos (NUSEIBEH; EASTERBROOK, 2000; CARVALHO; TAVARES; CASTRO, 2001; WAZLAWICK, 2004; SOMMERVILLE, 2007).

Com a finalidade de elicitare requisitos dos clientes da construção civil, Kamara, Anumba e Evbuomwan (2002) propõem o Modelo de Processamento de Requisitos do Cliente (CRPM) (figura 26). Ele é composto por três estágios principais e construído sobre dois preceitos básicos:

- a) Existem sempre grupos de interesse que influenciam ou são afetados pelo empreendimento, quer pela compra, funcionamento ou existência, e,
- b) Apesar da decisão de construir ser usualmente tomada pela alta administração (em casos de clientes comerciais) e estar baseada em critérios que não necessariamente têm relação com os usuários, a visão de outros grupos de interesse, particularmente usuários finais, será considerada na determinação dos requisitos do cliente.

Os autores utilizam um projeto modelo para representar a decomposição dos requisitos, que se originam da entrevista com os futuros proprietários de uma casa de campo e apresentados a seguir (figura 27). Cabe explicar que Kamara, Anumba e Evbuomwan (2002) definem requisitos terciários como o resultado da decomposição dos requisitos primários em secundários, e desses em terciários. Indicam a utilização de técnicas de decomposição, como a análise da árvore de valor, ou simplesmente utilizar a questão “como?” (ex.: como esse requisito pode ser implantado?) para decompor um requisito ou a questão “por quê?” para integrá-lo.

Para identificar um requisito de SST, parte-se do conceito de Rozenfeld et al. (2006), de que um requisito pode ser identificado através da falha de um produto ou sistema; no caso desse trabalho o modo de falha identificado na avaliação de riscos. Com base nessa falha, utiliza-se o CRPM com a aplicação da questão “como?”: Como é possível evitar essa falha? Assim, traduz-se o modo de falha em requisito e, este, em solução de projeto.

ESTÁGIO	DESCRIÇÃO	SUB-ATIVIDADES
1) Definir requisitos do cliente:	Compreende a identificação dos grupos de interesse representados pelo cliente e a elicitação de seus requisitos.	<b>Definir contexto do empreendimento:</b> trata da documentação básica do empreendimento e do cliente, fatores organizacionais e características de projeto.
		<b>Identificar grupos de interesse:</b> definição e descrição dos grupos que influenciam e são afetados pelo empreendimento.
		<b>Elicitar requisitos:</b> escutar a voz do cliente, converter sua visão do empreendimento em função de atributos.
2) Análise de requisitos do cliente:	Objetiva a estruturação e priorização dos requisitos baseados na importância que os grupos de interesse ocupam nesses requisitos.	<b>Estruturar requisitos:</b> as funções e atributos do empreendimento são decompostos em requisitos primários, secundários e terciários.
		<b>Priorizar grupos de interesse:</b> envolve o estabelecimento da importância relativa de cada grupo de interesse, baseada na informação sobre os mesmos.
		<b>Priorizar requisitos terciários:</b> a priorização dos requisitos terciários é realizada com base na importância relativa de cada grupo de interesse e sua avaliação sobre cada requisito.
3) Tradução dos requisitos do cliente:	Envolve a tradução dos requisitos do cliente em uma solução de especificações.	<b>Criar projeto de atributos:</b> são criados pela equipe de processamento de requisitos – RPT,
		<b>Determinação do valor meta para projeto de atributos:</b> valores meta são determinados em função do projeto de atributos, características do empreendimento, informações de uso e de usuários, padrões internacionais, valores meta de empreendimentos similares, etc.
		<b>Transformar requisitos terciários em atributos de projeto:</b> os requisitos terciários são associados ao projeto de atributos e verificados o grau de relacionamento entre eles.
		<b>Priorizar projeto de atributos:</b> o grau de relacionamento entre os requisitos terciários e o projeto de atributos é usado para calcular a importância do projeto de atributos. O projeto de atributos, os valores meta, e a importância relativa para projeto de atributos formam as soluções especificadas, ou seja, o resultado final do CRPM.

Figura 26 : Detalhamento do processo de captura de requisitos do cliente – CRPM

Fonte: Kamara; Anumba; Evbuomwan (2002)

Como? →		←	Por quê?
Requisito primário	Requisitos secundários	Requisitos terciários	Notação
Uma agradável e interessante residência familiar	Casa atrativa	Harmonizada com as demais edificações	R1
		Esteticamente agradável	R2
		Baixo custo operacional	R3
	Custo efetivo	Facilidade para limpeza e manutenção	R4
		Facilidade para reforma	R5
		Espaço adequado	R6
	Casa confortável	Segurança	R7
		Mínimo nível de ruído	R8

**Figura 27: Exemplo de decomposição de requisitos**

Fonte: adaptado de Kamara; Anumba; Evbuomwan (2002)

## 2.9 ASSOCIAÇÃO ENTRE ENGENHARIA DE REQUISITOS E O CICLO DE GERENCIAMENTO DE RISCO

Lembrando o ciclo de gerenciamento de riscos proposto por Baker et al. (1999), (detalhado no item 2.6 - Gerenciamento de riscos de acidentes), que é constituído de quatro etapas: a) identificação dos riscos, b) avaliação dos riscos, c) resposta e, d) controle dos riscos. É possível fazer algumas associações entre este e as atividades da engenharia de requisito, mais precisamente com o modelo CRPM de Kamara, Anumba e Evbuomwan (2002) aplicado à construção civil devido ao foco deste trabalho. Verifica-se que as atividades além de serem paralelas, são complementares e podem ser desenvolvidas com o uso das mesmas ferramentas, pois os objetivos seguem os mesmos princípios.

Analisando o paralelismo das atividades na figura 28, pode-se verificar que, em se tratando da integração de requisitos de segurança do trabalho ao PDP de um empreendimento da construção civil:

- a) O cliente identificado será o usuário temporário, os grupos de interesse serão os proprietários, usuários finais, vizinhança, dentre outros, a identificação e análise dos riscos, a que o mesmo estará exposto, irá gerar os requisitos de SST do usuário temporário, que serão analisados e priorizados.
- b) Os requisitos priorizados serão traduzidos em forma de especificações de projeto que devem atender às necessidades do usuário temporário e por consequência, responderão aos riscos de acidentes identificados.
- c) O controle dos riscos durante a execução, combinado com o gerenciamento dos requisitos, garantirá a correta implantação das medidas planejadas, identificará novas necessidades e fornecerá o *feedback* para novos projetos.

<b>Ciclo de gerenciamento de riscos</b>	<b>Modelo CRPM</b>	<b>Observações</b>
<b>Identificação de riscos:</b> Etapa de identificação de perigos e riscos que os usuários serão expostos.	<b>Definição dos requisitos:</b> Compreende a identificação dos grupos de interesse representados pelo cliente e a el icitação de seus requisitos.	Em ambos os processos, a primeira atividade consiste em identificar os objetos a serem gerenciados,
<b>Análise de riscos:</b> É a estimativa do nível de risco, em função da severidade e probabilidade, resulta em uma classificação hierárquica de riscos.	<b>Análise dos requisitos:</b> Objetiva a estruturação e p riorização dos requisitos baseados na importância que os grupos de interesse ocupam nesses requisitos.	Em ambos os casos, a sequência é a análise e priorização dos objetos identificados anteriormente, para então especificar medidas que atendam aos objetivos dos processos.
<b>Resposta aos riscos:</b> compreende a definição de quais as medidas de projeto serão implementadas para controlar os mesmos.	<b>Tradução dos requisitos:</b> Envolve a tradução dos requisitos do cliente em uma solução de especificações.	Depois de avaliado quais os principais riscos ou quais os requisitos mais importantes, a sequência dos processos é o planejamento de ações e especificações de projeto para eliminar ou minimizar os riscos ou no caso do CRPM atender aos requisitos dos clientes.
<b>Controle de riscos:</b> Ocorre durante a execução, visando garantir a implementação das medidas estabelecidas na etapa anterior. O <i>feedback</i> resultante contribui para a melhoria da segurança em projetos futuros.	<b>Gerenciamento de requisitos*:</b> Visa compreender e co ntrolar as modificações dos requisitos de sistema, tanto no sistema instalado quanto no de senvolvimento de novos sistemas.	O controle de riscos não encontra atividade paralela no CRPM, no entanto, a RE prevê o gerenciamento dos requisitos que compreende o monitoramento dos requisitos e de novos requisitos, podendo ser associada ao controle de riscos.
* A atividade de gerenciamento de requisitos foi incorporada ao CRPM para viabilizar o paralelismo entre os processos analisados.		

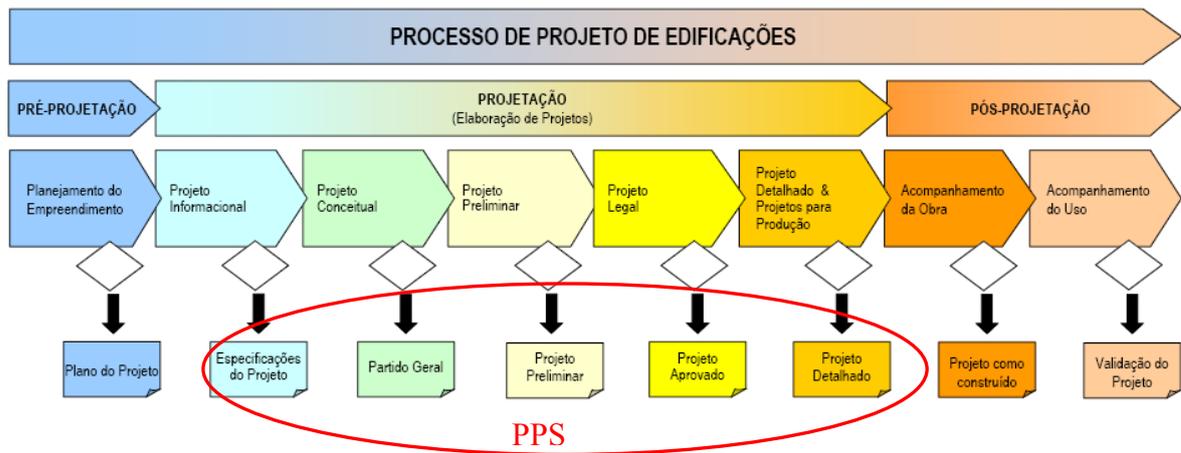
**Figura 28: Paralelo entre o ciclo de gerenciamento de riscos e o modelo CRPM**

## 2.10 CONSIDERAÇÕES

Neste capítulo, foram apresentados e discutidos os conceitos de processo de desenvolvimento do produto (PDP), projeto para segurança (PPS), gerência de riscos e gestão de requisitos, que suportam o desenvolvimento do Protocolo de Integração de Requisitos de Saúde e Segurança do Trabalho ao Processo de Desenvolvimento do Produto da Construção Civil (PISP).

Quanto ao PDP, apontou-se que na construção civil existem vários modelos, iniciando desde a concepção do conceito do empreendimento e estendendo-se até a avaliação do uso do edifício, mas nenhum deles inclui em suas atividades a preocupação com a SST dos usuários temporários e também não sugerem a avaliação do pr ojecto em função das dificuldades construtivas pelos mesmos.

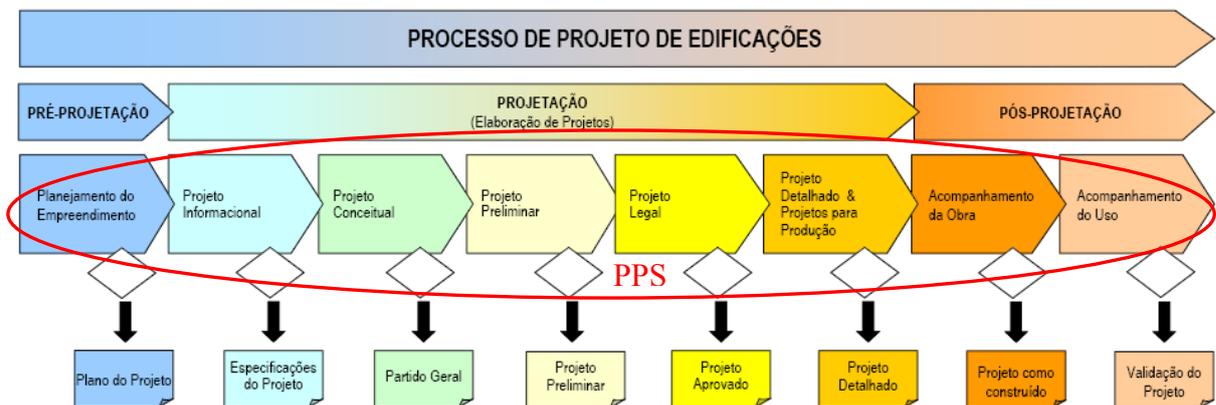
Para representar a inserção do princípio de PPS no P DP da construção civil, no c ontexto abordado pelos trabalhos supracitados, utiliza-se a figura 29, que representa o modelo de PDP proposto por Romano (2003), com suas macrofases e atividades e a localização do PPS conforme o contexto atual.



**Figura 29: Modelo de PDP da construção civil e localização do PPS no contexto atual**  
 Fonte: adaptado de Romano, 2003

A proposta deste trabalho aponta para a integração do PPS ao longo do PDP, quebrando a visão de que decisões tomadas nas fases iniciais do PDP não interferem na segurança dos usuários. A figura 30 apresenta a localização do PPS sob o prisma desta tese.

Em relação ao PPS, define-se seu conceito como a capacidade de uma edificação ser construída oferecendo facilidade e segurança para os trabalhadores na execução das atividades, nas quais tais requisitos de SST são incorporados nas etapas de PDP considerando-se o processo produtivo e os objetivos do empreendimento.



**Figura 30: Modelo de PDP da construção civil e localização do PPS proposta pela tese**  
 Fonte: adaptado de Romano, 2003

O gerenciamento de riscos de acidentes foi abordado sob uma estrutura dividida conforme Baker et al. (1999), composta pela identificação, avaliação, resposta e monitoramento de riscos. Também foram sugeridas ferramentas para realizar cada uma dessas etapas. Frisa-se que o gerenciamento de riscos associa-se com o PPS, pois esse busca a eliminação e controle de riscos desde a fase de projeto do edifício.

Por fim, o conceito de gerência de requisitos aborda uma estrutura de gestão de especificações de projeto, que devem ser atendidas para que o produto final alcance seus objetivos. Esses requisitos são elicitados em função das necessidades dos usuários, no caso deste trabalho, os temporários e, com o objetivo de gerenciar o resultado do P PS, as medidas de SST necessárias ao gerenciamento dos riscos de acidentes são transformados em requisitos de SST.

### 3 MÉTODO DE PESQUISA

---

#### 3.1 ESTRATÉGIA DE PESQUISA

Em relação à estratégia de pesquisa, foi adotada a pesquisa-ação, definida por Thiollent (2008) como uma pesquisa social com base empírica desenvolvida de forma interativa entre o pesquisador e os representantes da situação ou ação pesquisada, onde todos atuam de forma cooperativa e participativa. Thiollent (2008) aponta que no desenvolvimento de uma pesquisa-ação, a participação das pessoas implicadas nos problemas investigados é absolutamente necessária e o pesquisador atua como facilitador dos vários aspectos da situação, não impondo unilateralmente suas percepções.

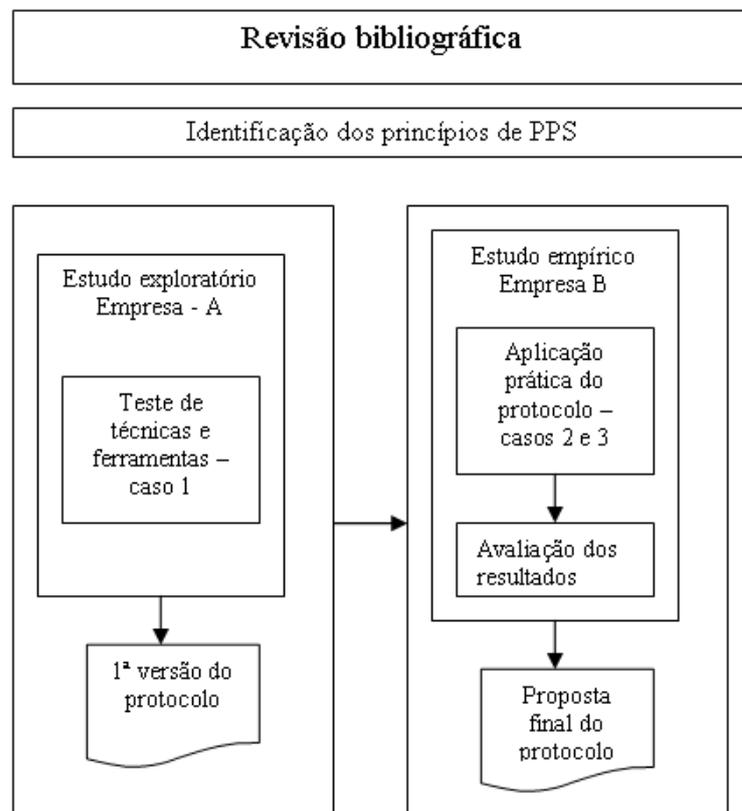
A estrutura da pesquisa-ação segue um ciclo investigação-ação, no qual se aprimora a prática pela alternância entre agir e avaliar resultados (TRIPP, 2005). O mesmo autor descreve que este ciclo composto pelo planejamento de uma melhoria, ação para implantação, monitoramento e descrição dos efeitos e avaliação dos resultados, faz com que se aprenda mais sobre a prática e sobre a própria investigação.

O desenvolvimento de uma intervenção no processo de projeto de edifícios para implantação de requisitos de segurança do trabalho, voltados aos usuários temporários, deve ocorrer em um ambiente real de desenvolvimento de projetos, para que o pesquisador possa interagir com os projetistas e identificar os pontos onde essa intervenção é possível e necessária. Tal aspecto foi determinante para a escolha da estratégia da pesquisa-ação no desenvolvimento desse trabalho.

Os ciclos alternados de ação e reflexão, que possibilitaram a troca de informações e aprendizado entre o pesquisador e representantes da empresa, alicerçaram a condução do estudo exploratório, servindo como base para a condução dos futuros estudos empíricos, que fundamentaram o protocolo proposto para a integração de requisitos de SST no processo de projeto de edifícios.

### 3.2 DELINEAMENTO DA PESQUISA

As etapas desta pesquisa estão ilustradas na figura 31, assim como a sua seqüência de desenvolvimento:



**Figura 31: Delineamento da pesquisa**

A estratégia para desenvolver o Protocolo de Integração de Requisitos de Saúde e Segurança do Trabalho ao PDP da Construção Civil (PISP) ocorreu em três grandes etapas: (a) revisão bibliográfica, cujo principal resultado foi a identificação dos princípios de PPS; (b) estudo exploratório, que resultou na versão preliminar do PISP; (c) estudo empírico, que resultou na proposta da versão final do protocolo.

A **revisão bibliográfica** foi desenvolvida ao longo de todo o período da pesquisa, buscando estabelecer a base teórica para alicerçar o desenvolvimento do PISP. Dentre os conceitos que suportam esta tese, a revisão bibliográfica enfatizou as áreas de segurança no projeto do produto, processo de desenvolvimento de produto e gestão dos requisitos dos clientes. Também se buscou a **identificação dos princípios de PPS**. A partir dos conceitos obtidos na revisão bibliográfica, foi realizado o **estudo exploratório**, buscando testar técnicas e ferramentas capazes de mapear o PDP da empresa e inserir medidas de saúde e segurança do trabalho que atendam aos requisitos dos usuários temporários na execução da obra e em atividades de manutenção, reforma, ampliações e limpeza.

O estudo exploratório foi realizado ao longo dos meses de Abril e Maio de 2009, resultando na primeira versão do protocolo, sempre alinhando os resultados encontrados com o avanço da revisão bibliográfica. Com base no resultado do estudo exploratório, foi desenvolvida a **primeira versão** do PISP.

O **estudo empírico** ocorreu entre 22/09/2009 e 02/12/2009 e teve como objetivo principal a aplicação do protocolo para testá-lo e aprimorá-lo quanto à capacidade e aplicabilidade de integrar os requisitos de segurança do trabalho ao PDP de um empreendimento da construção civil. A **proposta final do protocolo** resultou da avaliação dos dados coletados em todas as etapas anteriores.

### 3.3 ESTUDO EXPLORATÓRIO

Esse estudo envolveu três grandes etapas: (a) mapeamento do processo de projeto de um edifício, no caso o de um hospital, identificando os atores, suas interações, responsabilidades e o fluxo principal de informações; (b) identificação dos perigos e avaliação dos riscos de acidente do trabalho, tanto durante a execução quanto na manutenção, originados em decisões do projeto do produto (edifício); (c) integração dos requisitos de segurança do trabalho ao PDP do empreendimento estudado.

Com base nos resultados do estudo exploratório foi desenvolvido a primeira versão do PISP, que mais tarde foi testado e validado pela aplicação em dois estudos de caso.

### 3.3.1 Descrição da empresa

O estudo exploratório foi desenvolvido em um escritório de arquitetura localizado em uma cidade da região central do Rio Grande do Sul. O escritório atua há mais de 10 anos em projetos de estabelecimentos assistenciais de saúde, como hospitais, laboratórios, farmácias e clínicas odontológicas. Ele desenvolve projetos em todo o território nacional, com grande atuação no Rio Grande do Sul, oferecendo também serviços de arquitetura residencial, hoteleira e industrial.

O corpo técnico do escritório é formado por quatro arquitetos e conta com um grupo de engenheiros terceirizados para desenvolver os projetos complementares, como o estrutural, o elétrico e o hidrossanitário. Outros projetos especiais são desenvolvidos por especialistas conforme a necessidade, porém, a empresa não executa as obras, prestando assessoria aos proprietários durante a execução.

### 3.3.2 A obra estudada

A escolha do projeto do hospital, dentre os demais projetos da empresa, se deu por dois aspectos importantes: (a) a complexidade dos projetos e a multidisciplinaridade, envolvendo arquitetos, engenheiros civis, mecânicos, eletricitistas e um físico nuclear; (b) a facilidade de acesso à obra, que estava em fase adiantada de execução, o que possibilitou observações *in loco* da implantação dos projetos.

A edificação é destinada a um centro de saúde, com 27389,00 m<sup>2</sup> de área construída, composta por dois subsolos, pavimento térreo e mais dezessete pavimentos, sendo três destinados a garagens, o 16º para a casa de máquinas, o 17º para o heliponto e os demais para serviços médicos, consultórios, leito de internação, e outras necessidades do hospital (figura 32).

A figura 32 também mostra o vulto da obra e o grande número de detalhes arquitetônicos do edifício, como grandes colunas, superfícies curvas e, pele de vidro, notando-se também que a obra por situar-se no centro da cidade, requer cuidados com a segurança do entorno.



**Figura 32: (a) Situação da obra no período do estudo (b) perspectiva final da obra**

### 3.3.3 Mapeamento do processo de desenvolvimento do produto

A aplicação das ferramentas para a modelagem do PDP e para avaliação dos riscos identificados não envolveu ativamente os membros da empresa, somente o pesquisador que realizou essas atividades com base nas entrevistas com projetistas, executores e com os responsáveis pela segurança do trabalho do hospital.

A etapa de mapeamento do PDP foi subdividida em três atividades: a) levantamento das informações com entrevistas com projetistas; b) modelagem do PDP; c) validação do mapa do PDP, descritas a seguir. As entrevistas com os projetistas foram realizadas para identificar o fluxo de informações e ações que geram as características do projeto arquitetônico, bem como as atividades desenvolvidas e os intervenientes no processo de desenvolvimento do empreendimento.

Para o desenvolvimento dessa etapa do estudo exploratório, foram utilizadas entrevistas semi-estruturadas, com o arquiteto que coordenou o projeto, a arquiteta que desenvolveu os projetos de interior e de mobiliário e finalmente com o engenheiro responsável pela execução dos projetos e, com os responsáveis pela segurança do trabalho do hospital, seguindo o cronograma apresentado a seguir. As questões utilizadas para condução das entrevistas se encontram no apêndice C.

No dia 23/03/2009, foi realizada uma visita ao escritório de projetos, onde o pesquisador explicou aos arquitetos, responsáveis pelos projetos, e ao engenheiro civil, responsável pela execução da obra, os objetivos da pesquisa e que o resultado das entrevistas seria o mapa do processo do projeto do hospital e com a identificação da influência dos projetos na SST dos

usuários temporários. O pesquisador ressaltou a importância da participação da equipe de projeto e execução no desenvolvimento da pesquisa, assim como da necessidade de informações verídicas.

Essa etapa da pesquisa não visava a interferir no processo de desenvolvimento de projetos do escritório, caracterizando-se, pois, um estudo de caso. O interesse estava focado no resgate das informações sobre o desenvolvimento do projeto de um hospital e na observação participativa das rotinas da equipe de projeto.

Além da observação participante para verificar a rotina do escritório de projetos, obteve-se, como fonte de evidências, fotografias da execução do edifício, anteprojetos, projetos arquitetônicos detalhados, perspectivas das fachadas e memorial descritivo. Todos esses documentos subsidiaram as entrevistas realizadas com os arquitetos responsáveis, com o engenheiro de execução e com a equipe do SESMT do hospital para levantar informações capazes de estruturar a modelagem do PDP do hospital que depois de resultou na elaboração do mapa do PDP.

No total, ainda foram realizadas 8 reuniões de trabalho, sendo uma também para validação do mapa do PDP, entre os dias 30/03/2009 a 04/05/2009. A primeira reunião de investigação foi realizada no dia 30/03/09, com a participação do coordenador do projeto e da arquiteta responsável pelo gerenciamento do mesmo. Nessa reunião foram levantados dados acerca das atividades desenvolvidas durante o PDP, suas dependências, quais os profissionais envolvidos, quais as dificuldades ocorridas na elaboração dos projetos, condições da execução e parte do histórico do empreendimento.

A segunda reunião deu-se no dia 31/03/09, ainda com a participação do coordenador do projeto e da arquiteta responsável pelo gerenciamento do mesmo. O objetivo dessa reunião foi completar a coleta das informações sobre o desenvolvimento do PDP estudado.

No dia 01/04/09, foi realizada a reunião com o engenheiro de execução da obra, com a finalidade de confirmar as informações já colhidas anteriormente e coletar dados sobre a execução da obra e identificar qual a percepção do engenheiro sobre a influência do projeto na SST dos usuários. Depois da entrevista, foi realizada uma visita à obra, para verificar subjetivamente os elementos do projeto que estavam dificultando a execução e gerando riscos de acidentes aos usuários. Durante a visita não foi seguido nenhuma estrutura formal para identificação dos perigos.

O dia 02/04/09 foi reservado para avaliação do projeto, contemplando memoriais descritivos, cronogramas e outras informações pertinentes. Essa atividade foi realizada pelo pesquisador, sempre com o intuito de confirmar os dados levantados com o coordenador do projeto ou com a gerente do mesmo. A finalidade da avaliação foi no sentido de identificar os perigos relacionados com o projeto do edifício hospitalar. Para tal identificação, o pesquisador utilizou-se da lista de princípios de PPS citados na literatura (ASSE, 1994, HINZE, 1997; SAURIN; FORMOSO, 2008) buscando identificar a adoção dos mesmos nos projetos avaliados e avaliando as condições de execução em função das características especificadas nas disciplinas de projeto.

Após identificar os perigos relacionados com o projeto, o pesquisador realizou uma entrevista com o técnico de segurança do hospital, o responsável pela implantação de medidas de SST na obra. A reunião ocorreu no dia 14/04/09, realizada paralelamente com uma visita aos pontos considerados críticos pelo pesquisador, com a finalidade de confirmar (ou refutar) essa classificação sob o ponto de vista do técnico responsável pela SST, além de resgatar informações sobre dificuldades, riscos e acidentes que já haviam acontecido durante a execução da obra.

Com a finalidade de identificar como se desenvolvia o relacionamento entre projetistas, executores e fornecedores de equipamentos e serviços, o pesquisador acompanhou reuniões com fornecedores de condicionadores de ar e rede de lógica. A reunião com o fornecedor de condicionadores de ar ocorreu no dia 15/04/09, quando foram determinadas as especificações dos equipamentos e as necessidades de serviços fornecidos por ambas as partes. Já a reunião com o instalador da rede de lógica foi realizada no dia 16/04/2009 com a mesma finalidade da primeira reunião com fornecedores.

Ainda sobre a identificação de perigos e resgate de informações sobre a execução e utilização do edifício, foi realizada uma reunião com o Serviço de Engenharia e Segurança do Trabalho (SESMT) do hospital, que também é responsável pela SST dos trabalhadores da obra estudada. Nessa reunião estavam presentes o engenheiro de segurança do trabalho, a médica do trabalho e a enfermeira do trabalho e ocorreu no dia 17/04/2009. A entrevista ocorreu somente com o engenheiro de segurança durante uma verificação *in loco* dos pontos de difícil manutenção predial.

Finalmente, completando 15 horas e 35 minutos de reuniões com os envolvidos no PDP do hospital, no dia 04/05/2009, foi realizada uma reunião com o coordenador do projeto, a

gerente do projeto e o engenheiro de execução, com a finalidade de apresentar o mapa do PDP, apontando os perigos identificados e as medidas de SST sugeridas.

Para elaboração da modelagem do PDP foi utilizado o software Microsoft Office Visio 2003, tarefa que também poderia ser realizada utilizando-se os recursos do Auto Cad, normalmente disponível nas construtoras e escritórios de projetos. A execução da modelagem do PDP ocorreu com base nos relatos dos entrevistados e resultou na elaboração do fluxograma das atividades desenvolvidas no processo de projeto, identificando os responsáveis por cada atividade e suas relações de precedência em cada macrofase: a) pré-projeção; b) projeção c) pós-projeção, conforme a classificação de Romano (2003).

Finalmente, depois de concluído o trabalho de mapeamento do processo de projeto, o resultado (mapa) foi apresentado ao arquiteto coordenador do projeto, que analisou e fez suas considerações sobre a sequência de algumas atividades e, em seguida, validou o resultado final.

### **3.3.4 Identificação dos pontos de integração de requisitos de SST no PDP**

Os pontos de integração de requisitos de segurança são caracterizados por serem etapas onde as decisões tomadas podem afetar positivamente ou negativamente as condições de segurança e saúde do trabalho para os usuários temporários.

Assim, as etapas que promovam interação entre proprietário, construtor, projetistas e fornecedores, assim como todas as atividades que influenciam nas características de projetos, devem ser avaliadas como potenciais pontos de intervenção.

Para auxiliar na identificação desses pontos, são sugeridas perguntas como: (a) decisões tomadas nessa etapa podem implicar modificações de projetos que afetem a SST? (b) As decisões tomadas podem afetar os prazos de projeto e ou execução da obra? (c) Decisões podem restringir recursos destinados à SST? e (d) É possível nesta etapa melhorar as condições de SST, incluído itens de segurança e/ou modificando o projeto?

Essas questões foram respondidas pelo próprio pesquisador, ao longo do processo de identificação dos possíveis pontos de integração dos requisitos de SST.

### 3.3.5 Identificação dos perigos e avaliação de riscos inerentes aos projetos

Essa etapa do estudo exploratório foi subdividida em duas atividades: (a) identificação dos perigos inerentes aos projetos, e (b) avaliação dos riscos.

Para identificar os perigos, primeiramente o pesquisador analisou o PDP, o projeto arquitetônico e o memorial descritivo do edifício. Em seguida, o pesquisador realizou observações *in loco* acerca das características de projeto que poderiam resultar em um maior grau de dificuldade de execução, por consequência um maior risco de acidentes do trabalho.

Dessa forma, foi possível conduzir entrevistas semi-estruturadas com o engenheiro responsável pela execução, com um técnico de segurança do trabalho que participou da execução e uma entrevista coletiva semi-estruturada com os demais integrantes do SESMT do hospital, composto pelo engenheiro de segurança do trabalho, uma médica do trabalho e outra técnica de segurança do trabalho.

Com os dados levantados, foi possível identificar aspectos do projeto que geravam riscos de acidentes durante a execução, manutenção e limpeza do edifício.

A segunda atividade dessa etapa foi a avaliação dos riscos a que os usuários temporários estão expostos, tanto na execução quanto na manutenção do edifício. Para isso, utilizou-se da ferramenta denominada Análise dos Modos de Falhas e seus Efeitos (FMEA), seguindo as orientações do item 2.6.2.1 deste trabalho.

Contudo, houve adaptações em relação ao FMEA convencional, tendo com base nos trabalhos de Mcdermott, Mikulak e Beauregard (1996) e Saurin (2005) e chamada de FMEA-PPS, em alusão ao conceito de PPS. Com a modificação foram introduzidos 9 campos novos: (a) hierarquia do controle existente; (b) hierarquia média do controle existente; (c) requisito de SST; (d) justificativa do requisito; (e) princípio de PPS aplicado para atender ao requisito; (f) projetos relacionados; (g) necessidade de integração com fornecedores; (h) hierarquia do controle proposto; (i) hierarquia média do controle proposto, representados nas figuras 32 e 33, onde se destacam em cores conforme a respectiva origem.

Também para facilitar a utilização do formulário, dividiu-se a FMEA-PPS em duas fases: (a) avaliação de perigos e riscos e (b) integração dos requisitos de segurança do trabalho (figuras 33 e 34):

Produto/processo:					FMEA-PPS n°:				
Equipe de FMEA-PPS:					Data:				
Líder da equipe:					Data de revisão:				
					Página .....de.....				
<b>FMEA-PPS</b>									
<b>Fase de avaliação de perigos e riscos</b>									
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
Operação	Potencial modo de falha	Potencial efeito da falha	Severidade	Causas potenciais	Probabilidade	Controle existente	Hierarquia do controle	Deteção	RPN
						Hierarquia Média		RPN	

**Figura 33: Formulário para primeira fase da FMEA-PPS**

Legenda

	Proposta da Tese
	Originada de Mcdermott; Mikulak; Beauregard (1996)

Produto/ Processo:					FMEA-PPS n°:						
Equipe de FMEA-PPS:					Data:						
Líder da equipe:					Data de revisão:						
					Página .....de.....						
<b>FMEA – PPS</b>											
<b>Fase de integração dos requisitos de segurança do trabalho ao produto</b>											
(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)
Requisito (s)	Justificativa	Princípio PPS	Projeto (s) relacionado (s)	Interação com fornecedor Sim ou Não?	Responsável e data de execução	Ação tomada	Hierarquia do controle	Severidade	Probabilidade	Deteção	RPN
						Hierarquia Média:		RPN Resultante:			

**Figura 34: Formulário para segunda fase da FMEA-PPS**

Legenda

	Proposta da Tese
	Originada de Mcdermott; Mikulak; Beauregard (1996)
	Originada do trabalho de Saurin (2005)

Para o preenchimento dos campos da FMEA-PPS, foram seguidas as recomendações da figura 35.

<b>Instrução para preenchimento dos campos da FMEA-PPS</b>			
<b>Fase</b>	<b>Coluna</b>	<b>Descrição</b>	<b>Detalhamento</b>
<b>FMEA-PPS fase de avaliação de perigos e riscos</b>	(1)	Operação	Ações e decisões dos operadores para atingir os objetivos da etapa (por exemplo, transportar materiais, inspecionar, armazenar e, produzir).
	(2)	Potencial modo de falha	Como algo pode dar errado durante a execução da operação?
	(3)	Potencial efeito da falha	Quais os impactos de cada modo de falha, em termos de lesões, danos materiais, perda de tempo ou doenças ocupacionais?
	(4)	Severidade	Classificação da severidade de cada efeito (ver figura 64).
	(5)	Causas potenciais	Quais as causas raízes de cada modo de falha? Devem ser buscadas causas em todos os sub-sistemas de um sistema sócio-técnico (tecnológico, pessoal, organização do trabalho e ambiente externo)
	(6)	Probabilidade	Estimar a probabilidade de ocorrência para cada modo de falha (ver figura 65).
	(7)	Controle existente	Quais as ações de controle existentes para lidar com cada modo de falha?
	(8)	Hierarquia do controle	Classificação hierárquica do controle existente (ver figura 71).
	(9)	Detecção	Qual a probabilidade dos controles existentes evitarem o modo de falha? (Ver figura 66).
	(10)	NPR	Número prioritário de risco: severidade versus probabilidade versus detecção
<b>FMEA-PPS fase de integração dos requisitos de SST</b>	(11)	Requisito (s)	Transformar o modo de falha em um requisito de SST que deverá ser atendido para eliminar ou minimizar a ocorrência do modo de falha.
	(12)	Justificativa	Justificar a necessidade do requisito de SST.
	(13)	Princípio PPS aplicável	Identificar qual o princípio de PPS foi adotado para atender ao requisito de SST.
	(14)	Projeto (s)	Apontar em qual ou quais os projetos o requisito deve ser integrado.
	(15)	Interação com fornecedor Sim ou Não?	Indicar se será necessário a participação do fornecedor para a integração do requisito ao produto.
	(16)	Responsável e data de execução	Apontar o responsável pela ação e data prevista para execução.
	(17)	Ação tomada	Tradução do requisito de SST em especificação de projeto, onde se deve descrever a ação prevista para atender o requisito de SST (novo controle de falha).
	(18)	Hierarquia do controle	Indicar a hierarquia de controle resultante da ação adotada (figura 77).
	(19)	Severidade	Classificação da severidade de cada efeito (ver figura 70).
	(20)	Probabilidade	Estimar a probabilidade de ocorrência da falha após a ação ser implantada (ver figura 71).
	(21)	Detecção	Qual a probabilidade dos controles projetados evitarem o modo de falha? (Ver figura 72).
	(22)	NPR	Apontar o número prioritário de risco após a implantação da ação.

**Figura 35: Instruções para preenchimento dos campos da FMEA-PPS**

O número de aplicações da FMEA-PPS é definido em função do número de etapas previstas para a execução, manutenção e reformas do edifício, assim como em função da ocorrência de modificações do projeto ao longo do PDP, que gerem novos perigos ou riscos aos usuários temporários. Uma lista sugerida com as atividades que devem ser avaliadas em função da identificação de perigos e riscos para obras de edificações em alvenaria e estrutura em concreto armado se encontra no apêndice D deste trabalho.

No estudo exploratório, a aplicação da FMEA-PPS foi realizada somente pelo pesquisador, tendo como base a atividade de revestimento cerâmico da fachada principal, com o objetivo de testar a utilização da ferramenta. Idealmente, essa aplicação deveria ter contado com o envolvimento de todos os participantes no processo avaliado, conferindo ao PISP uma abordagem sociotécnica, pois considera a experiência e a opinião dos envolvidos no processo no planejamento do mesmo, ou poderia ter contado com auxílio de especialistas em SST para desenvolver o FMEA. No entanto, devido ao prazo determinado para execução da pesquisa, não foi possível nenhuma dessas alternativas.

Além dos perigos associados às operações de transformação, o estudo exploratório permitiu concluir que algumas decisões organizacionais acerca do PDP também geravam perigos e riscos para os usuários do edifício. Para registrar e classificar esses efeitos, foi utilizado o formulário para identificação de perigos organizacionais (figura 36).

Identificação de perigos organizacionais (condições latentes)				
Etapa do PDP	Decisão organizacional	Efeito (positivo ou negativo)	Usuário afetado	Ações

Figura 36: Formulário para identificação de perigos organizacionais

### 3.3.6 Integração dos requisitos de segurança do trabalho ao PDP

A última etapa do estudo exploratório foi subdividida em quatro atividades: (a) elicitación dos requisitos de SST; (b) priorização dos requisitos; (c) definição das ações para atender aos requisitos, (d) especificações de projeto.

A estratégia para adotada para a elicitación de requisitos segue os conceitos de Kamara, Anumba e Evbuomwan (2002), Wazlawick (2004), Rozenfeld et al. (2006) e Sommerville (2007), onde os requisitos de SST são identificados pela transformação de um possível modo

de falha, identificado pelos envolvidos no projeto (projetistas e usuários temporários), em um requisito que deverá ser atendido dentro das disciplinas de projeto. Logo, a partir da avaliação dos modos de falhas e seus efeitos na primeira fase da FMEA-PPS, foram identificados os requisitos de SST que seriam integrados ao projeto para eliminar ou minimizar os riscos de acidentes. Para isso foi executada a segunda fase da FMEA-PPS. Nessa fase, foram planejadas as soluções que deverão atender aos requisitos, controlando os riscos identificados. Essas soluções podem ser de diversas naturezas, desde modificações nas características geométricas da edificação até a incorporação de dispositivos físicos de segurança, tais como pontos de ancoragem de cintos de segurança.

Quando as soluções para atender aos requisitos de SST foram definidas, foi possível identificar quais disciplinas de projeto seriam afetadas. A partir disso, foram desenvolvidas as especificações técnicas de cada solução, para cada disciplina de projeto afetada.

Depois de concluídas as três grandes etapas do estudo exploratório, delineou-se a versão do protocolo de integração de requisitos de segurança do trabalho ao PDP voltados aos usuários temporários, dividido em quatro etapas: a) Identificação dos perigos relacionados ao PDP; b) Identificação de perigos e avaliação de riscos; c) Processamento de requisitos; e, d) Avaliação do PPS e registro do aprendizado, descritos detalhadamente no Capítulo 5 deste trabalho.

## 3.4 ESTUDO EMPÍRICO

### 3.4.1 Descrição da empresa

O estudo empírico foi realizado com o objetivo de aplicar o PISP seguindo todos os passos propostos pelo protocolo e detalhados no Capítulo 5 deste trabalho. O estudo foi realizado nos meses de setembro, outubro e novembro de 2009 em uma construtora situada na Cidade de Porto Alegre (RS), que atua desde 1983 na execução de obras de engenharia sob encomenda, com contratos de preço global, tanto em edificações novas como em adaptações em instalações industriais, hospitalares e comerciais da indústria da construção civil.

A empresa empregava um sistema integrado de planejamento que envolve o planejamento da produção, da segurança do trabalho e de desenvolvimento do produto, para garantir a execução de obras complexas em curto prazo. E também aplicava elementos do sistema de

Planejamento e Controle da Segurança (PCS), proposto por Saurin (2002), que integra o gerenciamento da segurança do trabalho ao PCP da obra. No entanto, o planejamento da segurança do trabalho não está associado ao processo de desenvolvimento do produto, lacuna que despertou o interesse tanto por parte do pesquisador quanto da empresa em aplicar o PISP em dois dos seus projetos.

Os projetos estudados correspondem aos empreendimentos A e B, onde o empreendimento A é a incorporação<sup>4</sup> de um edifício residencial constituído por 1 pavimento térreo, 1 subsolo e 8 pavimentos tipo, compostos por 4 apartamentos de 2 e 3 dormitórios, totalizando 64 apartamentos e a área construída de 7266,76 m<sup>2</sup> (figura 37 e 38). O preço de venda dos apartamentos do empreendimento A foi definido com base nos preços praticados no mercado local e estabelecidos em contrato com os compradores. Como 50% dos apartamentos foram vendidos antes do início da obra, não era viável economicamente realizar qualquer alteração de projeto que resultasse em aumento de custos de produção, dificultando a adoção de medidas de PPS.

Já o empreendimento B é uma obra industrial, contratada diretamente pelo proprietário, representando o modelo mais usual de negócios da empresa estudada. O prédio é destinado à armazenagem de alimentos perecíveis, conta com uma área construída de 1200 m<sup>2</sup> dividida em três setores: câmara de congelados, câmara de resfriados e área de carregamento.

A edificação tem finalidade de armazenamento de alimentos perecíveis, então, será construída em estrutura de concreto pré-fabricado e será fechada com painéis isotérmicos de EPS revestidos com chapa de aço. O pé-direito da edificação será de 11,50m no vão e sob a cobertura serão alojados os ventilares para climatização (figura 39, 40 e 41).

Com relação ao tipo de contrato adotado no empreendimento B, destaca-se que o preço estipulado para a execução da obra foi determinado antes da elaboração de todos os projetos. Essa decisão organizacional incentiva a redução dos custos de produção e restringe alterações de projeto que diminuam a margem de lucro estimada para o negócio, prejudicando a adoção do conceito de PPS nessa etapa do PDP.

---

<sup>4</sup> De acordo com Nepomuceno (2004) e Rambo (2005), incorporação se caracteriza quando a empresa empreendedora realiza a construção com a finalidade de comercializar as unidades imobiliárias antes, durante ou após a conclusão da obra.



Figura 37: Projeto da fachada principal e do pavimento tipo do empreendimento A



Figura 38: Empreendimento A na fase da aplicação do PISP

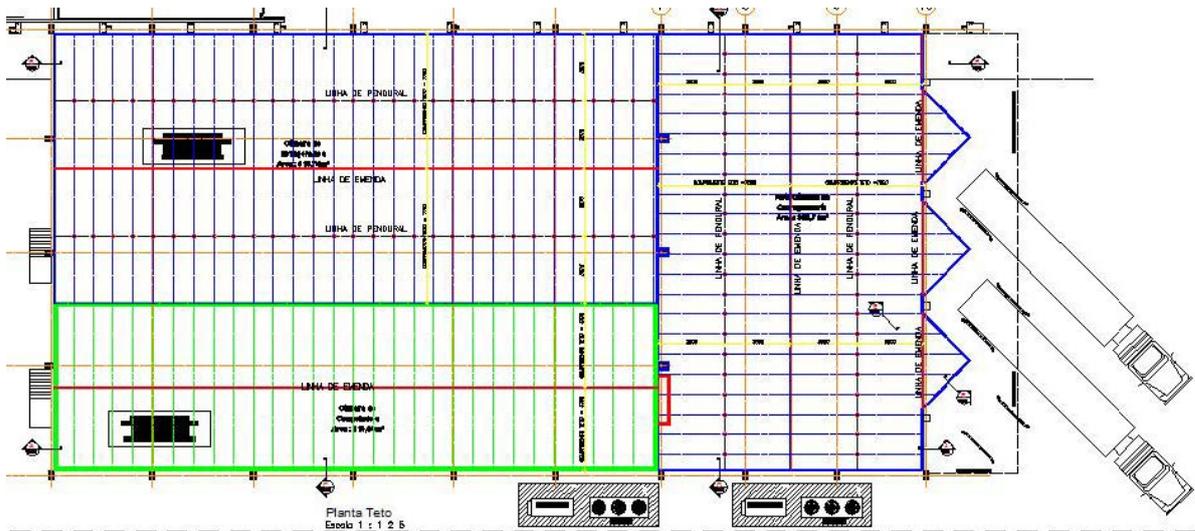
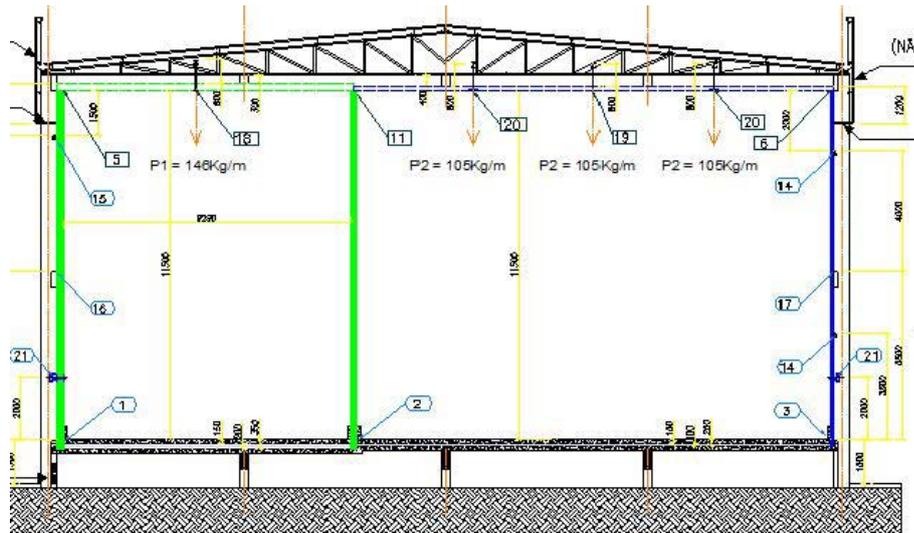


Figura 39: Planta baixa do empreendimento B



**Figura 40: Corte projetado do empreendimento B**



**Figura 41: Fotografia do Empreendimento B já fase de execução em 22/01/2010**

### 3.4.2 Identificação dos perigos relacionados ao PDP

Para realizar a identificação dos perigos relacionados ao PDP, primeiramente foi necessário o mapeamento do PDP dos empreendimentos A e B. Tal atividade foi realizada com base em 7 entrevistas com os envolvidos no PDP de cada empreendimento (figura 42), totalizando 9 horas e 45 minutos de trabalho dentro da empresa estudada.

Após a modelagem, que foi executada, com a utilização do software Microsoft Office Visio 2003, os mapas dos PDP dos empreendimentos A e B. Tais mapas foram apresentados aos respectivos coordenadores de projetos e para o gerente de planejamento e produção da empresa, para avaliação e validação.

Com base no mapa do PDP, nos relatos dos envolvidos no PDP de cada empreendimento e nas observações realizadas nas reuniões com fornecedores e clientes, foram identificados os perigos organizacionais e os pontos de integração dos requisitos de SST ao projeto do produto para os casos estudados.

<b>Relação das entrevistas realizadas para o mapeamento do PDP dos empreendimentos A e B</b>			
<b>Data</b>	<b>Participantes</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Duração (h)</b>
15/10/2009	Coordenador do projeto e do arquiteto responsável pelo acompanhamento da obra do empreendimento A.	Identificar as fases do PDP do Empreendimento A.	01:20
15/10/2009	Coordenador e o arquiteto responsável pelo empreendimento A, o coordenador do empreendimento B e o engenheiro de segurança do trabalho responsável por ambos os empreendimentos.	Identificar as fases do PDP do empreendimento B, verificar quais as decisões que influenciaram na SST dos usuários dos edifícios A e B,	02:30
16/10/2009	Engenheiro de produção e o coordenador de projeto do empreendimento B, o calculista de fundações e a empresa de estrutura pré-fabricada para definição de detalhes da estrutura do empreendimento B.	Identificar como se desenvolve o relacionamento entre a empresa construtora e seus fornecedores. Também foi possível avaliar a possibilidade de integração de requisitos de SST na fase de detalhamento das estruturas do empreendimento B.	01:30
22/10/2009	Engenheiro de produção, do coordenador de projeto do empreendimento B e dos representantes do cliente, sendo um arquiteto e o gerente de produção industrial da empresa contratante.	Verificar o relacionamento entre a empresa e seu cliente e a possibilidade de integração dos requisitos de SST nas fases de negociação.	02:30
22/10/2009	Coordenador de projeto do empreendimento A e o engenheiro de segurança do trabalho.	Esclarecer alguns pontos do PDP do empreendimento A e também verificar alguns detalhes construtivos do mesmo empreendimento.	00:30
27/10/2009	Representante do departamento comercial.	Identificar a participação desse departamento nas atividades de venda dos apartamentos do Empreendimento A e como fora realizado o processo de contratação de serviços de engenharia do empreendimento B, identificando as decisões que influenciam na SST dos usuários dos edifícios.	00:45
29/10/2009	Representante do departamento de suprimentos.	Verificar o fluxo das atividades desse departamento, no PDP dos empreendimentos estudados e quais as decisões que influenciaram na SST dos usuários.	00:40
<b>Total</b>			<b>9:45</b>

**Figura 42: Resumo das entrevistas para mapeamento do PDP**

### 3.4.3 Identificação de perigos e avaliação de riscos

Esta etapa teve como objetivo identificar os perigos e avaliar os riscos relacionados aos projetos e à execução das atividades previstas. Utilizaram-se como fonte de evidências os projetos arquitetônicos, estruturais e memoriais descritivos dos empreendimentos A e B. Cada engenheiro de produção enviou por e-mail, ao pesquisador, a quantidade de serviços a ser executada em cada empreendimento, por exemplo, metros quadrados de alvenaria e revestimento, metros cúbicos de concreto e, quilos de aço para armar, e o coordenador de cada projeto forneceu as respectivas plantas e memoriais para identificação dos perigos e avaliação dos riscos.

Com base nos projetos e na lista de atividades a serem executadas em cada empreendimento, foi realizada a classificação das atividades críticas da obra, selecionando quais seriam avaliadas pela aplicação da FMEA-PPS e quais pela Análise Preliminar de Riscos adaptada ao PPS (APR-PPS), sendo esta última uma simplificação da FMEA-PPS, onde não são calculados os índices de severidade, probabilidade e detecção, reduzindo o tempo de aplicação para facilitar o processo, mas garantido que todos os riscos sejam avaliados. No caso do empreendimento A foi possível a realização de uma visita *in loco*, já que o mesmo se encontrava em fase de execução, favorecendo a identificação dos perigos relacionados ao projeto do edifício.

As atividades de identificação de perigos e avaliação de riscos foram desenvolvidas seguindo os procedimentos estabelecidos pelo PISP, utilizando-se dos formulários de primeira fase do FMEA-PPS e da APR-PPS. Apenas o pesquisador desenvolveu essa etapa do PISP, para depois apresentar as medidas em uma reunião com todos os envolvidos no PDP dos empreendimentos. Da mesma forma que no caso do estudo do hospital, seria mais indicado a participação de representantes da empresa ou de especialistas em SST para desenvolverem o FMEA-PPS, mas devido às limitações de prazo para realização da pesquisa, essas alternativas não foram adotadas, apenas em uma reunião geral, as medidas foram apresentadas e discutidas com os participantes do PDP dos empreendimentos A e B.

### **3.4.4 Identificação de requisitos**

A terceira etapa do PISP foi realizada com a utilização do formulário de segunda fase da FMEA-PPS e tratou da tradução dos requisitos de SST em soluções de projeto. Essa etapa foi desenvolvida pelo pesquisador e os resultados foram apresentados em uma reunião com todos os envolvidos no PDP dos empreendimentos A e B e demais engenheiros da empresa. A reunião de apresentação e validação ocorreu no dia 26/11/2009, onde foram apresentadas as medidas de SST propostas pela aplicação do PISP e discutida a viabilidade técnica de sua execução e capacidade da medida gerenciar os riscos propostos.

Cabe destacar que a empresa não firmou compromisso de implantar as medidas propostas, embora existisse o interesse em adequar os projetos à segurança dos usuários. Tendo em vista que os orçamentos e contratos já estavam definidos, isso criava dificuldades para a alteração dos projetos.

### **3.4.5 Avaliação do PPS e registro do aprendizado**

A última etapa do PISP foi a avaliação do PPS em função do número de riscos gerenciados, da hierarquia média de controles e de sua aplicabilidade. Quanto à avaliação, por parte do usuário temporário, não foi possível realizá-la porque as medidas não foram aplicadas pela empresa.

Os procedimentos do PISP indicam a necessidade do registro do aprendizado e monitoramento dos requisitos de SST. Os resultados do trabalho ficaram arquivados na empresa para subsídios a novos projetos. No entanto, não foi possível desenvolver o monitoramento dos requisitos nos estudos dos empreendimentos A e B.

### **3.4.6 Avaliação do estudo de empírico**

Depois da reunião de apresentação dos resultados do PISP, no dia 02/12/2009, foi realizada a avaliação do protocolo em uma entrevista com o gerente de planejamento e produção da empresa. A aplicação do PISP foi avaliada em função de sua facilidade de aplicação e utilidade, visando a identificar oportunidades de melhoria do mesmo.

Além da entrevista, o pesquisador avaliou a aplicabilidade do protocolo pela observação da demonstração de interesse dos envolvidos no P DP de cada empreendimento estudado, verificado pela disponibilidade de cada um em participar de reuniões, fornecerem informações e projetos e aceitação de mudanças em projetos e processos construtivos. Os critérios desenvolvidos pelo para avaliar a facilidade de aplicação e a utilidade do protocolo estão apresentados na figura 43.

<b>Critério</b>	<b>Subcritérios</b>	<b>Descrição</b>	<b>Forma de avaliar</b>
<b>Facilidade de aplicação</b>	Tempo despendido na aplicação	Avalia o tempo total dedicado na aplicação do protocolo	Controle do tempo em dias
	Tempo despendido pelo cliente	Avalia o tempo despendido pela empresa	Controle do tempo em horas
	Tempo necessário para resposta	Avalia o tempo despendido a partir do levantamento dos dados até a entrega do projeto PISP	Controle do tempo em dias
<b>Utilidade do protocolo</b>	Número de requisitos identificados	Mede o número de requisitos de segurança identificados no processo.	Avaliação pelo formulário da FMEA
	Número de requisitos atendidos no projeto PISP	Mede o número de Requisitos atendidos pelo projeto PISP	Avaliação pelo formulário da FMEA
	Número de perigos eliminados	Mede o número de perigos eliminados pelo projeto PISP	Avaliação pelo formulário da FMEA
	Número de perigos minimizados	Mede o número de perigos minimizados pelo projeto PISP	Avaliação pelo formulário da FMEA
	Impacto nos demais projetos	Avalia o grau de impacto gerado sobre os demais projetos.	Entrevistas com os demais projetistas envolvidos

**Figura 43: Critérios para avaliação do protocolo**

### 4 ESTUDO DE CASO EXPLORATÓRIO

---

#### 4.1 MAPEAMENTO DO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO

Para o mapeamento das fases já desenvolvidas do PDP do hospital foram utilizados os documentos arquivados, como anteprojetos, projetos enviados aos outros projetistas, atas de reuniões, materiais do lançamento da obra, detalhamento de equipamentos de medicina nuclear, proposta das construtoras, dentre outros. Conforme os arquitetos narravam a história do projeto, o pesquisador montava a estrutura do fluxo do PDP, com base nas figuras utilizadas para criação de fluxogramas de processos, identificado a sequência das atividades, os responsáveis, as dependências e o fluxo de informações, conforme o item 2.2 (MODELAGEM DO PDP) deste trabalho.

O fluxo do processo se desenvolve da esquerda para a direita, conforme as setas que se deslocam para cima ou para baixo indicando qual participante executou a atividade, representada por um retângulo. O mapeamento do processo de projeto do hospital é representado pela figura 41 no final desse item, onde a mesma é formada por linhas paralelas que representam cada participante do projeto, que nesse caso foram quinze, as linhas que estão agrupadas representam os profissionais que participam constantemente dos projetos do escritório e a administração do hospital. Já as linhas separadas, simbolizam organizações externas, como a imobiliária e consultores especiais.

### **a) pré-projeção**

Iniciando essa macrofase, a etapa de planejamento estratégico da administração do hospital buscou uma inovação no serviço hospitalar para a região, acompanhando a tendência de hospitais de grandes centros como São Paulo.

Nesse aspecto, modificou-se o foco de internação para serviços de diagnósticos, reduzindo o número de leitos e também o tempo médio de internação dos pacientes, agregando maior valor ao serviço oferecido.

Para tal, a equipe de projetistas juntamente com a direção do hospital identificou a oportunidade de oferecer serviços na área de medicina nuclear, por se tratar de uma necessidade para a região.

Foi possível verificar pela entrevista com os projetistas e pelas fotografias da época do início da obra que a instituição buscou uma aproximação e envolvimento com a comunidade local, confeccionando painéis e faixas publicitárias que explicavam o motivo da obra de ampliação.

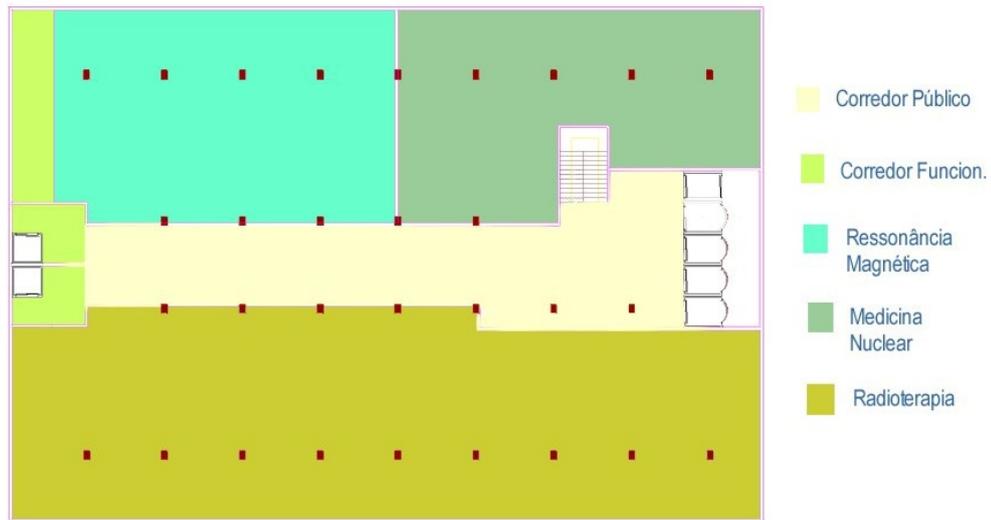
A segunda etapa identificada na pré-projeção é a fase conceitual, pois além de modificar o foco do serviço prestado, era necessário idealizar o edifício em função do terreno disponível, das necessidades demandadas e dos recursos. Neste ponto, a opção foi por projetar um edifício vertical, com previsão de expansão conforme a demanda, e como se situa em área central, explorar o potencial comercial do espaço.

Essa decisão alcançava dois objetivos principais: conferir um aspecto diferente dos hospitais tradicionais, trazendo lojas e serviços agregados junto ao prédio e também gerar recursos financeiros com as vendas desses espaços para alavancar a construção.

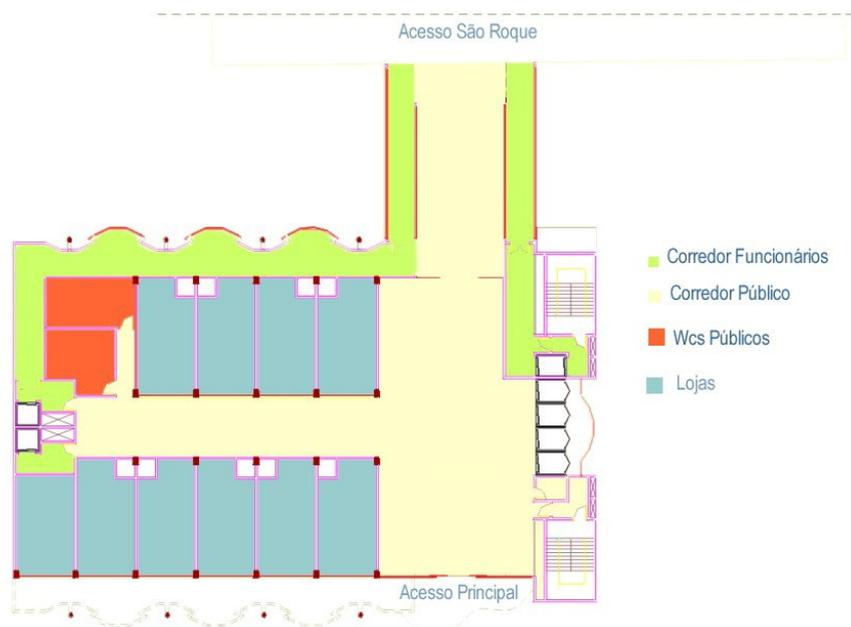
Finalizando a pré-projeção, ocorreu o estudo de viabilidade, desenvolvido junto à diretoria da instituição e com o auxílio de uma imobiliária que indicou como excelente oportunidade a comercialização do espaço, que seria pré-requisito para viabilizar financeiramente o empreendimento. A diretoria, por sua vez, avaliou a implicação da obra no orçamento e o potencial de crescimento em função dos novos serviços.

## b) projeção

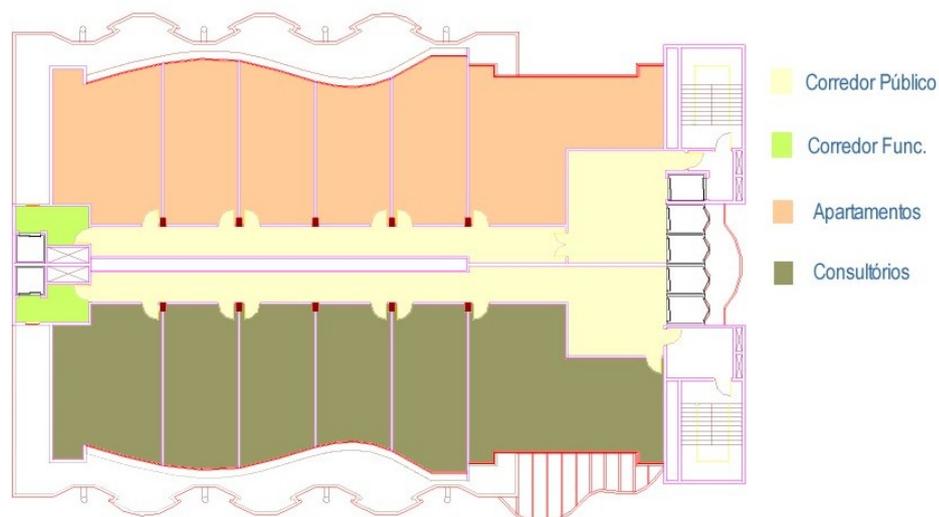
Mesmo antes de todos os espaços comerciais serem vendidos, a equipe de projeto avançou na macrofase de projeção iniciando um anteprojeto arquitetônico do edifício em função das necessidades de áreas, equipamentos e do espaço disponível para a construção. As Figuras 44, 45 e 46 ilustram o anteprojeto do edifício.



**Figura 44: Anteprojeto arquitetônico do subsolo 2**



**Figura 45: Anteprojeto arquitetônico do pavimento térreo**



**Figura 46: Anteprojeto arquitetônico pavimento tipo**

Em paralelo ao desenvolvimento do anteprojeto, por uma decisão política da diretoria, as salas comerciais foram vendidas para investidores mesmo sem o projeto definitivo. No entanto, havia um contrato com previsão de entrega dos imóveis, fato que gerou desconforto para a equipe de projetistas, pois houve necessidade de reduzir os prazos de elaboração dos projetos e iniciar a obra antes da conclusão de todos os projetos complementares, identificou-se aqui um perigo organizacional do empreendimento.

Assim, a venda antecipada das lojas causou uma sobreposição das macrofases de projeção e pós-projeção, já que a execução das fundações, estrutura e painéis de fechamento iniciou enquanto os demais projetos estavam em desenvolvimento e alguns em fase de aprovação nos órgãos competentes.

As demais atividades da macrofase de projeção foram a elaboração dos seguintes projetos: arquitetônico, estrutural, elétrico, luminotécnico, de ar-condicionado, redes de gases medicinais (oxigênio, ar-comprimido e vácuo clínico), projeto de mobiliário, prevenção e combate a incêndio e o hidrossanitário.

É possível verificar, conforme as figuras 47 e 48, que o volume de escavações e as condições do terreno ofereceram dificuldades para a execução das escavações, estruturas de contenção e fundações, comprovando o desgaste da equipe em desenvolver e gerenciar os demais projetos e acompanhar a execução da obra.



**Figura 47: Escavação do subsolo**

Já a Figura 48 permite visualizar alguns blocos da fundação, onde se pode comprovar o vulto da obra e compreender a necessidade do detalhamento dos projetos, como por exemplo: a posição e especificação das armaduras, as coordenadas para locação dos blocos, pilares e vigas, dentre outros, que se apresentarem falhas, podem comprometer prazos e recursos financeiros para corrigi-los.



**Figura 48: Blocos da fundação**

### **c) pós-projeção**

Esta macrofase compreende a execução do edifício e as atividades de acompanhamento do uso. Como já foi descrito, a pós-projeção sofreu uma sobreposição a projeção devido ao início antecipado da execução. No entanto, os entrevistados relataram que somente a partir da execução da quarta laje (figura 49) é que os projetos executivos estavam concluídos, ficando a equipe do escritório responsável somente pelo gerenciamento da obra e elaboração do *as built*.



**Figura 49: Montagem da 4ª laje**

Percebe-se nessa figura que as lojas já estavam ocupadas quando a quarta laje era montada, já existindo a utilização dos ambientes internos do primeiro pavimento, além da circulação de pedestres. Esse é mais um perigo originado de decisões organizacionais, que gerou riscos de acidentes para os usuários temporários, finais e também para os pedestres.

Como o projeto faz parte do plano de expansão do hospital, a execução de cada pavimento se dá conforme as necessidades do hospital para a instalação de novos equipamentos ou serviços, assim, pavimentos que contam somente com a estrutura e fechamento podem ser concluídos, ou outros pavimentos poderão ser executados, pois a previsão de conclusão final dos dezesseis pavimentos que compõe a obra é para o ano de 2015, conforme o planejamento estratégico da instituição.

Atualmente o subsolo 01 se encontra sem utilização, com previsão de acabamento para o final de 2009, conforme a declaração do arquiteto coordenador, quando surge a necessidade da finalização de um pavimento construído todos os projetos complementares são desenvolvidos para depois executá-los, seguindo os mesmos princípios do fluxo descrito anteriormente.

Complementando a macro-fase de pós-projeção, o escritório de arquitetura juntamente com o engenheiro de execução coordena a realização de manutenção preventiva e corretiva dos ambientes em utilização, assim como a adequação dos mesmos aos usuários, como ampliação de rede elétrica ou de lógica, instalação de equipamentos de ar-condicionado não previstos, modificação de mobiliários e layout, dentre outras demandas. O resultado do mapeamento está representado na figura 50 a seguir:

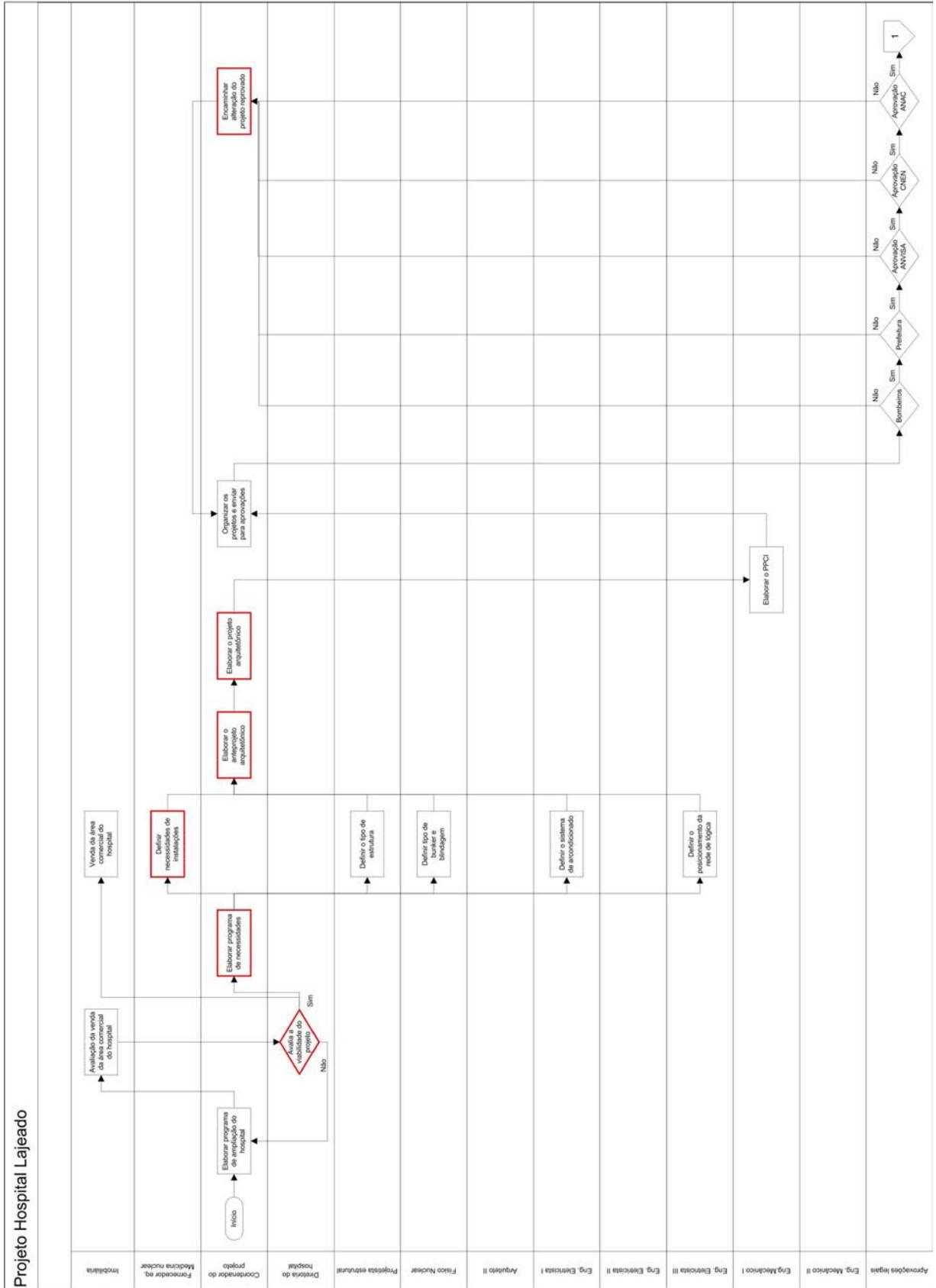


Figura 50 (continua): Mapa do PDP do hospital



#### 4.1.1 Identificação dos pontos de integração dos requisitos de SST ao PDP

Avaliando o fluxo do PDP, verificou-se que as atividades que apresentaram condições de afetar a SST dos usuários temporários ao longo do PDP foram:

<b>Etapa/Atividade</b>	<b>Responsável</b>	<b>Como influencia na SST?</b>
Prospecção do terreno	Coordenador de projeto	Permite optar por terrenos com menor dificuldade de execução dos serviços de escavação e fundação.
Estudo de viabilidade do empreendimento	Comitê imobiliário	Permite retirar investimentos em SST para viabilizar o empreendimento
Estudo preliminar	Coordenador de projetos	Permite considerar o conceito de PPS
Projetos complementares	Demais projetistas	Permite considerar o conceito de PPS
Elaboração do orçamento	Orçamentista	Permite alocar recursos para SST
Validação do orçamento	Gerente da obra	Permite aprovar ou reduzir o investimento em SST
Gerenciamento da obra	Gerente da obra	Permite planejar e controlar o investimento em SST e aplicação do conceito de PPS

**Figura 51: Pontos de integração de requisitos de SST ao PDP**

As atividades consideradas pontos de integração de requisitos de SST estão destacadas em vermelho no mapa do PDP do hospital (figura 50).

#### 4.1.2 Identificação dos perigos inerentes ao PDP

Durante o mapeamento do PDP foi possível verificar que algumas decisões organizacionais tiveram impacto sobre a segurança do trabalho, pois afetaram o desenvolvimento dos projetos e potencializaram alguns perigos, destacando-se a decisão de vender as lojas na fase inicial do PDP e fixar a data de entrega das mesmas sem conhecer os prazos exigidos para a elaboração final do projeto e da execução. As decisões organizacionais que afetaram a segurança do trabalho estão descritas na figura 52.

<b>Identificação das condições latentes (perigos organizacionais)</b>				
Etapa do PDP	Decisão organizacional	Efeito (positivo ou negativo)	Usuário afetado	Contramedida
Pré-projeção	Venda do espaço comercial	Diminuição do prazo de projeto dificultou o planejamento de medidas de segurança.	temporário	Vender espaços somente após conclusão dos projetos e programação da obra
Pré-projeção	Localização do empreendimento em área central	Dificultou o acesso à obra e gera riscos ao público	Temporário/ público externo	Programar descarga de materiais para horários de baixo movimento, instalação de galerias nas calçadas conforme NR 18.
Projeção	Orçamento sem restrições iniciais	Possibilita estudo de viabilidade de incorporação dos requisitos de segurança	Temporário, final e público externo.	Incluir no orçamento os custos para alinhar o projeto ao conceito de PPS.
Pós-projeção	Contratação de engenheiro de segurança do trabalho com formação em engenharia mecânica	Tem o foco da segurança somente na determinação do uso de EPI, pois não tem prática de construção.	Usuário temporário	Contratar um engenheiro de segurança do trabalho com formação em eng. civil para se responsabilizar pela construção.

**Figura 52: Condições latentes**

## 4.2 IDENTIFICAÇÃO DOS PERIGOS INERENTES AOS PROJETOS

Esta etapa do estudo exploratório buscou identificar os perigos de acidentes do trabalho, originados nos projetos, a que os operários da obra ou os funcionários da limpeza e manutenção do hospital estariam expostos.

Como a obra do hospital está parcialmente em uso, essa atividade foi desenvolvida com base em visitas ao local da obra, avaliação dos projetos e entrevistas com os responsáveis pela saúde e segurança dos trabalhadores do hospital, que incluem os executores da obra de ampliação. Através da médica do trabalho e da enfermeira do trabalho foram apontadas algumas causas de afastamentos do trabalho, envolvendo lombalgias, cortes em membros e fraturas que foram registrados pelo SESMT. Já as entrevistas com o engenheiro de segurança e com o técnico de segurança permitiu identificar decisões de projeto que resultaram em

dificuldades de manutenção do prédio do hospital, como acesso às floreiras, reservatórios, e limpeza de vidros e fachadas.

Alem das entrevistas, o pesquisador analisou os projetos e fez observações *in loco* para identificar perigos que poderiam ser eliminados ou minimizados já na fase de projeto do edifício, classificando-os em dois grupos, perigos originados no projeto e perigos originados no processo construtivo adotado (figura 53).

Associados aos projetos	Associados ao processo construtivo
a) acesso aos andaimes, b) trabalho em altura, c) acesso às floreiras para manutenção, d) limpeza dos vidros da fachada, e) falta de guarda-corpos nos vãos de escadas e aberturas, f) improviso nas redes de energia auxiliar, g) queda de materiais sobre pedestres ou automóveis, h) execução de detalhes periféricos, i) acesso à casa de máquinas e aos reservatórios de água, j) limpeza dos vidros da escada central.	a) levantamento de peso, b) falta de organização do ambiente do trabalho, c) resistência ao uso de EPIs, d) manuseio de material cortante (chapas para confecção dos dutos de ar-condicionado), e) transporte de materiais, f) ruído de ferramentas.

**Figura 53: Identificação de perigos**

A partir desses dados, aplicou-se a da Análise do Modo de Falhas e seus Efeitos – FMEA-PPS para avaliar os perigos e sugerir ações para eliminá-los ou minimiza-los.

A ferramenta FMEA-PPS foi aplicada somente pelo pesquisador, pois como já explicado, não estava previsto para o estudo exploratório a interferência do pesquisador sobre o objeto pesquisado. A aplicação da FMEA-PPS teve o objetivo de testar a ferramenta para a aplicação no estudo empírico a se realizar.

Dentre os perigos identificados, optou-se por aplicar a FMEA-PPS para avaliar o serviço de revestimento da fachada principal do edifício. Atualmente se encontra com o revestimento de argamassa concluído, mas está previsto em projeto a aplicação de revestimento cerâmico sobre a camada de argamassa, conforme os formulários da figura 54. Cabe destacar que após a aplicação da FMEA-PPS no caso do hospital, esse formulário foi reformulado para facilitar a aplicação, justificando a diferença entre o aplicado no caso do hospital e o aplicado nos casos dos empreendimentos A e B.

Produto/processo: Hospital/Revestimento cerâmico					FMEA-PPS nº: 01				
Equipe de FMEA:					Data: 25/05/2009				
Líder da equipe:					Data de revisão:				
					Página 01 de 02				
<b>Fase de avaliação de perigos e riscos</b>									
Operação	Detalhamento da operação	Potencial modo de falha	Potencial efeito da falha	Severidade	Causas potenciais	Probabilidade	Controle existente	Deteção	NPR
Revestimento cerâmico da fachada	Montagem do andaime	Queda de peças nos pedestres	Lesões graves/óbito	10	Peças pesadas e difícil manuseio	4	Bandejão	4	160
	Entrada/saída no andaime	Queda do operário	Lesões graves/óbito	10	Inexistência de acesso direto	6	Cinto de segurança	4	240
					Movimentação lateral do andaime	6	Cinto de segurança	4	240
	Assentamento cerâmico	Queda de materiais nos pedestres	Lesões graves/óbito	10	Organização do trabalho	10	Bandejão	4	400
					Instabilidade do andaime	6	_____	10	600
		Queda do operário	Lesões graves/óbito	10	Instabilidade do andaime	8	Uso de cinto de segurança	4	320
					Espaço livre entre andaime e paredes	8	Uso de cinto de segurança	4	320
					Falta de fixação do cinto de segurança	8	_____	10	800
	Corte de cerâmica	Queda de materiais ou equipamentos nos pedestres	Lesões graves/óbito	8	Organização do trabalho	10	Bandejão	4	320
					Instabilidade do andaime	6	_____	10	480
	Movimentação de materiais	Queda de materiais nos pedestres	Lesões graves/óbito	10	Organização do trabalho	8	Bandejão	4	320
					Instabilidade do andaime	6	_____	10	600
		Queda do operário	Lesões graves/óbito	10	Inexistência de acesso direto	6	Uso de cinto de segurança	4	240
					Espaço livre entre andaime e paredes	6	Uso de cinto de segurança	4	240
					Instabilidade do andaime	6	_____	10	600
	Colapso do andaime		Lesões graves/óbito	10	Rompimento da longarina de sustentação do andaime;	8	_____	10	800
					Esmagamento da alvenaria da platibanda;	8	_____	10	800
					Movimentação lateral do andaime.	6	_____	10	600
<b>NPR Total</b>									<b>8080</b>

Figura 54: Formulário da FMEA de 1ª fase

Nessa fase da FMEA-PPS foram identificados os perigos e avaliados os riscos para a execução do serviço de revestimento externo da fachada principal, constituído da colocação de material cerâmico assentado com argamassa colante e posteriormente rejuntado, indicando que a instalação dos andaimes deverá ocorrer pelo menos duas vezes.

Para minimizar a necessidade de manutenção, recomenda-se o uso de rejunte epóxi, que apresenta durabilidade superior aos demais, no entanto o custo é elevado e deve ser especificado no memorial descritivo. Destaca-se o fato para alertar que algumas decisões na escolha dos materiais também influenciarão na manutenção do edifício, que para o caso de fachada gera risco aos usuários temporários.

Na execução da primeira fase da FMEA o NPR total resultou em 8080 pontos, destacando-se a influência para esse resultado das causas potenciais que não apresentam nenhum tipo de dispositivo de controle, como por exemplo: a) instabilidade do andaime, b) rompimento da longarina de sustentação do andaime e c) esmagamento da alvenaria da platibanda.

Depois de avaliar todos os modos de falha e seus efeitos, foi aplicada a segunda fase da FMEA-PPS, para identificar os requisitos de segurança e determinar as ações para atendê-los, seguindo o formulário da figura 55.

A aplicação da segunda fase da FMEA-PPS resultou na redução do RPN de 8080 para 736 pontos, onde se percebeu que a adoção de ações que atendam aos requisitos de segurança reduziram sensivelmente os valores anteriores, principalmente nos itens que não possuíam forma de controle.

Verifica-se também que alguns princípios foram aplicados para prevenir várias falhas, como o princípio número 1 que prevê projeto para facilitar a instalação de dispositivos de segurança para construção e manutenção, como ganchos e grades de proteção, e o princípio número 5, que prevê medidas para evitar quedas acidentais de materiais ou equipamentos durante a fase de construção, como instalação de telas e bandejas.

Os projetos que mais serão afetados pela integração dos requisitos serão o arquitetônico e o estrutural, outras medidas irão requerer a modificação de equipamentos, como o caso dos andaimes, que deverão ser projetados de acordo com o perfil da fachada, utilizando peças de fácil manuseio e montagem. As figuras 56 e 57 ilustram e explicam o ambiente, detalhes construtivos e as condições de trabalho para a execução do revestimento cerâmico que serviu como base para a aplicação da FMEA.

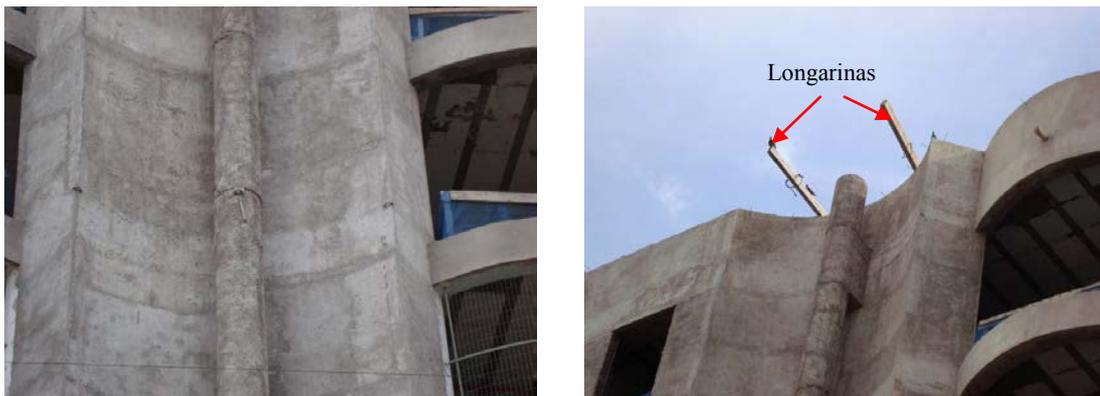
Produto/ Processo: Hospital / Revestimento cerâmico da fachada					FMEA nº: 01					
Equipe de FMEA:					Data: 25/5/2009					
					Data de revisão:					
Líder da equipe:					Página 02 de 02					
<b>FMEA de Processo</b>										
<b>Fase de integração dos requisitos de segurança do trabalho</b>										
Princípio PPS aplicável	Requisito (s)	Justificativa	Projeto (s)	Interação com fornecedor Sim ou Não?	Responsável e data de execução	Ação tomada	Severidade	Probabilidade	Deteção	RPN
12	Projetar peças leves e de fácil encaixe para montagem	Diminuir o esforço para montagem do andaime	Projeto do andaime	S	Eng. de execução	Novo projeto do andaime que facilita a montagem	10	2	4	80
03	Projetar áreas de acesso aos andaimes	Evitar movimentos arriscados para entrar no andaime	Projeto arquitetônico	N	Arquiteto	Modificação no projeto arquitetônico	10	2	2	40
01	Prever linha de ganchos para ancoragem do andaime	Evitar movimentação lateral do andaime e diminuir a instabilidade	Projeto arquitetônico e estrutural	N	Arquiteto e calculista	Inserção de ganchos no projeto arquitetônico e estrutural	10	2	2	40
05	Colocação de tela nas laterais do andaime	Evitar queda de materiais ou equipamentos	Projeto do andaime	S	Eng. de execução	Melhorias no projeto do andaime	10	2	2	40
01	Prever linha de ganchos para ancoragem do andaime	Evitar movimentação lateral do andaime e diminuir a instabilidade	Projeto arquitetônico e estrutural	N	Arquiteto e calculista	Inserção de ganchos no projeto arquitetônico e estrutural	10	2	2	40
01	Prever linha de ganchos para ancoragem do andaime	Evitar movimentação lateral do andaime e diminuir a instabilidade	Projeto arquitetônico e estrutural	N	Arquiteto e calculista	Inserção de ganchos no projeto arquitetônico e estrutural	10	2	2	40
03	Andaime projetado conforme perfil da alvenaria;	Eliminação de espaços abertos entre andaime e alvenaria;	Projeto do andaime	S	Eng. de execução	Novo projeto de andaime	10	1	2	20
01	Prever linha de ganchos para ancoragem do andaime	Evitar movimentação lateral do andaime e diminuir a instabilidade	Projeto arquitetônico e estrutural	N	Arquiteto e calculista	Inserção de ganchos no projeto arquitetônico e estrutural	10	2	2	40
05	Colocação de tela nas laterais do andaime	Evitar queda de materiais ou equipamentos	Projeto do andaime	S	Eng. de execução	Melhorias no projeto do andaime	8	4	2	64

**Figura 55 (continua): Formulário da FMEA da 2ª fase**

Produto/ Processo: Hospital / Revestimento cerâmico da fachada						FMEA nº: 01				
Equipe de FMEA:						Data: 25/5/2009				
						Data de revisão:				
Líder da equipe:						Página 02 de 02				
FMEA de Processo										
Fase de integração dos requisitos de segurança do trabalho										
Princípio PPS aplicável	Requisito (s)	Justificativa	Projeto (s)	Interação com fornecedor Sim ou Não?	Responsável e data de execução	Ação tomada	Severidade	Probabilidade	Deteção	RPN
05	Colocação de tela nas laterais do andaime	Evitar queda de materiais ou equipamentos	Projeto do andaime	S	Eng. de execução	Melhorias no projeto do andaime	10	4	2	80
01	Prever linha de ganchos para ancoragem do andaime	Evitar movimentação lateral do andaime e diminuir a instabilidade	Projeto arquitetônico e estrutural	N	Arquiteto e calculista	Inserção de ganchos no projeto arquitetônico e estrutural	10	2	2	40
03	Projetar áreas de acesso aos andaimes	Evitar movimentos arriscados para entrar no andaime	Projeto arquitetônico	N	Arquiteto	Modificação no projeto arquitetônico	10	2	2	40
03	Andaime projetado conforme perfil da alvenaria;	Eliminação de espaços abertos entre andaime e alvenaria;	Projeto do andaime	S	Eng. de execução	Novo projeto do andaime	10	1	2	20
01	Prever linha de ganchos para ancoragem do andaime	Evitar movimentação lateral do andaime e diminuir a instabilidade	Projeto arquitetônico e estrutural	N	Arquiteto e calculista	Inserção de ganchos no projeto arquitetônico e estrutural	10	2	2	40
13	Estrutura metálica para suporte do andaime	Utilizar estrutura calculada e evitar uso de material que sofra deterioração com o tempo	Projeto do andaime	S	Eng. de execução	Melhorias no projeto do andaime	10	1	2	20
04	Viga de cintamento e pilaretes projetados para apoiar o andaime;	Evitar o esmagamento da alvenaria da platibanda ou da viga de cintamento	Projeto estrutural	N	Arquiteto e calculista	Modificação do projeto arquitetônico e estrutural	10	1	2	20
01	Prever linhas de ganchos para ancoragem do andaime	Evitar movimentação lateral do andaime e diminuir a instabilidade	Projeto arquitetônico e estrutural	N	Arquiteto e calculista	Inserção de ganchos no projeto arquitetônico e estrutural	10	2	2	40
<b>NPR resultante</b>										<b>736</b>

**Figura 55 (conclusão): Formulário da FMEA da 2ª fase**

Observa-se na figura 56 que com a forma curva da parede, criou-se dificuldade de instalação do andaime suspenso, pois esses equipamentos possuem formato retangular. Mostrando com maior detalhe a fachada por onde desce o andaime suspenso, e se pode vislumbrar que na próxima faixa de revestimento, somente se inverte a curvatura da parede, o que indica que o andaime terá somente um ponto tangenciando a curva, criando dois vãos abertos e desprotegidos.



**Figura 56: Detalhe arquitetônico da fachada frontal e área de descida do andaime**

A figura 57 mostra dois aspectos que geram perigos e poderiam ser evitados na fase de projeto: o primeiro ponto é a ausência de ganchos calculados e dispostos adequadamente, na laje ou na platibanda, para a ancoragem das logarinas que sustentam os andaimes, evitando que as mesmas fossem fixadas nas armaduras dos pilares. Verifica-se no detalhe que uma das barras foi simplesmente dobrada sobre a longarina, o que não garante totalmente sua fixação.

O segundo aspecto é a platibanda, que recebe diretamente o carregamento da viga de cintamento, já que não foram executados pilaretes para receber essa carga, agravando a situação, a viga de cintamento não foi calculada para receber as cargas do andaime. Tal deficiência de projeto pode causar o esmagamento da viga de cintamento ou da alvenaria da platibanda, provocando a queda do andaime.

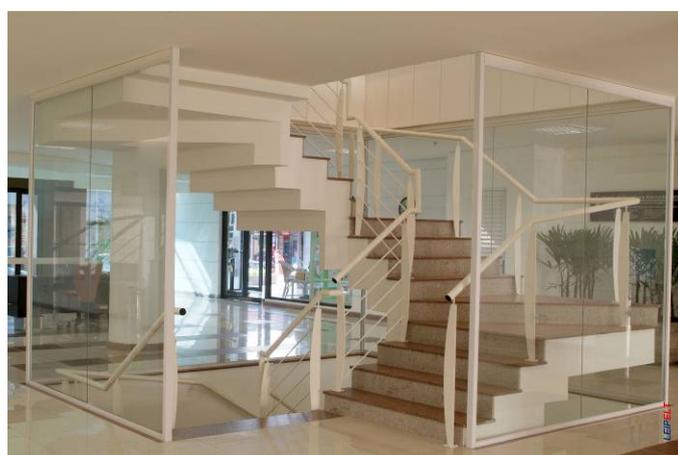
Um outro perigo apontado pela equipe do SESMT e verificado *in loco* pelo pesquisador que também poderia ser avaliado com a aplicação da FMEA-PPS é a dificuldade de acesso às floreiras e vidros da fachada (figura 58). No caso das floreiras, o SESMT solicitou a retirada das plantas, pois julgaram arriscada a manutenção periódica das mesmas. Da mesma forma, há dificuldades de acesso para limpeza dos vidros da escada principal, especialmente pela face interna (figura 59). Como os degraus da escada formam um plano inclinado, para que a limpeza seja realizada é necessária a improvisação de calços para sustentar as escadas de mão.



**Figura 57: Detalhe das armaduras e apoio das longarinas**



**Figura 58: Floreiras do hall de entrada**



**Figura 59: Escada principal**

### 4.3 INTEGRAÇÃO DOS REQUISITOS DE SST AO PDP

Depois de concluídos o mapeamento e a identificação dos perigos e avaliação de riscos pela aplicação da FMEA-PPS, identificou-se quais medidas de SST seriam possíveis e adequadas realizar para que o projeto siga os princípios do conceito de projeto para segurança (PPS):

- a) identificar os pontos de descida dos andaimes e prever a instalação de ganchos para fixação de cabos guia que servirão tanto na execução quanto na limpeza e manutenção das fachadas;
- b) para a fachada frontal, os andaimes deverão ser projetados para se adequarem à forma da fachada, e esses deverão fazer parte dos equipamentos permanentes de manutenção do edifício;
- c) identificar o fluxo de materiais para o posicionamento dos elevadores de carga e guinchos;
- d) especificar platibandas calculadas para suportar a carga dos andaimes;
- e) modificação da altura de platibandas e guarda-corpos para 1,20 m, com a função segurança no trabalho em telhados, terraços e áreas livres;
- f) prever aberturas para acesso aos telhados, reservatórios de água, casa de máquinas, para garantir a segurança durante a execução e manutenção predial;
- g) o projeto estrutural deverá prever as cargas pontuais nas vigas, pilares e platibandas, deverá prever furos em vigas e pilares para colocação de cabos ou outras estruturas de proteção;
- h) as vigas de cinto e pilares deverão ser dimensionadas para suportar os andaimes, assim como ganchos para ancoragens deverão ser calculados e dispostos na periferia das lajes.

Para garantir que as medidas de SST sejam implantadas e mantidas, o PPS deve ser acompanhado durante sua execução, para garantir o cumprimento das especificações e assim alcançar os objetivos esperados.

Além, disso, o monitoramento do uso visa garantir a correta utilização dos requisitos, e pode ser desenvolvida pelo responsável pela segurança do trabalho da empresa, pelo mestre de obras ou pelo próprio projetista dos requisitos, dependendo da estrutura da empresa. A

manutenção visa garantir a integridade dos requisitos durante a fase da obra e no decorrer da vida útil da edificação, evitando que depois de concluída alguma etapa da execução, algum dispositivo seja erroneamente retirado, ou agredido pelas condições ambientais, dependendo do material empregado, algum dispositivo poderá necessitar de manutenção ou substituição.

#### 4.4 CONSIDERAÇÕES SOBRE O ESTUDO EXPLORATÓRIO

Após a conclusão do estudo exploratório foi verificado que as ferramentas aplicadas para mapear e modelar o P DP, identificar os perigos organizacionais, identificar os perigos relacionados com os projetos cumpriram com seus objetivos. No entanto o protocolo carece de instrumentos de avaliação em função de quanto o projeto final está voltado aos conceitos de PPS.

Também se verificou a necessidade de uma avaliação do projeto sobre a perspectiva do usuário temporário e do registro das informações em um banco de dados, para facilitar a padronização de medidas e o aprendizado contínuo dos projetistas.

Foi observado que no caso da existência de várias atividades a serem executadas, a aplicação da FMEA-PPS ficaria prejudicada em função do tempo necessário para avaliação de riscos e perigos de todas essas atividades, então foi desenvolvido um modo de determinar a criticidade das atividades, permitindo classificá-las em críticas e não críticas em função dos perigos e riscos estimados previamente.

Essas lacunas verificadas no estudo exploratório foram consideradas e sanadas no modelo final do PISP, detalhado no capítulo 5 e validado pela aplicação em dois empreendimentos no estudo de caso, descrito no capítulo 6 dessa tese.

### **5 PROTOCOLO DE INTEGRAÇÃO DE REQUISITOS DE SST AO PDP DA CONSTRUÇÃO CIVIL (PISP)**

---

#### 5.1 VISÃO GERAL DO PISP

PISP é um protocolo que descreve um conjunto de atividades destinadas à integração de requisitos de SST ao processo de desenvolvimento do produto da construção civil, que foi concebido, inicialmente, para o setor de edificações.

A estrutura do PISP foi desenvolvida de modo a abranger as atividades do ciclo de gerenciamento de riscos proposto por Baker et al. (1999): identificação, avaliação, resposta e monitoramento do risco. Além disso, o PISP também inclui as etapas do gerenciamento de requisitos: elicitação, análise, especificação, validação e gerenciamento (NUSEIBEH; EASTERBROOK, 2000; CARVALHO; TAVARES; CASTRO, 2001; WAZLAWICK, 2004; SOMMERVILLE, 2007).

Assim, sua estrutura é composta por quatro grandes etapas (figuras 55 e 56): (a) identificação de perigos organizacionais relacionados ao PDP; (b) identificação de outros perigos e avaliação de riscos; (c) identificação de requisitos de SST e; (d) avaliação e registro do aprendizado. No PISP não está contemplada a implantação dos requisitos de SST, pois se entende que esta etapa é de responsabilidade do PCP ou setor equivalente.

O PISP foi desenvolvido para trazer como contribuições inovadoras ao processo de desenvolvimento de projetos voltados para a segurança dos usuários temporários os seguintes aspectos:

- Considerar a aplicação dos princípios de PPS ao longo do PDP;
- Avaliar a criticidade das etapas da obra para agilizar o processo do PPS;
- Promover a integração de todos os envolvidos no PDP na elaboração do PPS;
- Avaliar o quanto o projeto do edifício está alinhado aos princípios do PPS;
- Tratar as medidas de SST como requisitos de projeto.

Na figura 60, a estrutura vertical representa as quatro etapas do PISP e as linhas horizontais suas atividades, com as respectivas interdependências. A marcação tracejada identifica as atividades que atendem ao gerenciamento de requisitos (azul), gerenciamento de riscos (verde) ou a ambos (violeta). Nota-se que existe apenas a indicação de início do protocolo, representando que o PISP é contínuo, pois novos riscos e novos requisitos podem ser identificados ao longo do ciclo de vida do edifício, tanto em reformas, ampliações ou demolição.

Em relação ao perfil do projetista de PPS, recomenda-se que o mesmo deve possuir formação na área de engenharia civil ou arquitetura e conhecimento teórico e prático de segurança e saúde do trabalho. O mesmo também deve ser capaz de projetar soluções viáveis econômica e tecnicamente, sem prejudicar o andamento planejado da obra e possuir habilidade para trabalho em equipe multidisciplinar, pois como o PPS é integrado aos demais projetos, o projetista precisa compatibilizar as soluções de SST com as várias disciplinas de projeto.

A figura 61 sumariza, para as quatro etapas, suas entradas, as atividades e suas saídas, associando as cores de cada etapa no quadro com as respectivas cores no fluxograma do PISP.

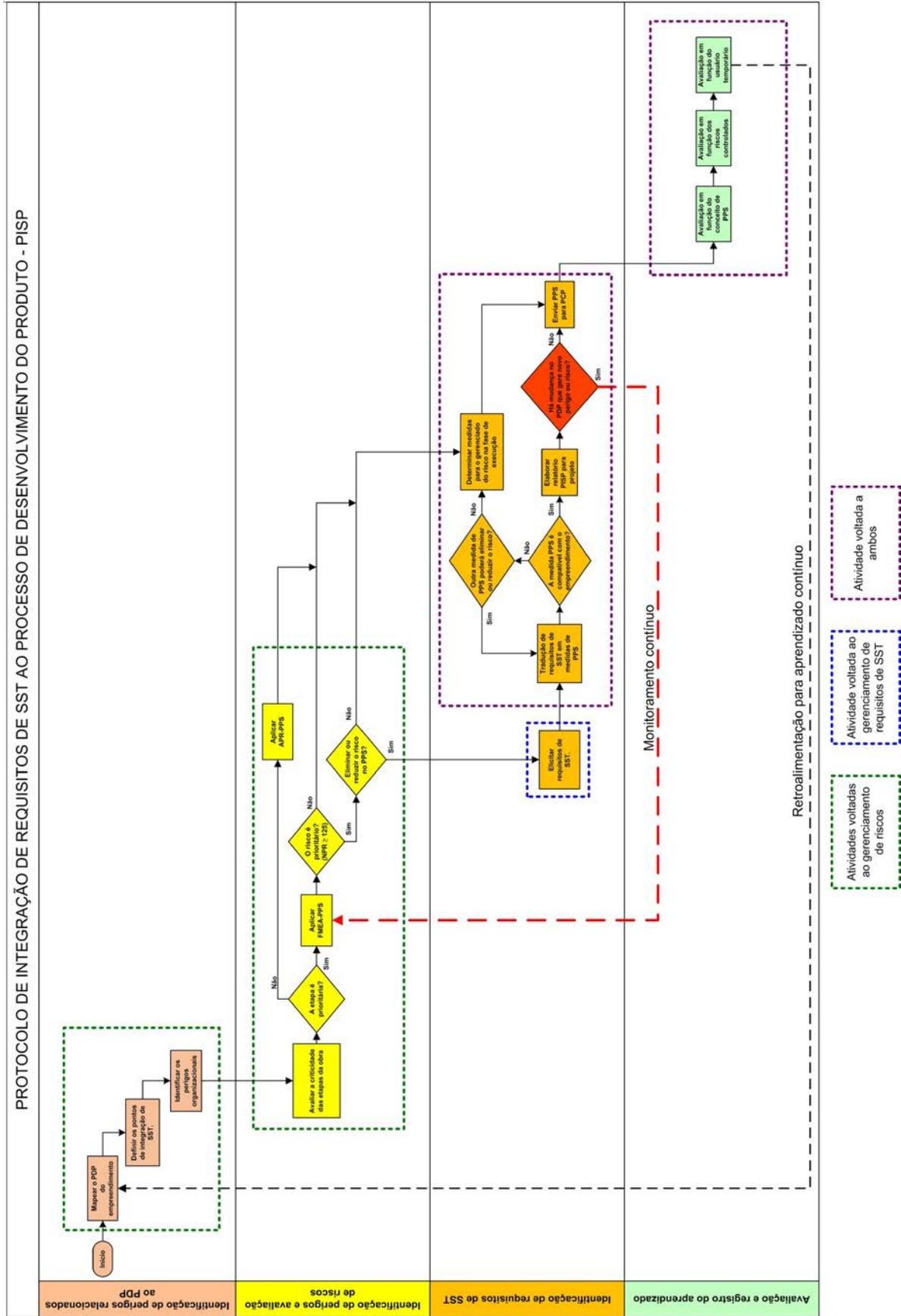


Figura 60: Representação PISP

<b>Etapa</b>	<b>Entrada</b>	<b>Atividades do protocolo</b>	<b>Saída</b>
(1) Identificação de perigos relacionados ao PDP	Objetivos do empreendimento; projetos; intervenientes; aprovações técnicas, econômicas e legais; política de segurança da empresa.	Mapear o PDP do empreendimento.	Mapa do PDP do empreendimento; pontos de integração dos requisitos de SST ao projeto e condições latentes organizacionais.
		Definir os pontos de integração (destacados em vermelho no mapa).	
		Identificar condições latentes organizacionais do empreendimento.	
(2) Identificação de perigos e avaliação de riscos	Projetos existentes; memorial descritivo; e saídas da etapa 1.	Analisar as etapas da obra para identificar perigos pela Análise do modo de falhas e seus efeitos – FMEA – PPS e Determinar NPR.	Riscos prioritários (NPR $\geq$ 125) e não prioritários (NPR < 125); modos e efeitos de falhas.
		Verificar possibilidade de controlar riscos com medidas de PPS.	
		Aplicar APR-PPS às etapas e riscos não prioritários.	
(3) Identificação de requisitos de SST	Saídas da etapa 2.	Elicitar requisitos.	Requisitos de SST que deverão ser atendidos no PDP. Relatório de medidas de controle a serem integradas ao projeto da edificação.
		Tradução de requisitos de SST em especificações de projeto e definição de medidas de PPS.	
		Elaboração do relatório PISP para projeto.	
		Monitorar alterações no PDP.	
		Encaminhar o PPS para o PCP e PCS.	
(4) Avaliação do PPS e registro do aprendizado	Registro das condições de execução e aplicação das medidas de SST integradas ao projeto.	Avaliar o quanto o projeto está voltado ao conceito de PPS.	Avaliação do projeto PISP; aprendizado para novos projetos voltados a PPS.
		Avaliação do número de riscos controlados pelo PPS.	
		Avaliação da percepção dos usuários temporários quanto ao PPS.	

**Figura 61: Descrição das etapas e atividades do PISP**

## 5.2 DETALHAMENTO DAS ETAPAS E ATIVIDADES DO PISP

### 5.2.1 Etapa 01 - identificação de perigos relacionados ao PDP

O PISP propõe que a identificação de perigos ocorra desde o início do ciclo de vida do empreendimento, ao invés da identificação após os projetos terem sido concluídos. Assim, com a execução da etapa 01, é possível: (a) identificar o estágio em que se encontra o desenvolvimento do empreendimento; (b) identificar as condições latentes organizacionais que oferecem risco à SST; (c) identificar os momentos do PDP em que deve ser realizada a integração dos requisitos de SST ao produto.

Esta etapa tem os seguintes dados de entrada: objetivos do empreendimento; projetos existentes; intervenientes; aprovações técnicas, econômicas e legais; política de segurança e saúde da empresa. A etapa se divide em três atividades representadas pela figura 62.

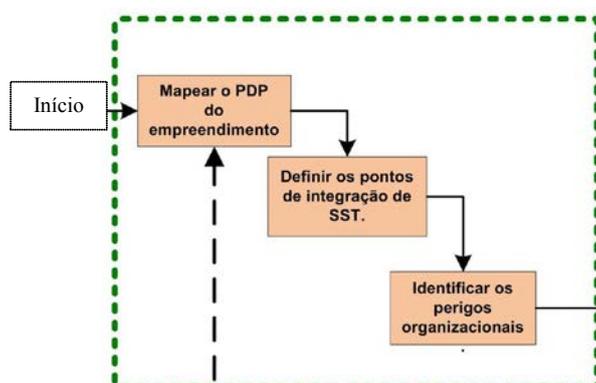


Figura 62: Sequência das atividades da etapa 1

A primeira atividade da Etapa 01 é mapear o PDP. Propõe-se que o mapeamento seja realizado por meio de fluxogramas, conforme descrito no item 2.2 (MODELAGEM DO PDP), que representem a sequência das atividades sobre uma estrutura de linhas horizontais conhecida como *swim lanes*, as quais são também utilizadas para modelagem de processos de negócios empresariais. Essa representação gráfica permite a identificação de retrabalhos, gargalos, ineficiências, análises de oportunidades, dentre outros aspectos relacionados aos processos produtivos e administrativos de uma organização (WHITE; MIERS, 2008; VALLE; OLIVEIRA, 2009).

O mapeamento proporciona uma visão geral do PDP e permite conhecer o estágio em que o mesmo se encontra. Seguindo as recomendações de Romano (2003), Codinhoto (2003) e Moura (2005), os seguintes dados devem ser coletados para mapear o PDP: quais atividades

foram desenvolvidas e quais serão desenvolvidas, quais as relações de precedência entre elas, quais são as disciplinas de projetos, aprovações, quais os profissionais envolvidos, quais são os intervenientes no empreendimento, restrições técnicas e orçamentárias.

Como fontes para o levantamento desses dados, são recomendadas: análise de todos os projetos existentes; análise das atas de reuniões entre projetistas; participação nas reuniões com equipes de projeto, fornecedores e clientes; entrevistas com o responsável pelo gerenciamento do projeto, com os projetistas envolvidos, com os responsáveis pela administração do empreendimento, e com qualquer outro interveniente quando for necessário confirmar ou esclarecer alguma informação.

As entrevistas sugeridas são semi-estruturadas e podem ser aplicadas com três tipos de roteiros, destinados à direção, setores administrativos e ao responsável técnico pela execução da obra, compostos por 17, 9 e 10 questões respectivamente (apêndice C). Tais entrevistas visam identificar os seguintes aspectos:

- a) Definição de participantes e suas responsabilidades;
- b) Inter-relação entre etapas/atividades;
- c) Objetivos do empreendimento;
- d) Oportunidades de integração do conceito de PPS ao PDP.

Depois de mapear o PDP, o projetista deve apresentá-lo aos entrevistados para verificar se nenhuma informação foi esquecida ou distorcida, procedendo desta forma a validação do mapa do PDP. No caso de já haver um modelo de PDP adotado pela empresa ou escritório de projetos, o projetista de PPS deve verificar em qual fase de desenvolvimento se encontra, identificar os participantes e seguir para a segunda atividade.

Após ter identificado quais as etapas e atividades que o PDP seguirá, o PISP é inserido paralelamente ao fluxo do PDP do empreendimento, independente do modelo adotado pela empresa ou escritório de projeto.

A segunda atividade é definir os pontos de decisão com impacto na SST ao longo do PDP. Essas decisões podem influenciar positiva ou negativamente a SST do usuário temporário da edificação e as atividades onde podem ser tomadas são marcadas em vermelho (indicam perigo e atenção) no mapa do PDP.

Para auxiliar na identificação desses pontos, é sugerida a aplicação dos questionamentos a seguir. Quando pelo menos uma das respostas for positiva, essa etapa é um provável ponto de

interesse para a SST: (a) as decisões tomadas nessa etapa podem modificar as características físicas do empreendimento, eliminando ou criando novos perigos? (b) as decisões tomadas podem afetar os prazos de projeto ou execução da obra, implicando em pressões prejudiciais à SST? (c) as decisões tomadas nessa etapa implicam em negociações de preços da construtora com fornecedores e clientes, com potencial para reduzir os recursos destinados à SST? (d) as decisões tomadas nessa etapa/atividade permitem melhorar as condições de SST?

Essas perguntas assumem que, quando existe a interação entre as partes interessadas no empreendimento, geralmente ocorrem negociações acerca de prazos, custos e características físicas do projeto. Por sua vez, os resultados dessas negociações podem ter impacto nas condições gerenciais e ambientais de execução da obra, que por consequência afetam a SST dos usuários temporários.

A terceira atividade da Etapa 01 consiste na identificação das condições latentes organizacionais do empreendimento. Conforme Reason (1997) condições latentes são condições ocultas que estão presentes em todas as organizações e podem permanecer ocultas até se combinarem com outras circunstâncias, rompendo as defesas da organização e gerando um acidente. Embora o autor se refira às condições latentes como potencializadoras de acidentes, neste trabalho se amplia esse conceito para tratar também daquelas que podem melhorar as condições de SST.

O formulário apresentado na figura 63 permite o registro e classificação das condições latentes organizacionais. Nesse formulário, o projetista registra as condições latentes, em quais etapas do PDP elas foram identificadas, e identifica, para cada etapa, quais decisões organizacionais podem gerar consequências positivas ou negativas a SST dos usuários temporários do edifício.

<b>Identificação de condições latentes (perigos organizacionais)</b>				
Etapa do PDP	Decisão organizacional	Efeito (positivo ou negativo)	Usuário afetado	Ações

**Figura 63: Formulário para identificação de condições latentes organizacionais**

Visando auxiliar na identificação das condições latentes organizacionais, são sugeridos alguns aspectos para serem verificados:

- a) Identificar, através de entrevistas, qual o posicionamento da alta direção da empresa sobre a SST, se a mesma considera investimento em SST um diferencial competitivo ou apenas uma obrigação legal;
- b) É importante verificar como são destinados os recursos financeiros para investimentos em SST, como em EPI, EPC e treinamentos, bem como a intensidade das restrições de orçamento para a SST. Para isso, é sugerido avaliar orçamentos de obras em andamento ou já concluídas, bem como realizar entrevistas com o responsável pelo orçamento do empreendimento;
- c) Deve-se apurar junto aos responsáveis pela elaboração de orçamentos e compras, se quando há necessidade de ajuste de custos de produção, a SST é considerada prioridade ou se é prática da empresa cortar investimentos nessa área para ajuste de orçamento;
- d) A forma de contratação dos projetistas também pode gerar condições latentes, quando a contratação é definida apenas pelo menor preço e quando o projetista não tem participação na execução do projeto. Nesses casos, é previsível encontrar projetos pobres em especificações e dificuldades em conduzir alterações de PPS, uma vez que os projetistas assim contratados normalmente não se comprometem com a construtora.
- e) Verificar se no quadro de funcionários da empresa existe profissionais especializados em SST, como engenheiros e técnicos. Muitas vezes, estes profissionais estão voltados apenas à execução da obra, embora pudessem participar também das etapas de projeto, contribuindo na elaboração do PPS. Está é uma condição latente que se torna favorável ao PPS;
- f) Identificar se o preço final do produto e o prazo de entrega são definidos em contrato antes da elaboração de todos os projetos e cronogramas. Quando isso ocorre, torna-se mais difícil realizar alterações no PDP em favor do PPS, além de haver o risco de que as metas de prazo e custo tenham sido definidas sem conhecer as implicações disso sobre a SST.

Ao concluir esta etapa, o projetista tem como resultados o mapa do PDP do empreendimento, que mostra em que fase o mesmo se encontra, os possíveis pontos de decisões que impactam na SST dos usuários temporários e a identificação das condições latentes organizacionais.

## 5.2.2 Etapa 02 - identificação de perigos e avaliação de riscos

Essa etapa desenvolve duas atividades do ciclo de gerenciamento de risco, quais sejam a identificação de perigos e a avaliação de riscos. Em particular, essa etapa tem como objetivos: (a) identificar os perigos que os usuários estarão diretamente expostos ao desenvolverem suas atividades na execução e/ou manutenção do edifício; (b) avaliar o risco de cada modo de falha e; (c) determinar quais riscos serão eliminados ou minimizados através de medidas de PPS.

Essa etapa utiliza como informações de entrada as saídas da etapa 1 e os projetos disponíveis. Para a execução dessa etapa, são necessárias 3 atividades detalhas a seguir (figura 64).

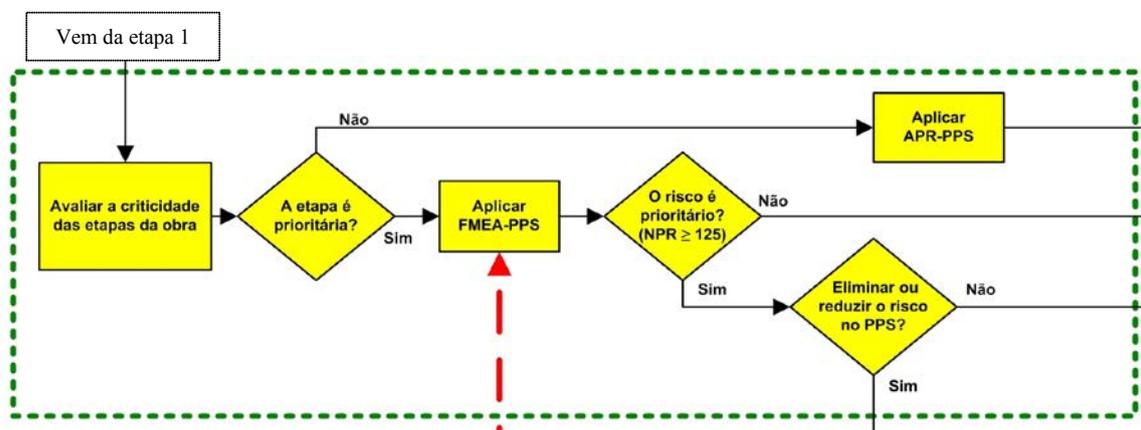


Figura 64: Atividades da etapa 2

A primeira atividade da etapa 2 é avaliar dentro de cada etapa da obra, através dos projetos em andamento e os já elaborados, como os aspectos geométricos e construtivos da obra podem ser fontes de perigos. A identificação das tecnologias construtivas é importante para identificar perigos intrínsecos às mesmas, tais como riscos físicos, químicos, ergonômicos, biológicos e ou de acidentes traumáticos. Essa atividade pressupõe o questionamento dos métodos executivos de cada etapa da obra, ainda que esses estejam definidos de modo vago.

Com base nas etapas que serão realizadas na execução, manutenção, reforma e/ou demolição do edifício, dentro do foco da aplicação do PISP, será avaliada a criticidade de cada etapa sob uma visão de sistemas sociotécnicos (ver item 2.6 Gerenciamento de riscos de acidentes), envolvendo nessa atividade a equipe de FMEA-PPS, que deverá envolver os responsáveis ou representantes de cada disciplina de projeto, representantes da equipe de produção, responsáveis pela segurança do trabalho (CIPA, SESMT) e liderados pelo especialista em PPS (ver recomendações no item 2.6.4 Técnicas para análise de perigo e avaliação de risco).

A avaliação da criticidade é baseada nos seguintes fatores: características do ambiente de trabalho, profissionalismo da mão de obra, tecnologia empregada, sistema produtivo e na demanda das atividades sobre a SST dos usuários temporários.

O índice de criticidade de cada etapa deve ser calculado tomando-se como referência a classificação dos fatores de criticidade apresentados na figura 65 e preenchendo os campos do formulário apresentado na figura 66:

Critério	Fator de Criticidade	Alta (3)	Média (2)	Baixa (1)
(1) Subsistema pessoal	Determinado em função do profissionalismo da mão de obra (MDO) (avaliado em função do total de funcionários contratados para a execução da obra)	Emprega mais de 50 % dos trabalhadores são sub-empregados e não apresentam comprovação de treinamento.	Combinação entre as duas situações como: emprega de 10 a 50% de sub-empregados, mas 100% da MDO apresenta treinamento comprovado.	Emprega até 10% de sub-empregados, 90 % MDO própria, sendo 100% da MDO com treinamento comprovado.
(2) Ambiente de trabalho	Ambiente e materiais (avalia os perigos e riscos oriundos das características do ambiente onde será executada a atividade e dos materiais empregados)	Trabalho externo exposto às intempéries, em periferia, em altura em plano inclinado. Exposição a agentes insalubres, como: ruído, vibração, calor, chuva, vento, agentes químicos, materiais cortantes e perfurantes, possibilidade de choque elétrico.	Combinação entre as duas situações de alta e baixa criticidade como: trabalho em periferia, mas em base plana.	Trabalho interno, protegido, em base plana, sem risco de queda com diferença de nível, sem exposição a agentes insalubres.
(3) Subsistema tecnológico	Nível de industrialização da obra (avalia a caracterização da obra em função da tecnologia construtiva empregada).	Não adota sistemas industrializados, segue especificação de estrutura convencional, com uso de concreto e argamassa produzida em obra, alvenarias convencionais, etc.	Combinação de sistemas construtivos industrializados e convencionais.	Predomina a especificação de sistemas construtivos industrializados, como estruturas pré-fabricadas; uso de concreto e argamassa usinada, paredes internas do tipo <i>dry wall</i> , etc.
(4) Subsistema projeto do trabalho	Método de trabalho (avalia o nível de detalhamento das atividades do planejamento e controle da produção – PCP e o planejamento e controle da segurança - PCS, quanto sua formalização e atuação sobre a execução da obra).	Empreendimento sem PCP e PCS formalizados e atuantes.	Empreendimento apenas com PCP formalizado e atuante.	Empreendimento com PCP e PCS formalizados e atuantes.
(5) Demanda de atividade da etapa	Duração (avaliada em função do cronograma expresso em % de tempo)	Atividade de longa duração: demanda 50% ou mais do total do cronograma.	Atividade de média duração: consome de 10 a 50% do cronograma planejado.	Atividade de curta duração: necessita até 10% do prazo previsto para execução da obra.

**Figura 65: classificação para cálculo do índice de criticidade**

A partir da classificação da figura 65, a equipe de FMEA-PPS deve determinar a criticidade de cada etapa (figura 66), atribuindo valores para cada fator de criticidade (colunas de 1 a 5) em função das características das etapas de execução da obra (coluna 0). A multiplicação dos valores resulta no índice de criticidade da etapa (coluna 6).

Fatores de Criticidade								
(0)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Etapa	MDO	Ambiente	Nível de Industrialização	Método de trabalho	Demanda	Índice de criticidade	%	Classificação
A								
B								
C								

**Figura 66: formulário para priorização de etapas**

Cabe explicar que, caso a equipe de execução ainda não esteja definida ou se o projetista não tiver contato com a mesma, os critérios sobre a mão de obra e sistema de trabalho não devem ser avaliados. O índice de criticidade de cada etapa é transformado em porcentagem relativa (coluna 7) à soma da criticidade de todas as etapas (somatório da coluna 6). Chama-se de amplitude o intervalo representado pela porcentagem acumulada de todas as etapas, que pode variar de 1 a 100%. Dentro deste intervalo, é determinada, em função das metas de segurança, quais etapas serão analisadas pela FMEA-PPS.

Sugere-se também o uso do método de Pareto para escolher a amplitude de atividades que serão avaliadas pelo FMEA-PPS. Por exemplo, podem ser consideradas prioritárias as etapas que representam 70 % do índice de criticidade. As etapas que ficam fora dessa faixa deveriam ser avaliadas por meio da APR-PPS.

Após determinadas as etapas prioritárias, desenvolve-se a análise dos modos e efeitos de falhas para as atividades das etapas prioritárias. A partir desta, várias outras atividades e etapas do PISP serão executadas com base no formulário da FMEA-PPS. A figura 67 representa o formulário da FMEA-PPS e na sequência, a figura 68 descreve como os campos do formulário devem ser preenchidos.

Para cada etapa prioritária da obra será aplicado a ferramenta FMEA-PPS identificando os modos de falha e seus respectivos efeitos e causas, nas colunas 1,2,3 e 5 da figura 67, já a avaliação do risco será realizada pelo cálculo do Número Prioritário de Risco (NPR) (coluna 10), que considera a severidade do efeito da falha, a probabilidade de sua ocorrência e a capacidade do controle evitar que a mesma ocorra (detecção) identificados nas colunas 4, 6 e 9 respectivamente (figura 67).

Pahl e Beitz (1995) e Pahl et al. (2005) consideram como prioritários os riscos com NPR superior a 125. Já Mcdermott, Mikulak e Berauregard (1996) defendem que cada organização pode definir qual o valor limite de tolerabilidade do NPR. Nesse trabalho, se adotou como prioritários os riscos com NPR superior a 125.

Produto/processo:					FMEA-PPS n°:				
Equipe de FMEA-PPS:					Data:				
					Data de revisão:				
Líder da equipe:					Página .....de.....				
FMEA-PPS									
1ª Fase: avaliação de perigos e riscos									
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
Operação	Modo potencial de falha	Efeito potencial da falha	Severidade	Causas potenciais	Probabilidade	Controle existente	Hierarquia do controle	Deteção	NPR
						Hierarquia Média		NPR	

**Figura 67: Formulário da primeira fase da FMEA-PPS**

Legenda

	Proposta da Tese
	Originada de Mcdermott; Mikulak; Beauregard (1996)

O líder da equipe de FMEA-PPS deve auxiliar os demais participantes a preencherem os campos conforme as instruções da figura 68.

Instruções para preenchimento dos campos da FMEA-PPS			
Fase	Coluna	Descrição	Como interpretar
FMEA-PPS fase de avaliação de perigos e riscos	(1)	Operação	Ações e decisões dos operadores para atingir os objetivos da etapa (por exemplo, transportar materiais, inspecionar, armazenar e, produzir)
	(2)	Modo potencial de falha	Como algo pode dar errado durante a execução da operação, com impacto na SST?
	(3)	Efeito potencial da falha	Quais os impactos de cada modo de falha, em termos de lesões, danos materiais ou doenças ocupacionais?
	(4)	Severidade	Classificação da severidade de cada efeito (ver figura 69)
	(5)	Causas potenciais	Quais as causas raízes de cada modo de falha? Devem ser buscadas causas em todos os sub-sistemas de um sistema sócio-técnico (tecnológico, pessoal, organização do trabalho e ambiente externo)
	(6)	Probabilidade	Estimar a probabilidade de ocorrência para cada modo de falha (ver figura 70)
	(7)	Controle existente	Quais as ações de controle existentes para lidar com cada modo de falha?
	(8)	Hierarquia do controle	Classificação hierárquica do controle existente (ver figura 76)
	(9)	Deteção	Qual a probabilidade dos controles existentes evitarem o modo de falha? (Ver figura 71)
	(10)	NPR	Número prioritário de risco: severidade versus probabilidade versus deteção

**Figura 68: Instrução para preenchimento do formulário FMEA-PPS**

Na aplicação da FMEA-PPS, o NPR é calculado duas vezes: a primeira, na fase de avaliação de perigos e riscos; a segunda em função do novo controle de risco adotado pela integração de requisitos de SST ao produto. No primeiro caso, o NPR é calculado em função do modo de falha e seus efeitos utilizando os meios de controle de risco existentes ou planejados, especificados na coluna 7 do formulário. Já o segundo NPR representa a situação onde o modo de falha é gerenciado pelo sistema de controle adotado no PPS.

Para atribuir os valores aos índices que compõem o NPR, a equipe de FMEA-PPS pode utilizar as classificações de severidade, probabilidade e detecção, desenvolvidas com base nos trabalhos de Mcdermott, Mikulak e Berauregard (1996); Saurin et al. (2007); Manuele (2008), as quais são apresentadas nas figuras 69, 70 e 71.

Finalizando a primeira atividade da etapa 2, os riscos prioritários de cada etapa da obra são selecionados para serem tratados pela aplicação da segunda fase FMEA-PPS. Os riscos não prioritários são analisados por meio da Análise Preliminar de Risco adaptada ao PPS (APR-PPS).

Classificação	Descrição	Definição
10	Extremamente alta	Pode causar a morte ou incapacidade total permanente do usuário.
9	Muito alta	Pode causar incapacidade parcial permanente do usuário
8	Alta	Pode causar afastamento do trabalho superior a 15 dias.
7	Média alta	Pode causar afastamento do trabalho de até 15 dias.
6	Moderada	Resulta apenas em primeiros socorros.
5	Média baixa	Resulta apenas na paralisação do processo produtivo.
4	Baixa	Resulta apenas na paralisação temporária do processo produtivo.
3	Menor	Falha é percebida pelo usuário, mas pode ser superada sem perda do processo produtivo.
2	Muito menor	Falha pode ser imperceptível ao usuário, mas traria pequenos efeitos ao processo ou produto.
1	Nenhuma	A falha pode ser imperceptível ao usuário e não afeta o processo ou produto.

**Figura 69: Classificação de severidade para preenchimento do formulário FMEA-PPS**

Classificação	Descrição	Definição
10	Inevitável	Quando o acidente é esperado que ocorra várias vezes durante o processo.
9	Muito alta	Quando o acidente é esperado que ocorra algumas vezes durante o processo.
8	Alta	Falhas frequentes
7	Média alta	Probabilidade de ocorrer pelo menos duas vezes durante o processo.
6	Possível	Probabilidade de ocorrer alguma vez durante o processo.
5	Moderada	Ocasional
4	Baixa	Poucas falhas
3	Raro	Pouco esperado de ocorrer
2	Remota	Não é esperado que o acidente ocorra.
1	Improvável	Conceitualmente possível, mas extremamente improvável de ocorrer.

**Figura 70: Classificação de probabilidade para preenchimento do formulário FMEA-PPS**

A detecção representa a capacidade do instrumento de controle evitar que a falha ocorra, sendo necessário classificar o controle existente em função dessa característica.

Classificação	Descrição	Definição
1	Extremamente alta	É quase certo que o acidente será evitado.
2	Muito alta	Probabilidade muito alta de evitar o acidente.
3	Alta	Alta probabilidade de detecção.
4	Média alta	Chance moderada de detecção.
5	Moderada	Chance média de detecção.
6	Média baixa	Alguma probabilidade de detecção.
7	Baixa	Baixa probabilidade de detecção.
8	Menor	Probabilidade muito baixa de detecção.
9	Muito menor	Probabilidade remota de detecção.
10	Nenhuma	Quase impossível de evitar o acidente.

**Figura 71: Classificação de detecção para preenchimento do formulário FMEA-PPS**

A segunda atividade desta etapa compreende em verificar a possibilidade de controlar os riscos prioritários com medidas de PPS. Trata-se de uma avaliação qualitativa, onde a equipe de FMEA-PPS determina se o modo de falha é oriundo de um perigo inerente ao projeto e se é possível controlá-lo pela adoção de princípios de PPS.

Os modos de falhas que podem ser controlados pela aplicação do conceito de PPS são tratados na sequência do protocolo PISP na etapa de processamento de requisitos de SST, enquanto os demais serão avaliados pela aplicação da APR-PPS (figura 72) e serão controlados durante o processo produtivo.

A terceira atividade da etapa 2 é aplicar a APR-PPS para as etapas consideradas não críticas, para os riscos com NPR < 125 e para os que não puderam ser gerenciados pela aplicação de medidas de PPS, seguindo o formulário abaixo (figura 72).

Com o objetivo de avaliar o quanto a aplicação do PISP conduziu o projeto ao encontro do conceito de PPS, as respostas aos riscos são classificadas em função da hierarquia de controle utilizado, conforme classificação apresentada na figura 76.

Etapa:				
Atividade	Riscos	Medidas de controle	Hierarquia de controle	Observações

**Figura 72: Formulário de APR-PPS**

Ao término da etapa 2, o projetista possui como resultado de saída as seguintes informações: modos e efeitos de falhas, riscos prioritários e não prioritários. Com esses resultados a equipe

de FMEA-PPS, determina quais os riscos dão origem a requisitos de SST para serem incorporados na etapa de PDP e quais serão gerenciados na fase de execução da obra.

### 5.2.3 Etapa 3 - identificação de requisitos de SST

Esta etapa tem como objetivo identificar quais os requisitos de SST são necessários para eliminar ou minimizar os riscos prioritários identificados, utilizando como informações de entrada as saídas das etapas 1 e 2. A vantagem de identificar requisitos, ao invés de soluções para os modos de falha, é o fato de que os requisitos expressam características que o projeto deve atender, possibilitando ampliar as opções de solução para atender ao requisito.

As atividades da identificação de requisitos têm como base o formulário da primeira fase da FMEA-PPS e se desenvolvem sobre o formulário da segunda fase da FMEA-PPS. O fluxo das atividades da etapa 3 está ilustrado na figura 73.

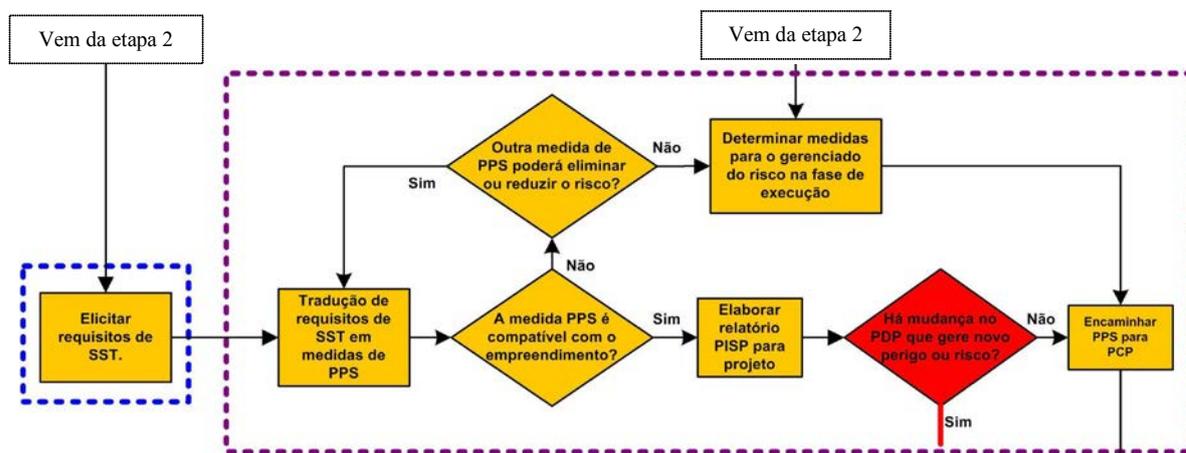


Figura 73: Atividades da etapa 3

As atividades relacionadas à integração dos requisitos de SST ao produto são desenvolvidas com a utilização do formulário da segunda fase da FMEA-PPS (figura 74) e suas instruções de preenchimento (figura 75).

Este formulário é composto por 11 colunas que tem como objetivos: (a) registrar os requisitos de SST selecionados para atender o conceito de PPS; (b) avaliar, por meio do cálculo do novo NPR, o resultado das medidas de projeto que visam melhorar a SST dos usuários temporários; (c) avaliar o quanto o projeto está alinhado com o conceito de PPS, com base no cálculo da média da hierarquia de controle; (d) identificar se existe necessidade de participação do

fornecedor de serviços ou materiais na execução das medidas de projeto; (e) identificar o princípio de PPS adotado em cada solução.

Produto/ Processo:					FMEA-PPS nº:						
Equipe de FMEA-PPS:					Data:						
Líder da equipe:					Data de revisão:						
					Página .....de.....						
FMEA – PPS											
2ª Fase: integração dos requisitos de segurança do trabalho ao produto											
(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)
Requisito (s)	Justificativa	Princípio PPS	Projeto (s) relacionado (s)	Interação com fornecedor Sim ou Não?	Responsável e data de execução	Ação tomada	Hierarquia do controle	Severidade	Probabilidade	Deteção	RPN
						Hierarquia Média:		RPN Resultante:			

Figura 74: Formulário da segunda fase da FMEA-PPS

Legenda

	Proposta da Tese
	Originada de Mcdermott; Mikulak; Beauregard (1996)
	Originada do trabalho de Saurin (2005)

Instrução para preenchimento dos campos da FMEA-PPS			
Fase	Coluna	Descrição	Detalhamento
FMEA-PPS fase de integração dos requisitos	(11)	Requisito (s)	Transformar o modo de falha em um requisito de SST que deverá ser atendido para eliminar ou minimizar a ocorrência do modo de falha.
	(12)	Justificativa	Justificar a necessidade do requisito de SST.
	(13)	Princípio PPS aplicável	Identificar qual o princípio de PPS foi adotado para atender ao requisito de SST.
	(14)	Projeto (s)	Apontar em qual ou quais dos projetos o requisito deve ser integrado.
	(15)	Interação com fornecedor Sim ou Não?	Indicar se será necessária a participação do fornecedor para a integração do requisito ao produto.
	(16)	Responsável e data de execução	Apontar o responsável pela ação e data prevista para execução.
	(17)	Ação tomada	Tradução do requisito de SST em especificação de projeto, onde se deve descrever a ação prevista para atender o requisito de SST (novo controle de falha).
	(18)	Hierarquia do controle	Indicar a hierarquia de controle resultante da ação adotada. (Ver figura 76)
	(19)	Severidade	Classificação da severidade de cada efeito (ver figura 69)
	(20)	Probabilidade	Estimar a probabilidade de ocorrência da falha após a ação ser implantada (ver figura 70)
	(21)	Deteção	Qual a probabilidade dos controles projetados evitarem o modo de falha? (Ver figura 71)
	(22)	NPR	Apontar o número prioritário de risco após a implantação da ação.

Figura 75: Instrução para preenchimento da segunda fase da FMEA-PPS

A primeira atividade da etapa 3 é elicitar os requisitos de SST. Como foi discutido no item 2.8 (gerenciamento de requisitos), um requisito pode ser determinado a partir de uma falha do sistema que deve ser controlada. Assim, no âmbito do PISP, a equipe de FMEA-PPS deve, com base nos riscos prioritários (coluna 10 do formulário FMEA-PPS) e nos possíveis modos de falha (coluna 2 do formulário FMEA-PPS), transformar as necessidades dos usuários em requisitos de projeto e registrá-los na coluna 11 do formulário FMEA-PPS.

O requisito representa uma característica que o projeto deve apresentar para que o modo de falha seja controlado, como, por exemplo, prever pontos de fixação de cabos-guia. Nessa atividade, não são especificados os detalhes da solução (por exemplo, locais, forma e o dimensionamento destes pontos de fixação). Tais detalhes são definidos na próxima atividade da etapa 3 do PISP. Para cada requisito elicitado, é justificada sua necessidade na coluna 12 do formulário FMEA-PPS.

A segunda atividade dessa etapa é traduzir os requisitos de SST em especificações de projeto, o que significa definir medidas de PPS para atender aos requisitos de SST elicitados. Além da experiência dos projetistas envolvidos na equipe de FMEA-PPS, essa atividade pode buscar apoio na literatura, consultando trabalhos como os de Sinnott (1985), Hinze (1996) e Saurin (2005), que trazem sugestões de PPS.

Para controlar um determinado risco, podem ser utilizados vários princípios e várias medidas de PPS. Desta forma, deve-se analisar se a medida adotada está alinhada aos objetivos do empreendimento, em relação aos aspectos técnicos e econômicos e sobre a real necessidade de atender ao requisito. Quando uma determinada medida não é compatível com os objetivos do empreendimento, a equipe de FMEA-PPS deve verificar se existem medidas alternativas viáveis.

Não há, neste trabalho, um protocolo de avaliação de viabilidade técnica e econômica de cada medida de PPS. No entanto, sugere-se a participação de representantes das equipes de orçamento e de projetos do edifício na elaboração do FMEA-PPS, de maneira a facilitar a tomada de decisões.

Caso não forem encontradas alternativas que atendam aos objetivos técnicos e/ou econômicos do empreendimento, o risco será encaminhado para controle durante a execução, conforme descreve a quinta atividade da etapa 2.

Após a definição da medida de PPS, deve ser determinada a hierarquia de controle da mesma (coluna 18 do formulário FMEA-PPS) conforme classificação de Manuele (2008b) e Roughton e Crutchfield (2008), que é composta por uma escala numérica de 1 a 6 (figura 76).

Classificação	Hierarquia de controle
1	Eliminar o risco no projeto ou re-projeto
2	Eliminar ou reduzir o risco pela substituição de materiais ou processos menos perigosos
3	Incorporar dispositivos de segurança, tais como: redes de segurança, pontos de ancoragem, proteções de máquinas, cabos-guia, sistemas de ventilação, dentre outros.
4	Providenciar sistemas de alarme
5	Aplicar controles administrativos (métodos de trabalho, treinamento, cronograma)
6	Adotar uso de EPI

**Figura 76: Classificação da hierarquia de controle**

Fonte: Adaptado de Manuele (2008b) e Roughton e Crutchfield (2008)

A terceira atividade consiste na elaboração de um relatório com a compilação de todas as medidas de PPS. Para permitir a rastreabilidade das medidas, o relatório apresenta o número do FMEA-PPS que originou a medida, a justificativa da medida, a fase da obra quando a medida deve ser implantada, a fase onde será efetivamente utilizada e, a categoria de usuários favorecidos (figura 77).

Relatório PISP para projeto			Data:			
Produto/processo:			Data de Revisão:			
Equipe:			Projetos avaliados:			
Página: .... de .....			Observações:			
Origem	Demanda	Justificativa	Projeto	Fase de implantação	Fase de utilização	Usuários favorecidos

**Figura 77: Relatório PISP para projeto**

A quarta atividade da etapa 3 é destinada a monitorar o desenvolvimento do PDP e verificar se alguma tomada de decisão interfere na SST criando outro perigo ou risco não identificado anteriormente.

Como já foi citado na introdução deste trabalho, é comum a ocorrência de modificações nos projetos ao longo do PDP. Desta forma, é importante que a equipe responsável pelo PISP acompanhe as decisões tomadas no PDP, especialmente aquelas que podem impactar na SST.

Algumas alterações adotadas no PDP podem impactar negativamente na SST, criando novos perigos ou riscos, como por exemplo, a decisão de retirar uma platibanda de um telhado, deixando-o com a periferia desprotegida. Similarmente, outras decisões podem ser positivas, eliminando perigos, como decidir não revestir internamente o poço do elevador, eliminando o perigo de queda em altura. Assim, a FMEA-PPS ou a APR-PPS pode ser aplicada várias vezes ao longo do PDP, pois o processo é cíclico e depende do número de alterações durante o PDP que interfiram na SST dos usuários temporários.

Depois de elaborado o relatório, o PPS deve ser encaminhado ao setor de PCP, para que sejam adotadas as medidas de implantação das medidas (quinta atividade da etapa 3).

#### 5.2.4 Etapa 4 – Avaliação do PPS e registro do aprendizado

Além de avaliar o resultado do PPS, essa etapa tem como objetivo monitorar, durante a execução e uso da edificação, a implantação do PPS e o surgimento de perigos que não foram previstos. Assim, essa etapa contribui para os projetos futuros da empresa. A sequência das atividades está representada pela figura 78.

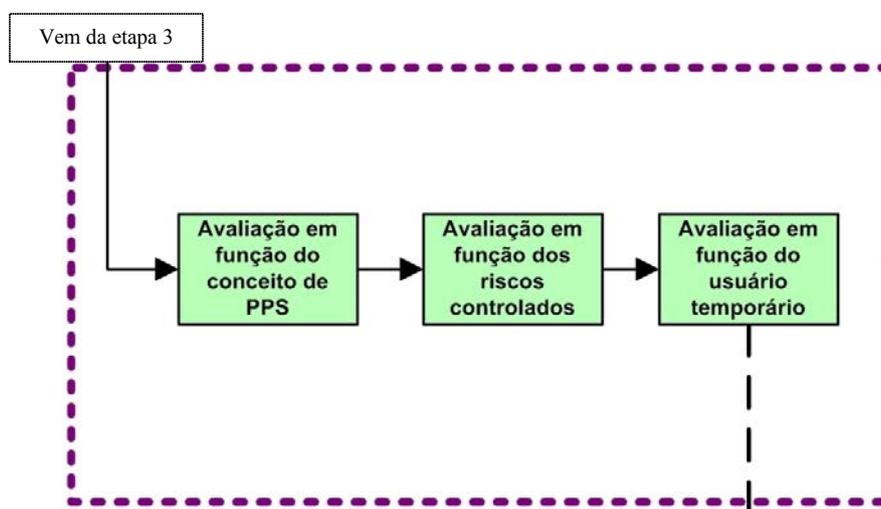


Figura 78: Atividades da etapa 4

A primeira atividade da etapa 4 consiste na proposta de avaliação de o quanto o projeto do produto está voltado ao conceito de PPS. A forma apontada neste protocolo para esta avaliação é através da determinação da média da hierarquia de controle resultante do projeto.

Com base na classificação hierárquica de controle (figura 76), no final da coluna 18 da planilha FMEA-PPS, é calculada a média aritmética da hierarquia de controles adotados pelo

PPS. O valor alvo dessa média é 1 (um), logo, quanto mais próximo disso, mais o projeto final está alinhado ao conceito de PPS. No outro extremo, quanto mais próximo de 6 (seis) for o resultado da média, mais afastado do conceito de PPS são as soluções adotadas para atender os requisitos de SST.

Além disso, a comparação entre o resultado da média da hierarquia de controle existente antes da aplicação do PPS (coluna 8) com a média da hierarquia de controles adotados (coluna 18) indica também o quanto o projeto evoluiu em relação às médias anteriormente adotadas para gerenciamento de riscos, permitindo o *benchmark* entre projetos da empresa.

A segunda atividade se destina à avaliação do número de riscos controlados pela aplicação do conceito de PPS. Com base no relatório que compila as medidas que serão adotadas, avalia-se as mesmas em função de seus potenciais em atender a vários riscos diferentes na execução de diferentes atividades, de forma que se torna importante avaliar quantos riscos são eliminados ou minimizados por uma dada medida escolhida.

A terceira atividade é a avaliação das medidas adotadas sobre o prisma dos usuários temporários da edificação. Da mesma forma que ocorre em uma avaliação de pós-ocupação (APO), sugere-se a realização de entrevistas com os usuários temporários durante a execução da obra, verificando o impacto das medidas de PPS sobre a construtibilidade e SST. Ressalta-se que para o melhor resultado da participação dos usuários temporários, tanto na identificação de requisitos, quanto na avaliação dos mesmos, é importante que a empresa construtora treine e incentive as equipes de produção e segurança para realizarem essas atividades.

### 6 RESULTADOS

---

#### 6.1 APLICAÇÃO DO PISP NO EMPREENDIMENTO A

##### 6.1.1 Etapa 1 - identificação dos perigos relacionados ao PDP

O empreendimento A iniciou em 05/07/2007 com a prospecção do terreno para construção. A construtora responsável pela obra tinha experiência anterior principalmente em obras industriais, sendo que essa era uma de suas primeiras experiências no segmento residencial da construção civil. Assim, o coordenador desse empreendimento realizou a prospecção de um terreno, distante aproximadamente 40 Km da sede da empresa. Esse terreno passou por uma avaliação de viabilidade técnica e, logo a seguir, por uma avaliação financeira do investimento, ambas realizadas pelo comitê imobiliário da construtora, que decidiu pela aquisição do imóvel.

Na sequência, o coordenador contratou, junto a uma empresa terceirizada, um estudo preliminar de um edifício residencial com 64 apartamentos, ocupando a capacidade máxima de construção permitida pelo código de obras local. Quando a decisão de ocupação máxima permitida foi tomada, essa resultou na necessidade de alugar um terreno vizinho para montagem das instalações do canteiro de obras, implicando no aumento da distância de transporte de materiais, formas e ferragens, assim como na locomoção dos trabalhadores e técnicos responsáveis. De fato, essa decisão teve impacto nas condições de SST dos usuários temporários, uma vez que as atividades de transporte não agregam valor ao empreendimento e aumentam os riscos devidos a esforços excessivos.

É importante salientar que o estudo preliminar foi realizado por um escritório de arquitetura situado na mesma cidade do empreendimento. Essa decisão deu-se, segundo o relato do coordenador do empreendimento, pela prática da prefeitura local em dificultar a aprovação de

projetos elaborados por profissionais de outras localidades. Assim, para facilitar o trâmite legal, foi escolhido tal escritório.

O referido escritório, além de facilitar o processo de aprovação, também ofereceu um custo abaixo do mercado, fato que direcionou ainda mais a opção da escolha. Nesse aspecto, detectou-se outra decisão do PDP com influência na SST dos usuários temporários do empreendimento A: os projetos eram pobres em detalhes e exigiram revisões por outros profissionais, gerando atritos entre os projetistas e executores da obra, gerando retrabalhos e atrasos em algumas etapas, que necessitavam aumento da carga de trabalho para manter o cronograma programado.

Com todos os projetos aprovados, orçamentos e cronogramas de execução, o Empreendimento A foi liberado no agente financeiro financiador e assim iniciou a execução do mesmo em fevereiro de 2009. A aplicação do PISP ocorreu no período de Outubro de 2009 até Dezembro de 2009, quando o empreendimento se encontrava na finalização das alvenarias e da estrutura, restando ainda a execução dos revestimentos internos e externos, cobertura, instalações elétricas, hidráulicas, pintura e ajardinamento.

Em relação à segunda atividade do PISP (definir pontos de decisões que impactam na SST), foram identificadas as atividades que apresentaram condições de afetar a SST do usuário temporário ao longo do PDP (figura 79). As atividades consideradas impactantes na SST dos usuários temporários estão destacadas em vermelho no mapa do PDP do empreendimento A (figura 80).

<b>Etapa/Atividade</b>	<b>Responsável</b>	<b>Como influenciou na SST?</b>
Estudo de viabilidade do empreendimento	Comitê imobiliário	Redução dos investimentos em SST para viabilizar o empreendimento.
Estudo preliminar	Coordenador de projetos	Não integrou o conceito de PPS desde o início dos projetos.
Projetos complementares	Demais projetistas	Não consideraram o conceito de PPS no desenvolvimento dos projetos complementares.
Elaboração do orçamento	Orçamentista	Apenas estimou recursos para SST, sem conhecer as reais condições de execução.
Validação do orçamento	Gerente da obra	Para reduzir custo e aumentar o retorno financeiro, reduziu o investimento em SST.
Gerenciamento da obra	Gerente da obra	Poderia planejar e controlar o investimento em SST e a aplicação do conceito de PPS.

**Figura 79: Atividades do PDP que afetam a SST dos usuários**



Por fim, a terceira atividade (identificar condições latentes organizacionais) da Etapa 01 do PISP, tomando por base as entrevistas realizadas para o mapeamento do PDP, apontou como perigos organizacionais as seguintes condições (figura 81):

<b>Identificação de condições latentes</b>				
<b>Etapa do PDP</b>	<b>Decisão organizacional</b>	<b>Efeito (positivo ou negativo)</b>	<b>Usuário afetado</b>	<b>Ações</b>
Planejamento	O planejamento de longo prazo considera o projeto como uma única atividade, não considera suas interdependências.	Dificulta o controle do andamento dos projetos, comprometendo a qualidade de detalhamentos e desenvolvimento do PPS.	Temporário e final.	O PCP deve desagregar a etapa de projeto nas suas várias disciplinas, determinando prazos adequados para o desenvolvimento de cada uma.
Contratação de projetos	Os projetos são contratados pelo PCP e suprimentos, sem a interferência do coordenador do empreendimento.	Permite a contratação somente pelo custo, podendo resultar em projetos de baixa qualidade.	Usuário temporário e final	Considerar a opinião do coordenador do empreendimento e do gerente da obra na contratação do projeto.
Compras	Realiza avaliação de fornecedores de materiais, serviços e projetistas.	Permite contratar projetos que seguem o conceito PPS.	Usuário temporário e final	Contratar projetistas que desenvolvem projetos seguindo o conceito de PPS
Venda	O preço de venda é definido pelo valor praticado no mercado e definido em contrato com o comprador, limitando os custos de produção em função do retorno esperado.	Com um custo fixado em função de um contrato de venda, investimentos em PPS se tornam limitados após a venda das unidades.	Usuário temporário e final	Fixar o custo meta em função das características finais do empreendimento e considerar uma margem de segurança para investimentos em PPS.
Execução	Existem no quadro de funcionários dois engenheiros de segurança, mas eles não participam da fase de projeto do empreendimento.	Possibilidade de incorporar o conceito de PPS desde o início do PDP	Usuário temporário e final	Integrar os responsáveis pela SST ao PDP dos empreendimentos.

**Figura 81: Condições latentes do Empreendimento A**

### 6.1.2 Etapa 2 - identificação de perigos e avaliação de riscos

Com relação à primeira atividade desta etapa (identificação de perigos) foi possível verificar nos projetos arquitetônico e estrutural perigos que poderiam ser eliminados ou controlados pela aplicação do PISP, tais como: a) poço interno de ventilação e iluminação com acesso irrestrito aos usuários do edifício, permitindo que crianças e pessoas sem autorização fossem expostas ao risco de queda de altura; b) reservatórios superiores de água sem estrutura de apoio para atividades de manutenção; c) falta de definição de área segura para instalação de antenas na cobertura do edifício; d) especificação de revestimento cerâmico na platibanda do edifício, considerada área de difícil acesso e de apoio para andaimes; e, e) especificação de revestimento interno em áreas confinadas, como em *shafts* e o poço do elevador.

Para ilustrar, a figura 82 mostra, na esquerda, um *shaft* que será revestimento internamente com argamassa e, na direita, as vigas das sacadas que serão revestidas com pastilhas cerâmicas sobre emboço. Ambas as especificações de projeto foram avaliadas pela aplicação da FMEA-PPS buscando a redução dos riscos na execução das mesmas.



**Figura 82: (a) Detalhe do shaft e (b) sacadas**

Após a visita à obra e avaliação dos projetos, com auxílio do engenheiro de execução, foi realizada uma lista com as etapas que ainda seriam executadas no decorrer da construção, bem como das atividades básicas de manutenção, como limpeza de reservatórios, limpeza de vidros e instalação de antenas.

Após a avaliação dos projetos e de uma visita ao empreendimento, foi desenvolvida a determinação da criticidade das etapas/atividades a serem executadas (tabela 1). O formulário com o cálculo da criticidade de cada etapa se encontra no apêndice E.

**Tabela 1: Determinação das etapas prioritárias**

<b>Atividade/Descrição</b>	<b>Índice de Criticidade</b>	<b>%</b>	<b>% AC</b>	<b>Ação</b>
Formas, escoramento e desforma,	108	16,00	16,00	FMEA-PPS
Telhamento,	108	16,00	32,00	FMEA-PPS
Preparo, transporte, lançamento e adensamento do concreto.	54	8,00	40,00	FMEA-PPS
Estrutura da cobertura	48	7,18	47,18	FMEA-PPS
Alvenarias externas	36	5,33	52,51	FMEA-PPS
Chapisco, emboço e reboco internos e externos, caixa do elevador	36	5,33	57,84	FMEA-PPS
Colocação de forro em beirais e sacadas	36	5,33	63,17	FMEA-PPS
Revestimentos cerâmicos ou similares,	32	4,7	67,87	FMEA-PPS
Limpeza de reservatórios	24	3,55	71,42	APR-PPS
Instalação de alarmes, antenas, pára-raios, etc.	24	3,55	74,97	APR-PPS
Limpeza final para entrega da obra	24	3,55	78,52	APR-PPS
Armadura	24	3,55	82,07	APR-PPS
Alvenarias internas	24	3,55	85,62	APR-PPS
Limpeza de calhas,	24	3,55	89,17	APR-PPS
Pintura interna e externa	18	2,60	91,77	APR-PPS
Instalação de espelhos, calhas e rufos,	16	2,3	94,07	APR-PPS
Instalação da janelas e vidros.	16	2,3	96,37	APR-PPS
Colocação de contra-marcos,	16	2,3	98,67	APR-PPS
Impermeabilização de pisos,	4	0,6	99,27	APR-PPS
Impermeabilização de sacadas e marquises.	4	0,6	100	APR-PPS
<b>Total</b>	<b>676</b>	<b>100,00</b>		

A soma dos índices de criticidade das etapas escolhidas para aplicação da FMEA-PPS é de 67,87 %, valor próximo ao valor adotado como meta de controle (70%).

Na sequência, foi aplicada a primeira fase da FMEA-PPS a partir das atividades consideradas críticas: execução de alvenarias internas e externas; revestimento cerâmico interno e externo; revestimento de argamassa nas paredes internas e externas; estrutura de concreto armado; cobertura, e colocação de forro em sacadas.

Essa atividade foi realizada por meio do formulário da primeira fase da FMEA-PPS, em que foram estimadas as possíveis falhas capazes de gerar acidentes e seus efeitos. Com base nisso, foi realizado o cálculo do número prioritário de risco e sua hierarquia de controle e considerou-se a possibilidade de gerenciar os riscos prioritários (com o NPR > 125) com medidas de PPS (figura 83).

Na terceira atividade da etapa 2 foram analisadas as atividades das etapas consideradas não críticas, para os riscos com NPR < 125 e para os que não puderam ser gerenciados pela aplicação de medidas de PPS, onde se avaliou riscos e definiram-se medidas de controle (figura 84).

Produto/processo: Execução de alvenarias internas e externas					FMEA-PPS n°: 01					
Equipe de FMEA-PPS:					Data:					
					Data de revisão:					
Líder da equipe:					Página 01 de 01					
FMEA-PPS										
Fase de avaliação de perigos e riscos										
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
Item	Operação	Potencial modo de falha	Potencial efeito da falha	Severidade	Causas potenciais	Probabilidade	Controle existente	Hierarquia do controle	Deteção	NPR
01	Montagem de andaimes fachadeiros ou apoiados	Queda de pessoas e materiais	Lesões ou óbito	10	Instabilidade do andaime	8	Cinto de segurança	6	6	480
02	Assentamento de blocos cerâmicos	Queda em altura do operário	Lesões graves e óbito	10	Falta de proteção periférica	8	Cinto de segurança	6	5	400
03		Queda de materiais	Lesões graves e óbito	10	Desorganização do local de trabalho	8	Tela de proteção	6	5	400
04		Queda de paredes	Lesões graves e óbito, danos materiais.	10	Desprendimento da alvenaria por ventos fortes	6	Tela de proteção	6	5	300
05		Contato com cimento	Dermatoses	6	Não utilização de luvas ou luvas inadequadas	6	Luvas impermeáveis	6	6	216
06	Corte de blocos cerâmicos	Corte de dedos e mãos	Lesões	6		5	Luvas de raspa	6	5	150
07		Contato com sílica	Doenças ocupacionais	10	Inalação de sílica	6	Máscara anti-pó	6	8	480
							Hierarquia média	<b>6</b>	NPR inicial	<b>2426</b>

Figura 83: Aplicação do FMEA-PPS no Empreendimento A

<b>APR-PPS</b>				
Atividade	Riscos	Medidas de controle	Hierarquia de controle	Medidas de PPS
Impermeabilização de pisos e paredes,	Inalação de gases e fumos	Uso de máscara com filtro	6	Não relacionado com os projetos
Colocação de contra-marcos,	Queda de pessoas; dermatoses por contato com cimento.	Cinto de segurança; luvas de PVC ou látex.	6	Não relacionado com os projetos
Instalação das janelas e vidros.	Queda de pessoas	Uso de cinto de segurança	2	Especificar janelas que possam ser instaladas pelo interior do edifício, assim como os vidros.
Pintura interna e externa	Queda de pessoas	Uso de cinto de segurança com trava-quezas	2	Projetar estrutura de ancoragem para andaimes e cadeiras suspensas; assim como acesso seguro aos locais de descida.
Limpeza final para entrega da obra	Queda de pessoas; esforço físico;	Uso de cinto de segurança; luvas e botas impermeáveis; planejar pontos de acesso à água e energia.	3	Prever pontos de água e energia que atendam as áreas comuns do edifício, prever pontos de ancoragem nas fachadas que permitam fixação de cintos e cabos para limpeza de vidros; especificar janelas que possam ser limpas pelo interior ou que possam ser retiradas para limpeza.

**Figura 84 (continua): Resultado da APR-PPS**

APR-PPS				
Atividade	Riscos	Medidas de controle	Hierarquia de controle	Medidas de PPS
Manutenção hidráulica e sanitária	Queda de pessoas; esforço físico	Uso de cinto de segurança	3	Especificar na tubulação o sentido do fluxo, origem e destino; instalar estrutura para apoiar escadas quando registros e pontos de inspeção se localizarem em altura elevada.
Limpeza de calhas,	Queda de pessoas; cortes nas mãos.	Uso de luvas de raspa; cinto de segurança preso à linha de vida; instalar plataformas móveis.	2	Projetar calhas sem bordas cortantes e reforçar estrutura do telhado na periferia das calhas; indicar local seguro de acesso.
Instalação de alarmes, antenas, pára-raios, etc.	Queda de pessoas, choque elétrico.	Uso de cinto de segurança e EPI para trabalho com eletricidade	3	Especificar nos quadros todos os circuitos e criar circuitos auxiliares somente para manutenção; indicar local seguro de acesso.
Colocação de forro de gesso	Queda de pessoas, lombalgias e dermatoses.	Uso de cinto de segurança; luvas; máscara contra poeira; fazer pausas no trabalho.	6	Não se relaciona ao projeto
Troca de lâmpadas	Quedas e choque elétrico	Cinto de segurança, EPI para trabalhos com eletricidade.	3	Projetar pontos de iluminação nas paredes em locais de difícil acesso ao teto
Limpeza de vidros	Queda de pessoas	Uso de cinto de segurança	2	Especificar janelas que possam ser limpas pelo lado interno da edificação ou alargar a soleira da janela e instalar gancho na verga superior para ancoragem de cinto de segurança.
		Hierarquia Média	<b>3,75</b>	

**Figura 84 (conclusão): Resultado da APR-PPS**

### **6.1.3 Etapa 3 – identificação de requisitos**

Com base na etapa anterior, foram priorizados os modos de falhas com NPR igual ou superior a 125 e que apresentem relação com algum dos projetos do edifício. Esses modos de falhas deram origem a requisitos de SST que devem ser transformados em soluções de projeto e incorporados ao projeto final do empreendimento, dando início à terceira etapa do PISP, que trata da identificação dos requisitos de SST.

Depois de definidos os requisitos de segurança, a equipe de FMEA-PPS desenvolveu a segunda atividade dessa etapa, que trata da tradução dos requisitos em soluções de projeto. Nessa fase, cada solução foi testada em função da viabilidade técnica, econômica e dos objetivos do empreendimento.

Como exemplo, na etapa de execução de alvenaria externa, foi identificado o possível modo de falha de queda do trabalhador por movimentação indesejada do andaime. Nesse caso, o requisito de SST identificado foi a necessidade de estabilizar o andaime para execução da alvenaria. A tradução desse requisito em solução de projeto resultou na especificação de furos ou esperas nos pilares para instalação de cabos-guia e ancorar andaimes durante a execução das alvenarias. Os demais resultados da etapa 3 para a atividade de execução de alvenarias internas e externas estão ilustrados na figura 85.

Com base nas medidas de PPS adotadas nessa etapa, para a atividade de execução de alvenarias internas e externas, foi calculada a hierarquia média de controle em 3,14 e o NPR final em 874. A tabela 2 reproduz a compilação dos resultados obtidos pela execução das etapas 2 e 3 do PISP, permitindo comparar a projeção do efeito das medidas de PPS sobre o NPR e sobre a hierarquia de controle para as atividades críticas analisadas.

A tabela 2 mostra que se as medidas de PPS fossem adotadas, o NPR total cairia de 18032 pontos para 4790 pontos (redução de 73,5%), enquanto a hierarquia de controles assumiria o valor de 2,88 (melhoria de 52%) tornando o projeto mais voltado ao conceito de PPS.

Produto/ Processo: Execução de alvenarias internas e externas							FMEA-PPS nº: 01					
Equipe de FMEA-PPS:							Data:					
							Data de revisão:					
Líder da equipe:							Página 01 de 02					
FMEA - PPS												
Fase de integração dos requisitos de segurança do trabalho ao produto												
	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)
Item	Requisito (s)	Justificativa	Princípio PPS aplicável	Projeto (s) relacionado (s)	Interação com fornecedor Sim ou Não?	Responsável e data de execução	Ação tomada	Hierarquia do controle	Severidade	Probabilidade	Deteção	NPR
01	Estabilizar estruturas auxiliares	Evitar movimentação indesejada do andaime	1	Estrutural	N	Calculista e eng. de produção	Prever furos ou esperas nos pilares para instalação de cabos-guia e ancorar andaimes	3	10	3	3	90
02	Limitar área de trabalho	Impedir queda em altura	1	Estrutural	N	Calculista e eng. De produção	Prever furos nos pilares de periferia para instalação de cabos-guia	3	10	3	3	90
03	Organização do trabalho	Impedir queda de materiais	15	Canteiro de obras	N	Eng. de Produção	Treinamento e programa 5S	5	10	5	6	300
04	Estabilizar estruturas	Impedir desprendimento da alvenaria já executada	13	Estrutural	N	Calculista e eng. de produção	Ancoragem das alvenaria na estrutura	2	10	3	3	90
05	Uso de EPI	Evitar contato com cimento	15	Não se relaciona	N	Eng. de Produção	Uso de luvas de PVC ou latex	6	6	5	8	240

**Figura 85 (continua): Rresultado da FMEA-PPS**

Produto/ Processo: Execução de alvenarias internas e externas							FMEA-PPS nº: 01					
Equipe de FMEA-PPS:							Data:					
Líder da equipe:							Data de revisão:					
							Página 02 de02					
<b>FMEA - PPS</b>												
<b>Fase de integração dos requisitos de segurança do trabalho ao produto</b>												
	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)
Item	Requisito (s)	Justificativa	Princípio PPS aplicável	Projeto (s) relacionado (s)	Interação com fornecedor Sim ou Não?	Responsável e data de execução	Ação tomada	Hierarquia do controle	Severidade	Probabilidade	Deteção	NPR
06	Modulação de vãos	Evitar corte de materiais	11	Arquitetônico	N	Arquiteto	Compra de meio-bloco	2	6	2	2	24
07	Eliminar sílica em suspensão	Evitar exposição a agentes químicos (sílica livre)	11	Arquitetônico	N	Arquiteto	Modular painéis de parede para evitar corte de blocos; adquirir meio-bloco de fábrica	1	10	2	2	40
							Hierarquia Média:	<b>3,14</b>	NPR Resultante:			<b>874</b>

**Figura 85 (conclusão): Resultado da FMEA-PPS**

**Tabela 2: Resumo da aplicação das etapas 2 e 3 do PISP**

Etapa/Atividade	NPR (total)		Hierarquia média de controle	
	FMEA-PPS 1ª fase	FMEA-PPS 2ª fase	FMEA-PPS 1ª fase	FMEA-PPS 2ª fase
Alvenarias internas e externas	2426	874	6	3,14
Revestimento cerâmico interno e externo	3216	704	6	2,57
Revestimento de argamassa interno e externo	1666	580	6	2,25
Estrutura de concreto	2288	670	6	3,25
Cobertura	7536	1662	6	3,07
Colocação de forro em sacadas	900	300	6	3,0
<b>Total</b>	<b>18032</b>	<b>4790</b>	<b>6</b>	<b>2,88</b>

A terceira atividade da Etapa 03 é a elaboração de um relatório, em que as medidas de PPS definidas na etapa anterior são compiladas em um único documento e, assim encaminhadas para os responsáveis pela elaboração e compatibilização de projetos, orçamentos e cronogramas. As medidas sugeridas não foram integradas aos projetos executivos da obra, pois a empresa não adotou-as em função de prazos e custos já estabelecidos para o empreendimento.

Monitorar a evolução do PDP é a quarta atividade dessa etapa, que tem como objetivo identificar decisões de PDP que podem alterar os projetos, influenciando as condições de SST já avaliadas pelo PISP. Durante a aplicação do PISP no Empreendimento A, não ocorreu nenhuma alteração nos projetos que afetasse as medidas estabelecidas anteriormente. Assim, o relatório PISP para projeto não sofreu alteração e se manteve como o apresentado na figura 86.

Com base no relatório PISP, as medidas de PPS foram detalhadas por meio de desenhos e memoriais descritivos. Algumas medidas, como a especificação de vigas de platibanda ou outras estruturas para suporte de andaimes, como ganchos, consoles e furos em vigas e pilares, devem ser calculadas e detalhadas de modo integrado ao projeto estrutural. Nesse trabalho, não foi dimensionada nenhuma dessas soluções, de modo que as figuras 87, 88 e 89 são ilustrativas.

Relatório PISP para projeto			Data: 12/11/2009			
Produto/processo: Empreendimento A			Data de Revisão: 25/11/2009			
Equipe:			Projetos avaliados: arquitetônico, estrutural, elétrico, formas			
Página: 01 de 05			Observações:			
Origem	Demanda	Justificativa	Projeto	Fase de implantação	Fase de utilização	Usuários favorecidos
FMEA-PPS 1,2,3,6	Prever furos ou esperas nos pilares para instalação de cabos-guia e ancorar andaimes	Fixação de andaimes, cabos-guia	Estrutural	Estrutura de concreto	Levantamento de alvenarias, revestimentos externos, manutenção.	Temporário
FMEA-PPS 1	Ancoragem das alvenarias na estrutura	Impedir desprendimento da alvenaria já executada	Estrutural	Estrutural e levantamento de alvenarias	Contínuo	Temporário
FMEA-PPS 1,2	Modular dimensões dos vãos de parede para evitar corte de blocos	Evitar contato com sílica livre	Arquitetônico	Marcação das alvenarias	Execução de alvenarias	Temporário/final
FMEA-PPS 2,3	Não especificar revestimento cerâmico em áreas de difícil acesso.	Prevenir quedas de altura	Arquitetônico	Alvenarias e estrutura	Contínuo	Temporário
FMEA-PPS 4	Prever ganchos nos painéis das formas que possibilitem sua ancoragem temporária para montagem	Não permitir que o painel se solte do local de trabalho	Formas	Execução dos painéis de formas	Montagem das formas	Temporário

**Figura 86 (continua): Relatório PISP para projeto**

Relatório PISP para projeto			Data: 12/11/2009			
Produto/processo: Empreendimento A			Data de Revisão: 25/11/2009			
Equipe:			Projetos avaliados: arquitetônico, estrutural, elétrico, formas			
Página: 02 de 05			Observações:			
Origem	Demanda	Justificativa	Projeto	Fase de implantação	Fase de utilização	Usuários favorecidos
FMEA-PPS 6	Instalar ganchos na parede oposta ao guarda-corpo da sacada que possibilitem a ancoragem do cinto de segurança	Fixação do cinto de segurança	Estrutural	Execução da estrutura de concreto	Alvenarias, revestimentos de argamassa, colocação de forro e manutenções	Temporário
FMEA-PPS 4	Contraventar os painéis de fundo das vigas durante a montagem.	Evitar deslocamento lateral da estrutura durante a montagem	Formas	Montagem das formas	Montagem das formas	Temporário
FMEA-PPS 4	Prever trechos menores para as armaduras	Reduzir o tamanho das armaduras para evitar contato com redes energizadas	Estrutural	Corte das armaduras	Montagem das armaduras	Temporário
FMEA-PPS 4	Prever ganchos nos painéis das formas que possibilite sua ancoragem temporária para montagem	Não permitir que o painel se solte do local de trabalho	Formas	Execução dos painéis de formas	Montagem e desmontagem das formas	Temporário
APR-PPS	Instalação de uma plataforma de trabalho junto aos reservatórios de água	Evitar andaimes improvisados	Arquitetônico	Instalação dos reservatórios	Limpeza e manutenção	Temporário/final
APR-PPS	Instalar ganchos imediatamente acima da abertura dos reservatórios	Permitir a utilização de cinto de segurança e içamento de materiais	Estrutural	Execução da laje de cobertura	Limpeza e manutenção	Temporário/final

**Figura 86 (continuação): Relatório PISP para projeto**

Relatório PISP para projeto			Data: 12/11/2009			
Produto/processo: Empreendimento A			Data de Revisão: 25/11/2009			
Equipe:			Projetos avaliados: arquitetônico, estrutural, elétrico, formas			
Página: 03 de 05			Observações:			
Origem	Demanda	Justificativa	Projeto	Fase de implantação	Fase de utilização	Usuários favorecidos
FMEA-PPS 5	Projetar escadas permanentes para acesso à cobertura	Evitar acessos improvisados	Arquitetônico	Estrutura	Execução das tesouras, telhamento e manutenção.	Temporário/final
FMEA-PPS 5	Prever bordas de calhas e rufos dobradas	Eliminar partes cortantes	Projeto hidrossanitário	Corte e dobra de calhas e rufos	Instalação e manutenção de calhas e rufos	Temporário
APR-PPS	Instalar pontos de iluminação na cobertura	Iluminação de área comum	Elétrico	Instalação elétrica	Manutenções de emergência	Temporário/final
APR-PPS	Prever pontos de água e energia que atendam as áreas comuns do edifício	Evitar improvisos e grandes extensões de mangueiras e cabos de energia	Arquitetônico /Hidráulico/Elétrico	Instalações prediais	Limpeza e manutenção	Temporário/final
APR-PPS	Especificar janelas que possam ser instaladas e limpas pelo interior ou que possam ser retiradas para limpeza	Evitar exposição ao risco de queda em altura	Arquitetônico	Instalação de aberturas	Instalação, limpeza e manutenção	Temporário/final
APR-PPS	Prever pontos de ancoragem nas fachadas próximos a áreas envidraçadas	Fixação de andaimes, cabos-guia	Arquitetônico /Estrutural	Execução da estrutura	Limpeza e manutenção	Temporário/final
APR-PPS	Instalar estrutura para apoiar escadas quando registros e pontos de inspeção se localizarem em altura elevada	Instalação segura de escadas de mão	Arquitetônico/ Hidráulico	Execução da estrutura e alvenaria	Instalação e manutenção hidro/sanitária	Temporário/final

**Figura 86 (continuação): Relatório PISP para projeto**

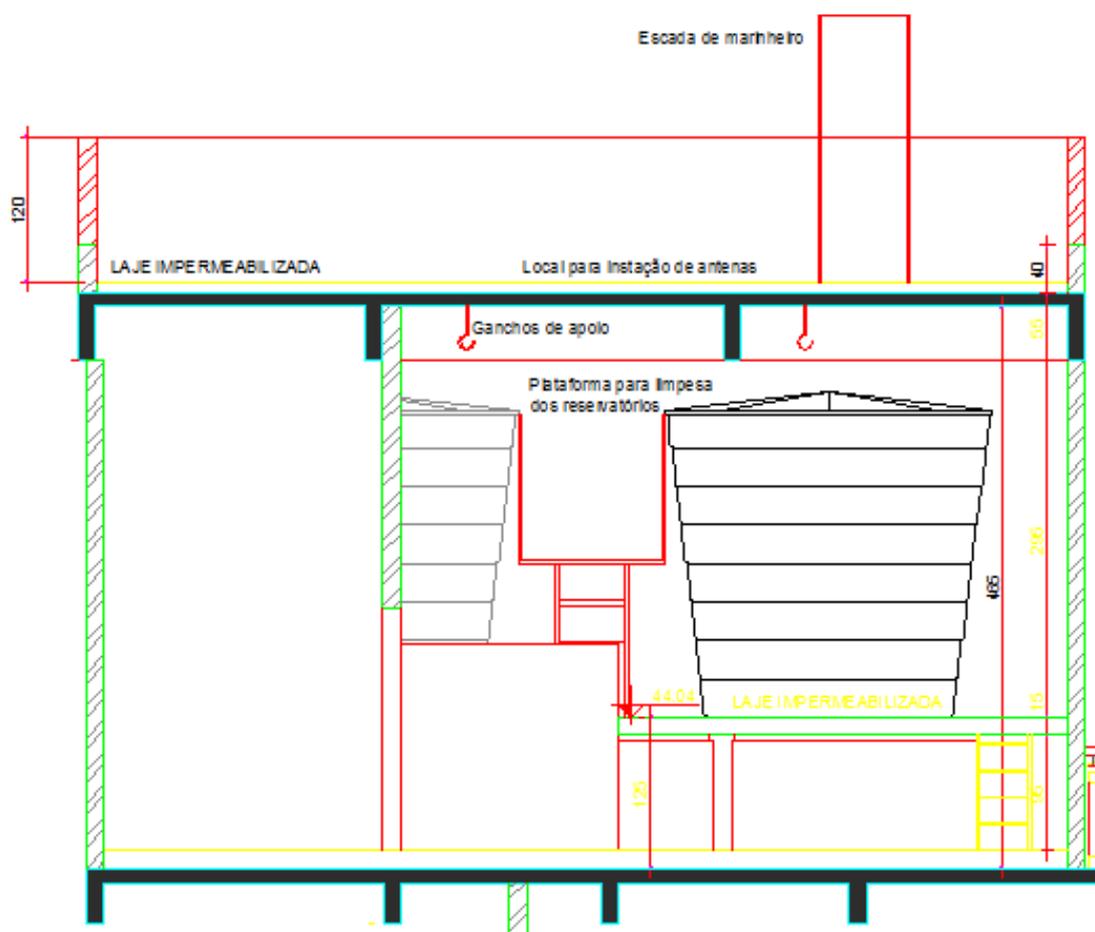
Relatório PISP para projeto			Data: 12/11/2009			
Produto/processo: Empreendimento A			Data de Revisão: 25/11/2009			
Equipe:			Projetos avaliados: arquitetônico, estrutural, elétrico, formas			
Página: 04 de 05			Observações:			
Origem	Demanda	Justificativa	Projeto	Fase de implantação	Fase de utilização	Usuários favorecidos
APR-PPS	Especificar na tubulação o sentido do fluxo, origem e destino.	Queda de pessoas; esforço físico na manutenção hidro/sanitária	Hidráulico/sanitário /Estrutural	Execução das instalações hidráulicas	Manutenção hidro/sanitária	Temporário/final
APR-PPS	Especificar nos quadros de distribuição todos os circuitos e criar circuitos auxiliares somente para manutenção	Evitar choque elétrico	Elétrico	Execução das instalações elétricas	Instalação e manutenção de alarmes, antenas, para-raios, etc.	Temporário/final
APR-PPS	Determinar no último pavimento um local específico e protegido para instalação de antenas de TV	Evitar queda de pessoas	Arquitetônico	Execução do último pavimento	Instalação e manutenção de alarmes, antenas, para-raios, etc.	Temporário/final
APR-PPS	Projetar pontos de iluminação nas paredes em locais de pé-direito alto	Quedas e choque elétrico	Elétrico	Execução das instalações elétricas	Troca de lâmpadas	Temporário/final
APR-PPS	Aumentar a largura das soleiras das janelas e instalar gancho na verga superior para ancoragem de cinto de segurança.	Evitar queda de pessoas	Arquitetônico/ Estrutural	Alvenarias e estrutura	Limpeza de vidros	Temporário/final

**Figura 86 (continuação): Relatório PISP para projeto**

Relatório PISP para projeto			Data: 12/11/2009			
Produto/processo: Empreendimento A			Data de Revisão: 25/11/2009			
Equipe:			Projetos avaliados: arquitetônico, estrutural, elétrico, formas			
Página: 05 de 05			Observações:			
Origem	Demanda	Justificativa	Projeto	Fase de implantação	Fase de utilização	Usuários favorecidos
APR-PPS	Projetar consoles na caixa da escada que permitam apoiar plataformas para execução de revestimento e pintura.	Montar plataformas de trabalho niveladas e sem necessidade de escoramento	Arquitetônico e estrutural	Execução de estrutura	Revestimento, pintura e manutenção.	Temporário/final
APR-PPS	Projetar todos os parapeitos de áreas comuns com 1,20m de altura.	Evitar queda de pessoas.	Arquitetônico	Alvenarias e estrutura	Contínuo	Temporário
APR-PPS	Instalar porta de acesso ao poço de ventilação no nível do 1º Pav, eliminando escada de marinho.	Evitar queda de pessoas.	Arquitetônico	Alvenarias	Limpeza e manutenção	Temporário/final
			Média hierárquica inicial: <b>6</b>	Média hierárquica final: <b>2,88</b>		

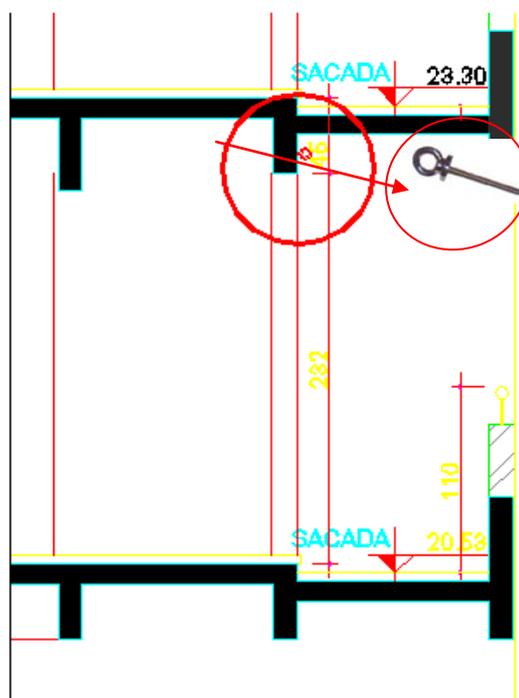
**Figura 86 (conclusão): Relatório PISP para projeto**

Alguns dos requisitos de SST apontaram necessidades de acesso aos reservatórios superiores de água e também às áreas de instalação de antenas de TV. As soluções de projeto para atender esses requisitos consistem na instalação de ganchos colocados imediatamente acima dos reservatórios, que permitem a fixação de trava-quedas, escadas e roldanas para içamento de materiais e equipamentos de manutenção. Também foram projetadas plataformas de trabalho que permitem o acesso aos reservatórios e o trabalho nas laterais dos mesmos. Sobre a laje dos reservatórios, foi delimitada uma área protegida por platibanda com 1,20m de altura e com escada fixa para acesso, destinada à instalação de antenas de TV e outros equipamentos associados (figura 87).



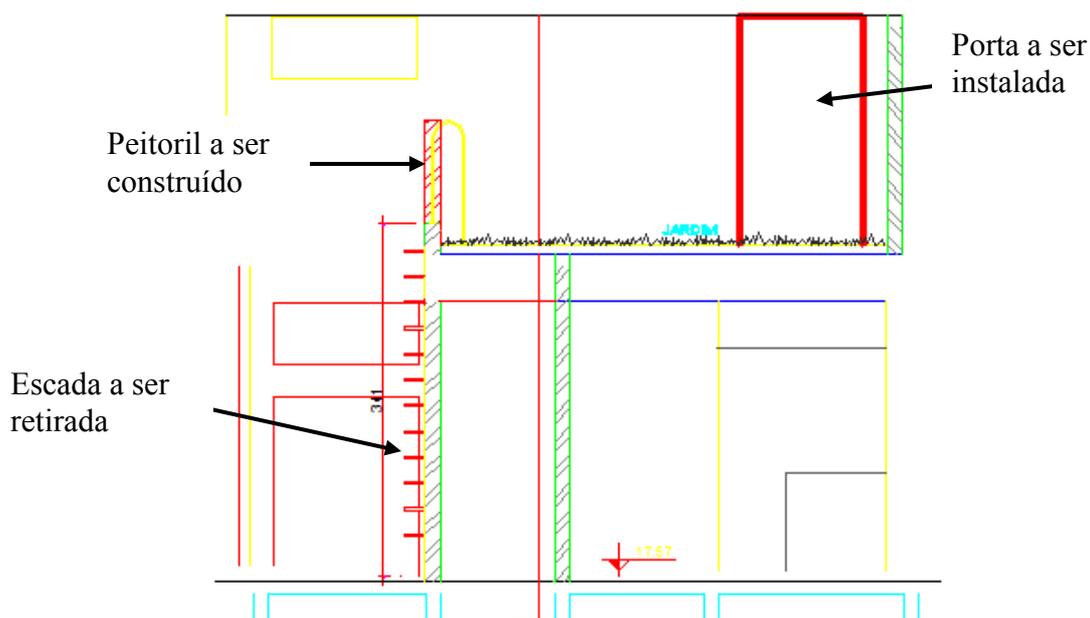
**Figura 87: Soluções para manutenção de reservatórios e instalação de antenas de Tv**

Na figura 88, estão representadas as soluções de projeto correspondentes ao requisito de permitir ancoragem do cinto de segurança, listado no formulário da FMEA-PPS nº 6 (apêndice B). Nesse caso, foram propostas ancoragens para a fixação do cinto de segurança, visando a execução do forro das sacadas, pintura e posterior manutenção das fachadas.



**Figura 88: Colocação de ganchos para a execução forros nas sacadas**

Ainda exemplificando o resultado do PPS, porém com impacto na segurança do usuário final, a figura 89 aponta as alterações necessárias para restringir o acesso ao poço de ventilação. O referido poço é localizado no hall do edifício e está junto a um jardim com função de *playground*, tornando-se um local natural de reunião dos usuários finais e visitantes. O projeto original permitia que pessoas não autorizadas, como crianças e visitantes, subissem pela escada de marinheiro no patamar do poço de ventilação, expondo-se ao risco de queda de altura (3,41m). Neste caso, a escada de marinheiro foi eliminada e substituída por uma porta controlada por chave, situada no patamar da escada de incêndio. Também foi projetado um peitoril em alvenaria com altura de 1,20m para proteção da área, em substituição a um guarda-corpo metálico previsto no projeto original. Dessa forma os usuários do jardim não têm acesso ao poço de ventilação.



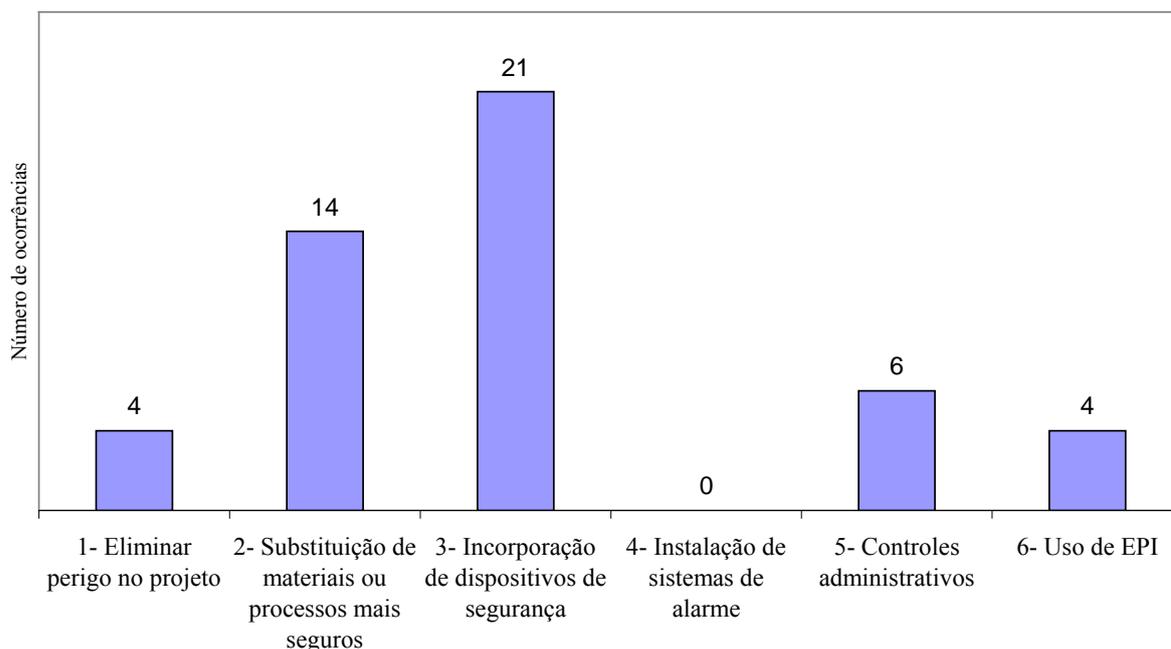
**Figura 89: PPS voltado para restrição de acesso às áreas de risco de queda de altura**

#### **6.1.4 Etapa 4 - Avaliação do PPS e registro do aprendizado**

A figura 90 ilustra a classificação da hierarquia de controle utilizada no PPS do Empreendimento A. Nota-se que a maioria das medidas adotadas está classificada na hierarquia 2 (adoção de processo ou material mais seguro) e 3 (incorporação de dispositivos de segurança). Apenas quatro riscos identificados serão controlados pelo uso de EPI, como pode ser observado na coluna 18 dos formulários da FMEA-PPS e na coluna de medidas de controle do formulário da APR-PPS.

Verificou-se também que o valor final poderia ser menor se o PISP fosse aplicado em uma fase mais inicial do PDP. De fato, algumas decisões (por exemplo, modulação dos vãos para reduzir corte de tijolos, substituição de revestimentos, aumento da largura das soleiras das janelas e, especificação de janelas que facilitem a limpeza) não puderam ser modificadas na fase de aplicação do protocolo. Tal conclusão é similar a obtida ou sugerida em estudos anteriores, tais como os de Churcher e Alvani-Starr (1999), Behn (2005) e Toole e Gambatese (2008), que defendem a integração da segurança do trabalho na fase inicial dos projetos.

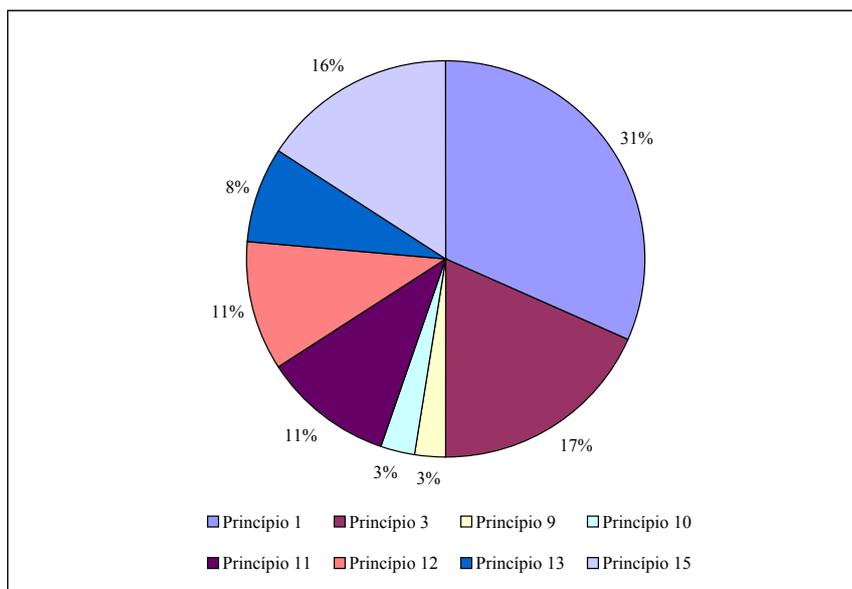
Cabe destacar que a adoção de medidas de PPS não dispensa do uso dos EPI obrigatórios, como capacetes, luvas, botinas e cintos de segurança, mas esses não serão as barreiras principais contra acidentes.



**Figura 90: Gráfico da hierarquia de controles adotados no Empreendimento A**

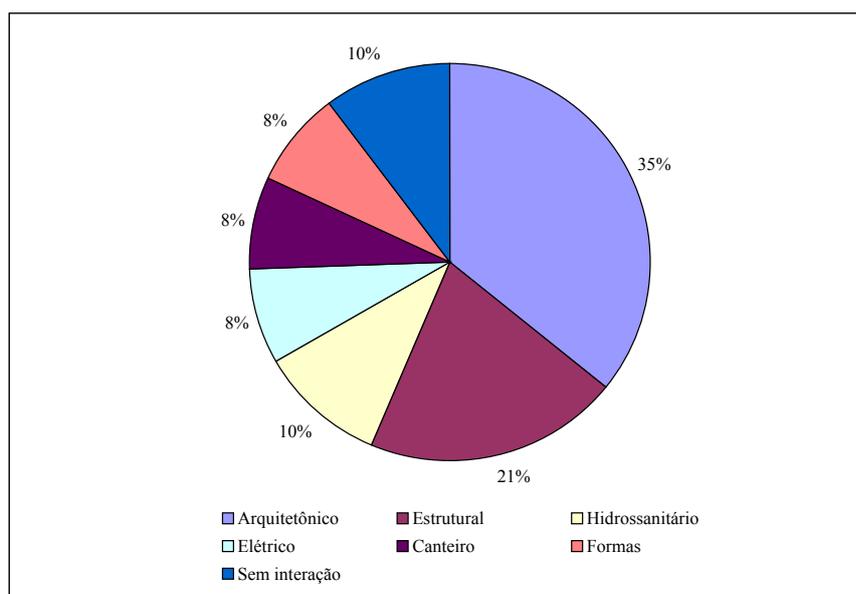
Em relação à avaliação do número de riscos controlados por medidas de PPS, verificou-se que através dos formulários da FMEA-PPS e da APR-PPS que a aplicação do PISP possibilitou o controle de 49 riscos, sendo 39 riscos controlados por medidas de PPS, identificados pela aplicação da FMEA-PPS e APR-PPS e avaliados na Etapa 02, dentre os quais se destacam os riscos de queda de altura, choque elétrico, queda de materiais e doenças ocupacionais, como dermatoses e silicoses.

Os 39 riscos controlados por medidas de PPS foram agrupados em 27 especificações de projeto detalhadas no relatório PISP para projeto, que seguiram os princípios de PPS identificados na literatura (item 2.4.3 – Princípios de PPS) e classificados na coluna 13 do formulário de segunda fase da FMEA-PPS. Dentre os princípios adotados nas medidas de PPS, destaca-se o princípio 1 (projetar para facilitar a instalação de proteção física para construção e manutenção) com 31% das medidas adotadas e o princípio 3 (projetar acesso para realização de tarefas de manutenção) com 17% das medidas projetadas sob esse princípio. No caso da solução adotada para evitar queda do trabalhador na execução e manutenção do telhado, foram aplicados o princípio 3 e 12, onde foi implantada linhas de vida permanentes e reduzida a inclinação do telhado, apontando a possibilidade de aplicar mais de um princípio para responder a um requisito de SST. A figura 91 representa os princípios utilizados no gerenciamento dos riscos do empreendimento A.



**Figura 91: Gráfico da aplicação dos princípios de PPS no Empreendimento A**

Em relação às alterações de projetos, que são geradas principalmente pela adoção dos princípios 1, 3 e 12, os projetos que mais sofreram alterações com as medidas de PPS foram o projeto arquitetônico (35 %) e o estrutural (21%), mostrando a importância da consideração da SST na elaboração desses, que também estão localizados na fase inicial da projeção do empreendimento. A figura 92 aponta os projetos que sofreram alterações com as medidas de PPS.



**Figura 92: Gráfico das disciplinas de projeto relacionadas às medidas de PPS no Empreendimento A**

Com menor representatividade, mas que merecem atenção, o gráfico da figura 92 aponta o projeto de formas e o projeto do canteiro, ambos com 8% de vinculação às medidas de PPS, mostrando que esses projetos merecem atenção dos projetistas e gerentes de obras, que geralmente não são valorizados no escopo do PDP dos empreendimentos. Como exemplo da incorporação de requisitos de SST ao projeto de formas, desta-se a colocação de ganchos nos painéis das formas que possibilite sua ancoragem temporária para montagem e desmontagem, já em relação ao projeto do canteiro de obras, verificou-se que o mesmo está associado à organização do trabalho e identificou-se a necessidade da delimitação de áreas para estocagem de materiais, áreas específicas para acesso aos andaimes, aplicação de 5S, dentre outras medidas.

A terceira atividade dessa etapa, que trata da avaliação da percepção dos usuários quanto ao PPS, não foi realizada porque a empresa não tinha compromisso de aplicar as medidas resultantes do PISP, uma vez que para os empreendimentos estudados os orçamentos já estavam definidos, como foi demonstrado no mapa do PDP (figura 80). No entanto, a equipe de projeto considerou que as medidas apontadas seriam de fácil adaptação para projetos futuros da empresa.

## 6.2 APLICAÇÃO DO PISP NO EMPREENDIMENTO B

### 6.2.1 Etapa 1 - identificação dos perigos relacionados ao PDP

A primeira atividade desta etapa (mapeamento do PDP) foi desenvolvida com base em 5 entrevistas envolvendo o gerente do projeto, arquitetos, engenheiros, fornecedores e representantes do proprietário.

O PDP do Empreendimento B iniciou em 26/06/2009 com o contato do cliente solicitando uma cotação da empresa para executar uma câmara frigorífica para estocagem de alimentos em uma cidade da região central do RS.

A partir do recebimento de uma solicitação de serviço, o departamento comercial agendou uma reunião com o possível cliente para identificar as características da obra a ser orçada e também as características do cliente. Assim, em 30/06/2009 a empresa recebeu as

informações referentes ao empreendimento e do cliente, que apresentou um projeto arquitetônico básico identificando as necessidades técnicas da obra.

Nessa fase, identifica-se a primeira oportunidade de integração dos requisitos de SST e também o primeiro perigo relacionado ao PDP. A empresa já no primeiro contato comercial com o cliente tem condições de oferecer um projeto com base no conceito de PPS e também consegue identificar se o cliente considera as condições de SST dos executores e futuros usuários do edifício como um diferencial de projeto.

Com base nas informações levantadas pelo departamento comercial, o empreendimento foi considerado pelo comitê comercial como interessante para a empresa, dando prosseguimento às negociações. Então, a equipe técnica de orçamento realizou uma visita no local da obra para levantamento das características do local e verificação de detalhes construtivos em 16/07/2009, para depois finalizar a proposta orçamentária.

A visita técnica é uma oportunidade de integrar os requisitos de SST ao projeto, pois possibilita a identificação de características do futuro ambiente de trabalho que interferirão na segurança dos usuários temporários, como necessidades de escavações, acesso aos postos de trabalho, distâncias de transporte de materiais e deslocamentos, dentre outras. No caso estudado, verificou-se que, junto com a equipe de orçamento, o responsável pela segurança do trabalho também deveria ter participado da visita para identificar os requisitos de SST inerentes ao local da obra, caracterizando-se nesse estudo uma condição latente organizacional.

Seguindo o fluxo do PDP, o departamento de orçamento elabora um orçamento da obra com base no projeto apresentado pelo cliente e na visita ao local da obra, esse orçamento é apresentado ao cliente para efetivação da proposta comercial. A apresentação da proposta ocorreu em 06/08/2010, quando o departamento comercial se reuniu com o representante do cliente para analisar a proposta e, na sequência, assinar o contrato comercial em 14/09/2010.

O terceiro ponto de integração de requisitos de SST foi identificado nessa atividade, uma vez que na discussão dos custos da obra alguns itens foram modificados, influenciando diretamente na segurança dos usuários temporários da edificação, como: a) modificação do projeto de cobertura, elevando a inclinação da mesma, o que dificulta a instalação e manutenção do telhado; b) eliminação da platibanda externa do telhado, item importante na segurança do usuário que trabalha na execução e manutenção de telhados.

Se o conceito de PPS fosse aplicado desde essa etapa, a empresa poderia apresentar uma proposta diferenciada ao cliente, considerando-se os requisitos de SST para a execução da obra e futuras manutenções do edifício, agregando vantagens à proposta comercial.

Ainda nessa atividade foi identificado outro perigo organizacional: a elaboração de orçamento com base no projeto básico, sem considerar os demais projetos. Essa situação ocorre em função do tempo e custo de elaboração dos demais projetos, e no caso da não aceitação da proposta a empresa perde esses recursos. Outra implicação é que, com o preço final definido em contrato e sem a elaboração de todos os projetos para manter o custo meta da obra, é possível que investimentos em SST sejam limitados.

A partir do contrato assinado é realizada uma reunião com os gerentes de áreas e fica estabelecido quem será o coordenador do projeto e o responsável pela execução da obra e, assim, iniciou-se a fase de elaboração dos projetos complementares. O departamento de planejamento e controle de produção juntamente com o de suprimentos fez a contratação desses projetos, que são gerenciados pelo coordenador de projetos e pelo engenheiro executor, sendo que o início da elaboração dos projetos foi em 21/09/2010.

Identificou-se nessa atividade do PDP mais um ponto de integração dos requisitos de SST, uma vez que, na contratação dos projetos, é possível estabelecer que os projetistas contratados desenvolvam seus projetos com base no conceito PPS, integrando os requisitos de SST a todos os projetos do empreendimento.

Na contratação dos projetos foram identificadas duas condições latentes da organização: a) o PCP define um prazo geral para elaboração dos projetos, não considerando a dependência entre os mesmos e o efeito de possíveis dificuldades na elaboração dos mesmos; e, b) os projetistas são contratados diretamente pelo departamento de suprimentos em função do custo e do prazo de entrega dos projetos, sem a participação do coordenador do empreendimento, aspecto que pode resultar em projetos deficientes em detalhamentos e posteriores dificuldades de planejamento e execução.

Com os projetos elaborados, compatibilizados e aprovados nos órgãos competentes, o PCP detalha o plano de execução da obra e encaminha para o responsável pela execução da obra dar início à construção (26/10/2010).

O fluxo do PDP do Empreendimento B seguiu com o gerenciamento da execução da obra com prazo de entrega programado para 22/02/2010. Dentre as atividades de responsabilidade do

engenheiro de produção está a coleta de informações para a elaboração do *as built* pelo coordenador do projeto.

A aplicação do PISP ocorreu no início de outubro de 2009 até dezembro de 2009, quando o empreendimento se encontrava na fase de elaboração dos projetos complementares, como o estrutural, cobertura, fundações, piso e de drenagem. As atividades de execução não foram acompanhadas porque a empresa não adotou as medidas de PPS em função do contrato estabelecido.

O mapa do PDP do Empreendimento B está representado graficamente na figura 83, que mostra as atividades desenvolvidas, suas interdependências e profissionais envolvidos, permitindo o entendimento do processo e sua melhoria.

Em relação a segunda atividade do PISP (definir decisões que influenciam na SST), foram identificadas as atividades que apresentaram condições de afetar a SST do usuário temporário ao longo do PDP (figura 93). As atividades consideradas influentes na SST estão destacadas em vermelho no mapa do PDP do empreendimento B (figura 94).

<b>Etapa/Atividade</b>	<b>Responsável</b>	<b>Como influenciou na SST</b>
Levantamento das necessidades do cliente	Dep. comercial	Poderia oferecer ao cliente o PPS
Visita ao local da obra	Dep. de orçamento	Identificou condições do ambiente de trabalho que podem dificultar a execução, influenciando na SST.
Elaboração do orçamento prévio	Dep. de orçamento	Não especificou itens do PPS já na fase inicial das negociações de preço.
Apresentação da proposta comercial	Dep. comercial	Na negociação de preço da obra fez cortes no orçamento da SST.
Elaboração de projetos complementares	Dep. de projetos	Determinou as características físicas do empreendimento.
Aprovação dos projetos pelo cliente	Dep. de projetos	Permitiu alterações nas características construtivas do empreendimento.
Gerência da obra	Eng. ° de produção	Garante a execução das medidas de PPS.

**Figura 93: Atividades que influenciaram na SST dos usuários do empreendimento B**

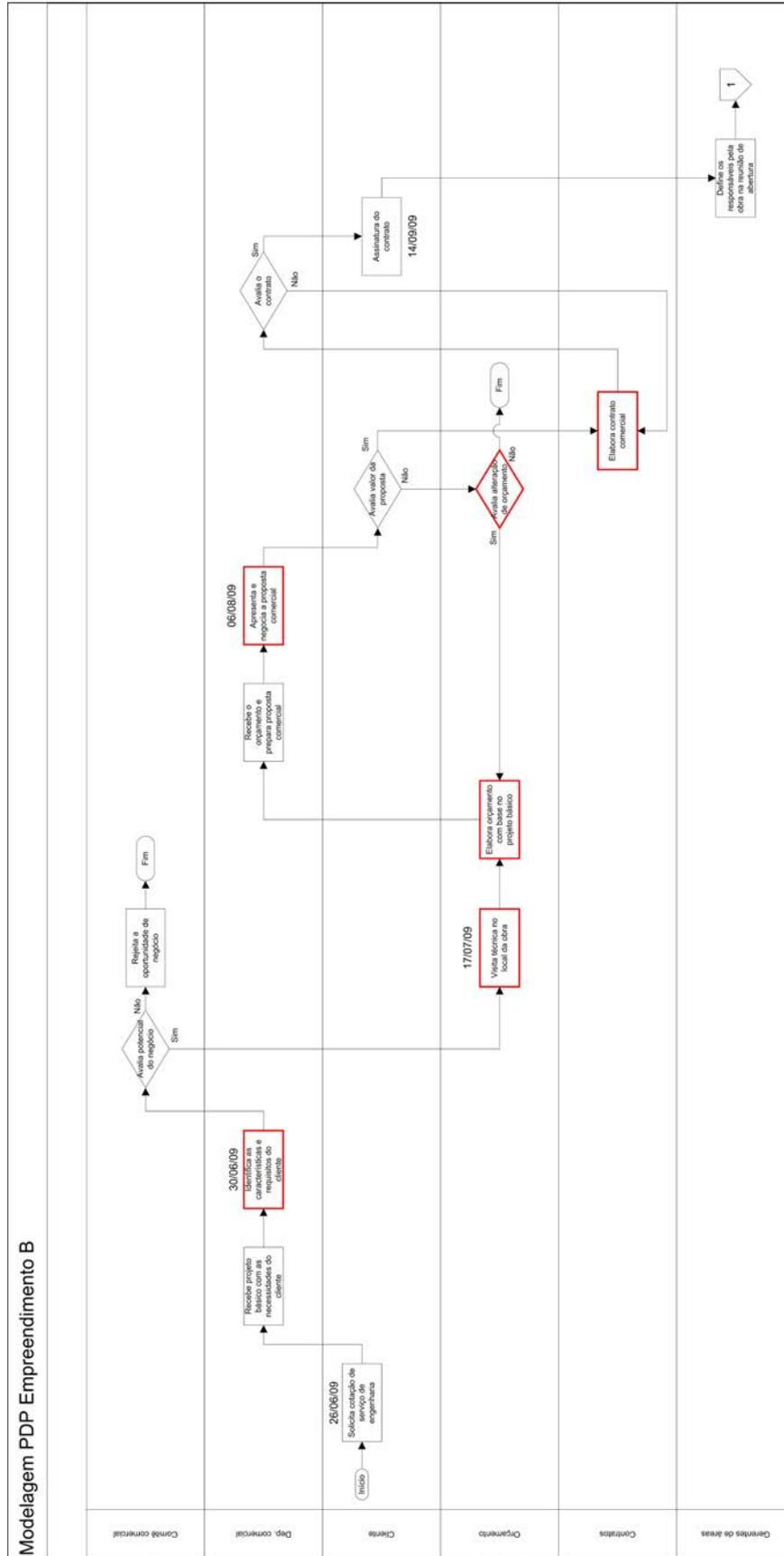


Figura 94 (continua): Mapa do PDP do Empreendimento B

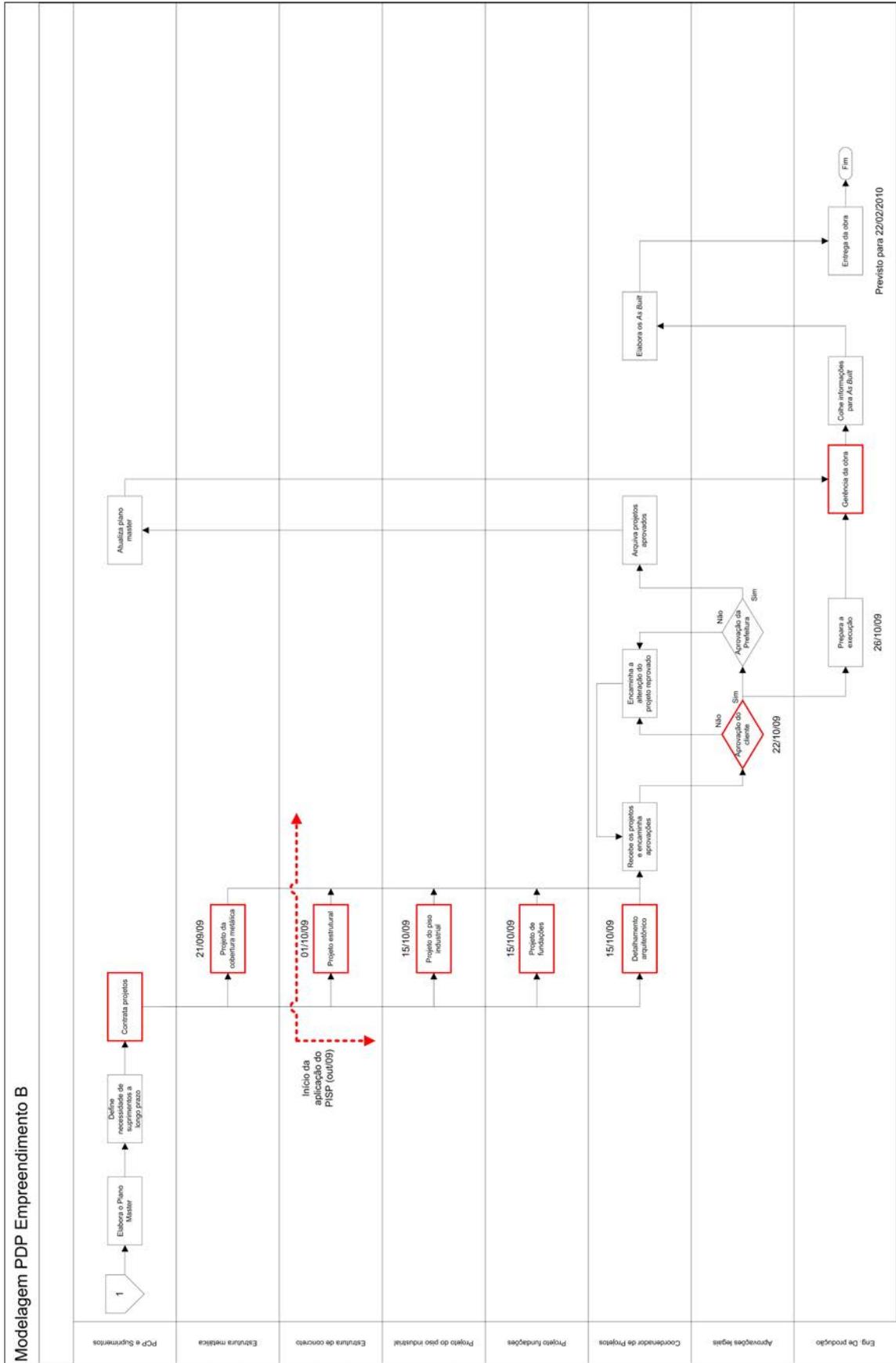


Figura 94 (conclusão): mapa do PDP do Empreendimento B

Por fim, a terceira atividade (identificar condições latentes organizacionais) da Etapa 01 do PISP tomando por base as entrevistas realizadas para o mapeamento do PDP apontou as seguintes condições (figura 95):

<b>Identificação de condições latentes</b>				
<b>Etapa do PDP</b>	<b>Decisão organizacional</b>	<b>Efeito (positivo ou negativo)</b>	<b>Usuário afetado</b>	<b>Ações</b>
Venda	O preço de venda é definido em contrato com base no projeto básico apresentando pelo cliente e n o custo estimado por m <sup>2</sup> de obras semelhantes já executadas, limitando os custos de produção em função do r etorno esperado.	Com um custo meta fixado em função de um contrato de venda, limita investimentos em PPS após a venda das unidades.	Usuário temporário e final	Fixar o custo meta em função das características finais do empreendimento e considerar uma margem de segurança para investimentos em PPS.
Planejamento	O planejamento de longo prazo (máster) considera o projeto como uma única atividade, não considera suas interdependências.	Encurta prazo de projeto e não prevê gargalos, comprometendo a qualidade de detalhamentos e desenvolvimento do PPS.	Temporário e final	O PCP deve desagregar a etapa de projeto nas suas várias disciplinas, com prazos específicos para cada uma.
Contratação de projetos	Os projetos são contratados pelo PCP e suprimentos, sem a interferência do coordenador do empreendimento.	Permite a contratação somente pelo custo, podendo resultar em projetos de baixa qualidade.	Usuário temporário e final	Considerar a opinião do coordenador do empreendimento e do gerente da obra na contratação do projeto.
Compras	Realiza avaliação de fornecedores de materiais, serviços e projetistas.	Permite contratar projetos que seguem o conceito PPS.	Usuário temporário e final	Contratar projetistas que desenvolvem projetos seguindo o conceito de PPS
Execução	Existem no quadro de funcionários dois engenheiros de segurança, mas não participam da fase de projeto do empreendimento.	Possibilidade de incorporar o conceito de PPS desde o início do PDP	Usuário temporário e final	Integrar os responsáveis pela SST ao PDP dos empreendimentos.

**Figura 95: Condições latentes do empreendimento B**

## 6.2.2 Etapa 2 - identificação de perigos e avaliação de riscos

Esse empreendimento foi projetado para ser executado com estrutura de pilares e vigas pré-fabricados, estrutura metálica para a cobertura e painéis externos e internos em material isolante térmico. Sendo assim, esses três componentes foram fornecidos por empresas terceirizadas, diminuindo a necessidade de mão-de-obra da empresa estudada, mas a mesma é responsável pelo gerenciamento da construção.

Com relação à primeira atividade desta etapa (identificação de perigos) foi possível verificar nos projetos arquitetônico e estrutural perigos que poderiam ser eliminados ou controlados pela aplicação do PISP, tais como: a) em função do prédio se destinar ao armazenamento de alimentos, o pé-direito do mesmo tem altura de 12 metros, gerando risco de queda dos trabalhadores durante a montagem da estrutura de concreto, estrutura da cobertura e colocação das telhas; b) risco de queda na instalação de calhas, rufos e espelhos na cobertura; c) falta de definição de área segura para acesso ao telhado, tanto para execução como para futuras manutenções; e, d) o tipo de fundação escolhido foi o de sapatas isoladas, necessitando grande volume de escavação manual e gerando risco de desmoronamento.

Depois de avaliar os projetos existentes e o quantitativo de serviços, fez-se uma lista das etapas que deveriam ser executadas e então foi desenvolvida a classificação das etapas prioritárias pelo cálculo da criticidade das etapas/atividades a serem executadas (tabela 3). O formulário com o cálculo da criticidade de cada etapa se encontra no apêndice F.

**Tabela 3: Determinação das etapas prioritárias**

<b>Atividade/Descrição</b>	<b>Índice de Criticidade</b>	<b>%</b>	<b>% AC</b>	<b>Ação</b>
Escavação das fundações (sapatas)	108	21,43	21,43	FMEA-PPS
Estrutura da cobertura	108	21,43	42,86	FMEA-PPS
Colocação de telhas	72	14,28	57,14	FMEA-PPS
Instalação de calhas, rufos e espelhos	48	9,52	66,66	FMEA-PPS
Concretagem das sapatas	48	9,52	76,18	APR-PPS
Concretagem das brocas	48	9,52	85,70	APR-PPS
Quebra de cabeças de estacas	36	7,14	92,84	APR-PPS
Armadura das sapatas	16	3,17	96,01	APR-PPS
Concreto pré-fabricado: montagem	8	1,60	97,61	APR-PPS
Armadura das estacas	8	1,60	99,21	APR-PPS
Estaca escavada (brocas)	4	0,79	100,00	APR-PPS
<b>Total</b>	<b>504</b>	<b>100,00</b>		

A soma total dos índices de criticidade das etapas escolhidas para aplicação da FMEA-PPS é de 66,66 %, valor mais próximo da meta de controle de 70 %. Cabe explicar que no caso desse empreendimento a estrutura pré-fabricada e os painéis de fechamento foram fornecidos por terceiros fazendo com que muitas atividades críticas não foram executadas pela empresa.

Já a decisão de escolher a instalação de calhas, rufos e beirais para ser avaliada pela FMEA-PPS foi tomada pelo fato de estar relacionado com o projeto e envolver o risco de queda de altura, já as atividades de concretagem das sapatas e b rocas (com o mesmo índice de criticidade da instalação de calhas) não podiam ser modificadas pelo projeto.

Na sequência, foi desenvolvida a primeira fase da FMEA-PPS (exemplo na figura 96). A partir das atividades consideradas críticas que representem aproximadamente 67% do total do índice de criticidade, que foram: execução das fundações, montagem da estrutura de cobertura, colocação das telhas, e instalação de calhas, rufos e espelhos.

Essa atividade seguiu com a aplicação do formulário da primeira fase da FMEA-PPS, onde foram estimadas as possíveis falhas capazes de gerar acidentes e seus efeitos, onde se calculou do número prioritário de risco para cada atividade e sua hierarquia de controle, e considerou-se a possibilidade de gerenciar os riscos prioritários (com o  $NPR \geq 125$ ) com medidas de PPS.

Na terceira atividade da etapa 2 foram analisadas as atividades das etapas consideradas não críticas, para os riscos com  $NPR < 125$  e para os que não puderam ser gerenciados pela aplicação de medidas de PPS, onde se avaliou riscos e definiram-se medidas de controle (figura 97).

Produto/processo: Execução de estrutura de cobertura e telhamento					FMEA-PPS nº: 01					
Equipe de FMEA-PPS:					Data:					
Líder da equipe:					Data de revisão:					
					Página 01 de 02					
FMEA-PPS										
Fase de avaliação de perigos e riscos										
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
Item	Operação	Potencial modo de falha	Potencial efeito da falha	Severidade	Causas potenciais	Probabilidade	Controle existente	Hierarquia do controle	Deteção	NPR
01	Montagem da estrutura de cobertura,	Queda de altura	Lesões	10	Esforço intenso	6	cinto se segurança	6	8	480
02		Choque elétrico	lesões graves e óbito	10	Contato da estrutura com rede elétrica	7	EPIs	6	8	560
03		Queda de materiais e equipamentos	Lesões	8	Organização do local de trabalho	10	tela de proteção?	6	8	640
04		Exposição à solda elétrica	Lesões graves e doenças ocupacionais	10	Exposição aos raios UV	7	Máscara, avental e luvas	6	6	420
05	Telhamento,	Queda de altura	Lesões e óbitos	10	Superfície lisa e inclinada	7	EPI	6	8	560
06			Lesões e óbitos	10	Material de difícil manuseio	5	EPI	6	8	400
07			Lesões e óbitos	10	Acesso inadequado	5	EPI	6	8	400
08		Queda de materiais e equipamentos	Lesões graves	8	Superfície lisa e inclinada	8	EPI	6	8	512

**Figura 96 (continua): Aplicação da FMEA-PPS no Empreendimento B**

Produto/processo: Execução de estrutura de cobertura e telhamento						FMEA-PPS nº: 01				
Equipe de FMEA-PPS:						Data:				
Líder da equipe:						Data de revisão:				
						Página 02 de 02				
<b>FMEA-PPS</b>										
<b>Fase de avaliação de perigos e riscos</b>										
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
Item	Operação	Potencial modo de falha	Potencial efeito da falha	Severidade	Causas potenciais	Probabilidade	Controle existente	Hierarquia do controle	Deteção	NPR
09		Queda de materiais e equipamentos	Lesões graves	8	Organização do trabalho	8	EPI	6	8	512
10		Cortes	lesões	7	Material cortante	8	EPI	6	8	448
11	Instalação de espelhos, calhas e rufos,	Queda de altura	Lesões graves e óbito	10	Acesso inadequado	7	EPI	6	8	560
12			Lesões graves e óbito	10	Superfície lisa e inclinada	7	EPI	6	8	560
13		Queda de materiais e equipamentos	Lesões graves	8	Superfície lisa e inclinada	7	EPI	6	8	448
14		Cortes	lesões	7	Manuseio de material cortante	8	EPI	6	8	448
							Hierarquia Média:	<b>6</b>	NPR inicial	<b>6948</b>

**Figura 96 (conclusão): Aplicação da FMEA-PPS no Empreendimento B**

<b>APR-PPS</b>				
Atividade	Riscos	Medidas de controle	Hierarquia de controle	Medidas de PPS
Abertura de poços e valas para fundações	Desmoronamento	Determinar área de depósito de materiais em distância segura em relação à borda	6	Não se relaciona com os projetos
		Escoramento de valas e poços	6	Não se relaciona com os projetos
		Cobertura com lona dos taludes em dias de chuva	6	Não se relaciona com os projetos
Execução de estaca perfurada	Choques mecânicos causados por máquinas	Restringir acesso ao local de trabalho da perfuratriz aos funcionários envolvidos,	6	Não se relaciona com os projetos.
		Sinalizar a área de atuação da máquina,	6	Não se relaciona com os projetos.
		Proteção de partes móveis	3	Exigir uso de proteção em partes móveis de máquinas.
	Queda de pessoas nos furos das estacas	Proteger os furos abertos e concretar assim que possível.	6	Não se relaciona com os projetos.
Corte e montagem de armaduras	Cortes e perfurações	Preferência por armadura já cortada de dobrada, uso de EPI	3	Optar pela compra de armadura cortada e dobrada.
	Queda sobre armadura	Proteção das armaduras	6	Não se relaciona com os projetos.
		Sinalização	6	Não se relaciona com os projetos.
Execução da estrutura de concreto pré-fabricado	Queda de objetos e materiais	Içar as peças somente com cabos e dispositivos revisados e que não permitam o deslizamento da peça;	6	Não se relaciona com os projetos.
		Demarcar área de movimentação e restringir acesso.	6	Não se relaciona com os projetos.
	Cortes e lesões em mãos e pés na montagem das peças	Aplicar treinamento, utilizar ferramentas adequadas, luvas, botinas com biqueira de aço.	5	Não se relaciona com os projetos.
	Lombalgias	Cuidados no transporte do concreto,	6	Não se relaciona com os projetos.
	Dermatoses causadas pelo contato com cimento.	Utilizar luvas e botas impermeáveis.	6	Não se relaciona com os projetos.

**Figura 97 (continua): Aplicação da ARP-PPS ao Empreendimento B**

APR-PPS				
Atividade	Riscos	Medidas de controle	Hierarquia de controle	Medidas de PPS
Concretagem de fundações	Cortes e perfurações pelo contato com ferragens	Uso de EPIs, proteção de ferragens	6	Não se relaciona com os projetos.
	Lombalgias	Cuidados no transporte do concreto,	6	Não se relaciona com os projetos.
	Dermatoses causadas pelo contato com cimento.	Utilizar luvas e botas impermeáveis.	6	Não se relaciona com os projetos.
Concretagem do piso	Lombalgias	Cuidados no transporte do concreto,	6	Não se relaciona com os projetos.
	Dermatoses causadas pelo contato com cimento.	Utilizar luvas e botas impermeáveis.	6	Não se relaciona com os projetos.
Montagem dos painéis de fechamento	Queda de materiais e pessoas	Ancoragem de andaimes e uso de cinto de segurança	3	Prever na estrutura de concreto e na estrutura de cobertura ganchos ou furos para colocação de cabos-guia e ancoragem de andaimes;
		Hierarquia Média	<b>5,52</b>	

**Figura 97 (conclusão): Aplicação da ARP-PPS ao Empreendimento B**

### **6.2.3 Etapa 3 – identificação de requisitos**

Com base na etapa anterior, foram priorizados os modos de falhas com NPR superior a 125 e que apresentem relação com algum dos projetos do edifício. Esses modos de falhas deram origem a requisitos de SST que devem ser incorporados ao projeto final do empreendimento, dando início a terceira etapa do PISP que trata da identificação de requisitos de SST.

Depois de definidos os requisitos de segurança, a equipe de FMEA-PPS desenvolveu a segunda atividade dessa etapa, que trata da tradução dos requisitos em soluções de projeto. Nessa fase cada solução de projeto foi testada em função da viabilidade técnica, econômica e dos objetivos do empreendimento, cada requisito validado foi transformado em uma medida para projeto. Já os requisitos que não puderam ser atendidos pelo PPS, terão os respectivos modos de falha controlados por medidas de segurança na execução da obra. Nessa atividade também se registrou a justificativa e o responsável por cada medida adotada, possibilitando a rastreabilidade de cada solução de PPS. No final da atividade, foi calculado o novo NPR para cada atividade crítica considerando-se a medida PPS adotada, determinando uma nova hierarquia de controle. Como exemplo, os resultados da etapa 3 para a atividade de execução da estrutura de cobertura, colocação de telhas e instalação de calhas, rufos e espelhos estão ilustrados na figura 98.

Com base nas medidas de PPS adotadas nessa etapa, para as atividades de execução da estrutura da cobertura, colocação das telhas e instalação de calhas, rufos e espelhos, foi calculada a hierarquia média de controle em 3,43 e o NPR final em 3127. A tabela 4 reproduz a compilação dos resultados obtidos pela execução das etapas 2 e 3 do PISP, permitindo comparar a projeção do efeito das medidas de PPS sobre o NPR e sobre a hierarquia de controle para as atividades críticas analisadas.

A tabela 4 mostra que se a empresa tivesse adotado as medidas de PPS, o NPR total cairia de 8772 pontos para 3127 pontos (reduzindo 35,6% a classificação de riscos), enquanto a hierarquia de controles assumiria o valor de 3,43 (melhoria de 42,8%) tornando o projeto mais voltado ao conceito de PPS.

Produto/ Processo: Execução da cobertura, telhamento e instalação de calhas e rufos							FMEA-PPS nº: 01					
Equipe de FMEA-PPS:							Data:					
							Data de revisão:					
Líder da equipe:							Página 01 de 04					
FMEA - PPS												
Fase de integração dos requisitos de segurança do trabalho ao produto												
	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)
Item	Requisito (s)	Justificativa	Princípio PPS aplicável	Projeto (s) relacionado (s)	Interação com fornecedor Sim ou Não?	Responsável e data de execução	Ação tomada	Hierarquia do controle	Severidade	Probabilidade	Deteção	NPR
01	Peças de fácil manuseio	Diminuir esforço físico	12	Estrutural	N	Eng. projetista	Reduzir tamanho das peças para transporte e montagem	2	10	6	3	180
02	Manter distância de redes elétricas	Evitar choque elétrico	12	Estrutural, arquitetônico	S	Eng. projetista/arquiteto	Reduzir tamanho das peças para transporte e montagem	2	10	6	3	180
03	Organizar o local de trabalho	Evitar desordem do ambiente de trabalho	15	Canteiro	N	Eng. de produção	Uso obrigatório de cinto de ferramentas; programas de treinamento.	6	8	7	6	336
04	Não utilizar solda	Eliminar exposição a raios UV	12	Estrutural	S	Projetista estrutural/ Eng.de produção	Utilizar ligações por parafusos	2	10	1	1	10

**Figura 98 (continua): Resultado da FMEA-PPS no Empreendimento B**

Produto/ Processo: Execução de estrutura de cobertura e telhamento						FMEA-PPS nº: 01						
Equipe de FMEA-PPS:						Data:						
Líder da equipe:						Data de revisão:						
						Página 02 de 04						
FMEA - PPS												
Fase de integração dos requisitos de segurança do trabalho ao produto												
	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)
Item	Requisito (s)	Justificativa	Princípio PPS aplicável	Projeto (s) relacionado (s)	Interação com fornecedor Sim ou Não?	Responsável e data de execução	Ação tomada	Hierarquia do controle	Severidade	Probabilidade	Deteção	NPR
05	Segurança na movimentação	Maior equilíbrio do trabalhador.	4,12	Arquitetônico	S	Arquiteto	Reduzir inclinação do telhado; Prever linhas de vida e passarelas permanentes.	2	10	5	3	150
06	Reduzir esforço de transporte	Peças de fácil manuseio.	12	Estrutura do telhado	S	Eng. projetista/ Eng. de produção	Telhas com furos em uma das extremidades para inserção de ganchos	2	10	5	3	150
07	Facilitar acesso ao local de trabalho	Evitar acessos improvisados	3	Arquitetônico	N	Arquiteto	Projetar escadas permanentes para acesso ao telhado	3	10	5	3	150
08	Segurança na movimentação	Maior equilíbrio do trabalhador	4	Arquitetônico	N	Eng. projetista	Prever linhas de vida e passarelas permanentes	3	8	5	3	120

Figura 98 (continuação): Resultado da FMEA-PPS no Empreendimento B

Produto/ Processo: Execução de estrutura de cobertura e telhamento							FMEA-PPS nº: 01					
Equipe de FMEA-PPS:							Data:					
Líder da equipe:							Data de revisão:					
							Página 03 de 04					
FMEA - PPS												
Fase de integração dos requisitos de segurança do trabalho ao produto												
	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)
Item	Requisito (s)	Justificativa	Princípio PPS aplicável	Projeto (s) relacionado (s)	Interação com fornecedor Sim ou Não?	Responsável e data de execução	Ação tomada	Hierarquia do controle	Severidade	Probabilidade	Deteção	NPR
09	Organizar o trabalho	evitar desordem do ambiente de trabalho	15	Canteiro	N	Eng. de produção	Uso obrigatório de cinto de ferramentas; programas de treinamento.	5	8	8	6	384
10	Evitar contato bordas cortantes	Minimizar risco de cortes	12	Estrutura do telhado	S	Eng. projetista/ Eng. de produção	Telhas com furos em uma das extremidades para inserção de ganchos	2	7	5	3	105
11	Facilitar acesso ao local de trabalho	Evitar acessos improvisados	3	Arquitetônico	N	Eng. de produção	Projetar escadas permanentes para acesso ao telhado	2	10	5	3	150

**Figura 98 (continuação): Resultado da FMEA-PPS no Empreendimento B**

Produto/ Processo: Execução de estrutura de cobertura e telhamento							FMEA-PPS nº: 01					
Equipe de FMEA-PPS:							Data:					
							Data de revisão:					
Líder da equipe:							Página 04 de 04					
FMEA - PPS												
Fase de integração dos requisitos de segurança do trabalho ao produto												
	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)
Item	Requisito (s)	Justificativa	Princípio PPS aplicável	Projeto (s) relacionado (s)	Interação com fornecedor Sim ou Não?	Responsável e data de execução	Ação tomada	Hierarquia do controle	Severidade	Probabilidade	Deteção	NPR
12	Segurança na movimentação	Maior equilíbrio do trabalhador	4,12	Arquitetônico	N	Arquiteto	Reduzir inclinação do telhado; prever linhas de vida e passarelas permanentes.	2	10	5	3	150
13	Organizar o trabalho	Evitar desordem do ambiente de trabalho	15	Canteiro	N	Eng. de produção	Uso obrigatório de cinto de ferramentas; programas de treinamento.	5	7	8	6	336
14	Evitar bordas cortantes	Eliminar partes cortantes	9	Projeto hidrossanitário	S	Eng. projetista	Prever bordas das peças dobradas.	2	7	5	3	105
							Hierarquia Média	<b>2,87</b>	NPR Resultante			<b>2626</b>

**Figura 98 (conclusão): Resultado da FMEA-PPS no Empreendimento B**

**Tabela 4: Resumo da aplicação das etapas 2 e 3 do PISP no Empreendimento B**

Etapa/Atividade	NPR (total)		Hierarquia média de controle	
	FMEA-PPS 1ª fase	FMEA-PPS 2ª fase	FMEA-PPS 1ª fase	FMEA-PPS 2ª fase
Execução das fundações	1824	501	6	4
Execução da estrutura de cobertura e colocação das telhas (telhamento)	6948	2626	6	2,87
<b>Total</b>	<b>8772</b>	<b>3127</b>	<b>6</b>	<b>3,43</b>

A terceira atividade da Etapa 3 é a elaboração de um relatório, em que as medidas de PPS definidas na etapa anterior são compiladas em um único documento e assim encaminhadas para os responsáveis pela elaboração e compatibilização de projetos, orçamentos e cronogramas. Se a empresa adotasse as medidas de PPS, essas seriam integradas aos projetos executivos da obra, como arquitetônico, estrutural, elétrico, hidráulico e todos os relacionados com os modos de falha que serão controlados pelo conceito PPS.

Monitorar a evolução do PDP é a quarta atividade dessa etapa, que tem como objetivo identificar decisões de PDP que podem alterar os projetos, influenciando as condições de SST já avaliadas pelo PISP. Durante a aplicação do PISP no Empreendimento B não ocorreu nenhuma alteração nos projetos que afetassem as medidas estabelecidas anteriormente. Assim o relatório PISP para projeto não sofreu alteração e se manteve como o apresentado na figura 99.

Com base no relatório PISP, as medidas de PPS foram detalhadas por meio de desenhos e memoriais descritivos. Algumas medidas, devem ser calculadas e detalhadas conforme o dimensionamento. Nesse trabalho não foi dimensionada nenhuma dessas estruturas, de modo que as figuras 100, 101 e 102 são ilustrativas.

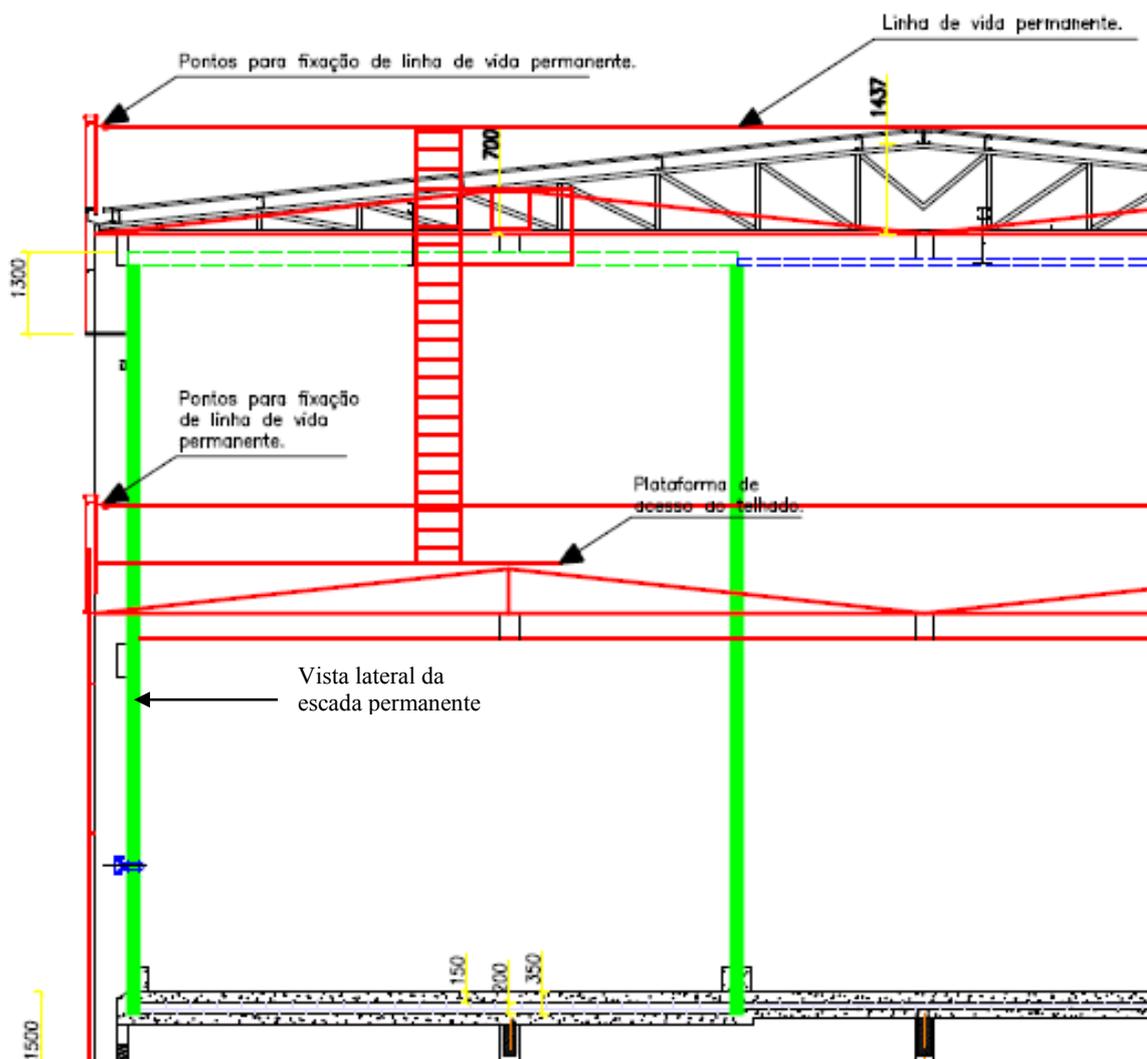
Na figura 100 estão representadas as traduções dos requisitos de SST em soluções de projeto para a execução da estrutura da cobertura, colocação das telhas, calhas, rufos, espelhos e também futuras manutenções do telhado. Uma vez que o projeto original não previu pontos adequados para a fixação do cinto de segurança do trabalhador, foi projetado linhas de vida permanentes, escadas e plataformas permanentes para acesso ao telhado, permitindo que o usuário temporário realize as atividades de execução e manutenção com maior segurança.

Relatório PISP para projeto			Data: 12/11/2009			
Produto/processo: Empreendimento B			Data de Revisão: 25/11/2009			
Equipe:			Projetos avaliados: arquitetônico, estrutural, elétrico, formas			
Página: 01 de 02			Observações:			
Origem	Demanda	Justificativa	Projeto	Fase de implantação	Fase de utilização	Usuários favorecidos
FMEA-PPS 2	Adotar estacas escavadas para as fundações mais profundas	Reduzir volume de escavação	Fundações	Fundações	Fundações	Temporário
FMEA-PPS 1	Reduzir tamanho das peças das tesouras para transporte e montagem	Diminuir esforço físico e evitar choque elétrico	Estrutural	Corte das chapas	Montagem das tesouras	Temporário
FMEA-PPS 1	Utilizar ligações por parafusos nas tesouras	Eliminar exposição a raios UV	Estrutural	Corte das chapas	Montagem das tesouras	Temporário
FMEA-PPS 1	Reduzir inclinação ou altura do telhado	Reduzir probabilidade de escorregamento de pessoas e materiais	Arquitetônico	Montagem das tesouras	Telhamento, instalação de calhas e manutenção	Temporário
FMEA-PPS 1	Telhas com furos em uma das extremidades para inserção de ganchos	Facilitar o manuseio das peças	Projeto de cobertura	Compra de materiais	Telhamento	Temporário
FMEA-PPS 1	Projetar escadas permanentes para acesso ao telhado	Evitar acessos improvisados	Arquitetônico	Execução da estrutura	Montagem da cobertura, telhamento, instalação de calhas e manutenção	Temporário
FMEA-PPS 1	Prever linhas de vida e passarelas permanentes	Maior equilíbrio do trabalhador	Estrutural	Execução da estrutura e das tesouras	Montagem da cobertura, telhamento, instalação de calhas e manutenção	Temporário
FMEA-PPS 1	Prever bordas de calhas e rufos dobradas	Eliminar partes cortantes	Projeto hidro/sanitário	Corte e dobra das calhas e rufos	Instalação e manutenção de calhas e rufos	Temporário

**Figura 99 (continua): Relatório PISP para projeto do Empreendimento B**

Relatório PISP para projeto			Data: 12/11/2009			
Produto/processo: Empreendimento B			Data de Revisão: 25/11/2009			
Equipe:			Projetos avaliados: arquitetônico, estrutural, elétrico, formas			
Página: 02 de 02			Observações:			
Origem	Demanda	Justificativa	Projeto	Fase de implantação	Fase de utilização	Usuários favorecidos
APR	Especificar armadura cortada e dobrada	Cortes e perfurações	Estrutural	Compra de materiais	Execução de estruturas de concreto armado	Temporário
APR	Prever na estrutura de concreto e na estrutura de cobertura ganchos ou furos para colocação de cabos-guia e ancoragem de andaimes	Queda de materiais e pessoas	Estrutural	Execução da estrutura de concreto e metálica	Ancoragem de andaimes e uso de cinto de segurança na montagem dos painéis	Temporário
APR	Reforçar estrutura do telhado próximo à cumeeira e calhas, reforçar linhas perpendiculares e demarcar com tinta as telhas que suportam maior carga.	Determinar área de movimentação sobre o telhado	Estrutural	Execução da estrutura do telhado	Instalação de calhas e rufos; instalações e manutenções no telhado	Temporário

**Figura 99 (conclusão): Relatório PISP para projeto do Empreendimento B**



**Figura 100: Soluções PPS voltadas para manutenção dos telhados**

Outra solução de PPS para o projeto do Empreendimento B foi reduzir a inclinação da cobertura, diminuindo a altura das tesouras e com isso seu peso e dimensão (figura 101). Dessa forma é possível executar peças menores para serem transportadas e montadas com parafusos em substituição da solda elétrica, reduzindo o esforço físico dos trabalhadores e a exposição à radiação ultravioleta. Também foi projetada a colocação de platibandas para criar uma proteção contra queda nas atividades de manutenção do telhado.

Devido ao pé-direito elevado, o acesso ao forro e ao telhado ficou dificultado no projeto original. A solução de PPS adotada foi a instalação de escada definitiva do tipo marinho para acesso a essas áreas (figura 102).

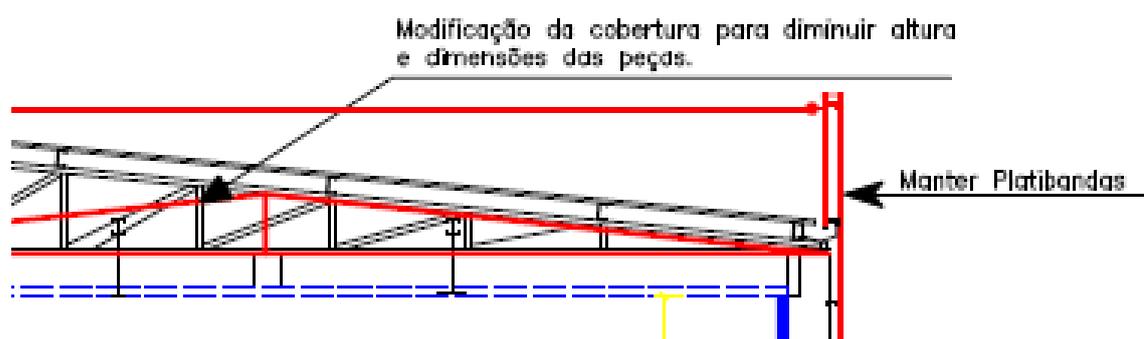


Figura 101: Soluções PPS para execução e manutenção do telhado

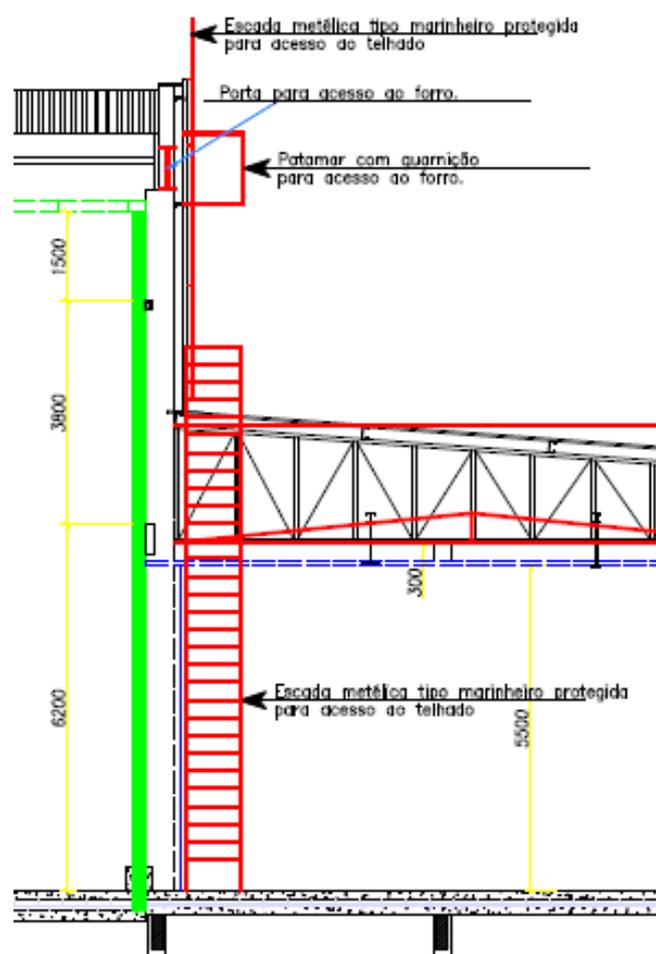
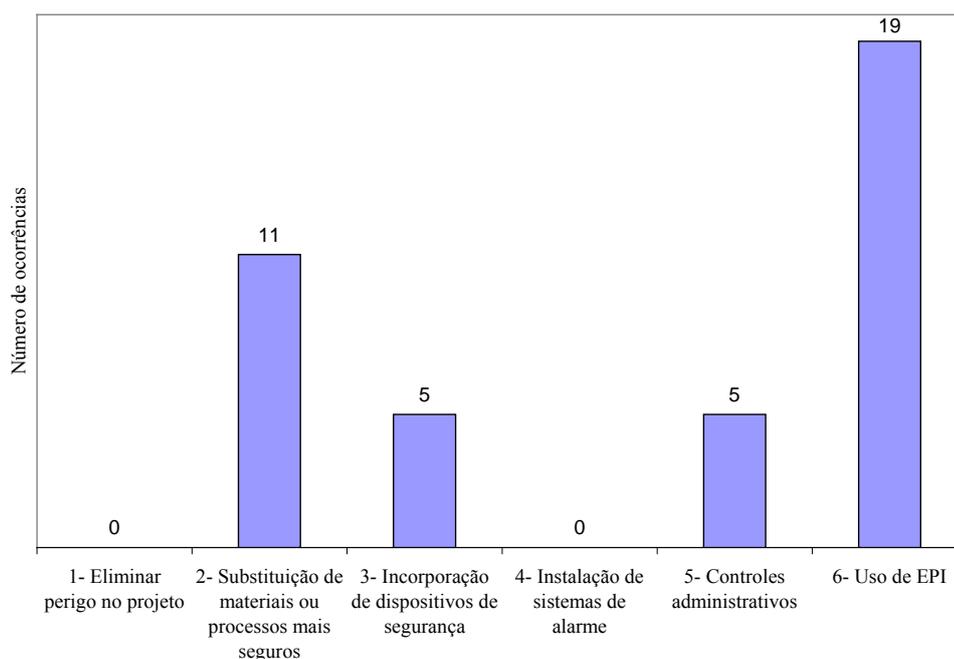


Figura 102: Solução de PPS para definição de áreas de acesso ao forro e ao telhado por escada fixa

### 6.2.4 Etapa 4 - avaliação do PPS e registro do aprendizado

Com base na determinação da hierarquia média de controle foi possível verificar que após a aplicação do PISP o projeto original, que apresentava uma hierarquia média de 6 pontos, passou para o valor final de 3,43 pontos, tornando-se mais voltado ao conceito PPS (quanto mais próximo de 1, maior é o alinhamento com o conceito de PPS), o gráfico da figura 103 mostra a classificação da hierarquia de controle adotada no PPS do Empreendimento B, onde a maior parte das medidas de PPS são relativas a adoção de processos ou materiais mais seguros (11), incorporação de dispositivos de segurança (5) e adoção de controles administrativos (5). Na aplicação do PISP no empreendimento B, 19 riscos identificados (47%) serão controlados somente pela adoção de EPI (hierarquia 6). Um valor elevado em relação ao resultado do protocolo no empreendimento A (8%), mas justificado pela diferença de fases construtivas em que se encontravam os empreendimentos quando da aplicação do PISP. O empreendimento B estava na fase inicial de execução, envolvendo serviços como escavação e aterro, que não permitiam alterações de projetos, já o Empreendimento A se encontrava em fase de acabamento, mais flexível à adoção de medidas voltadas ao conceito de PPS. No entanto, em ambos os casos, foram decisões tomadas no início do PDP (determinação de prazo de entrega e preço de venda) que dificultaram a adoção de medidas de PPS.

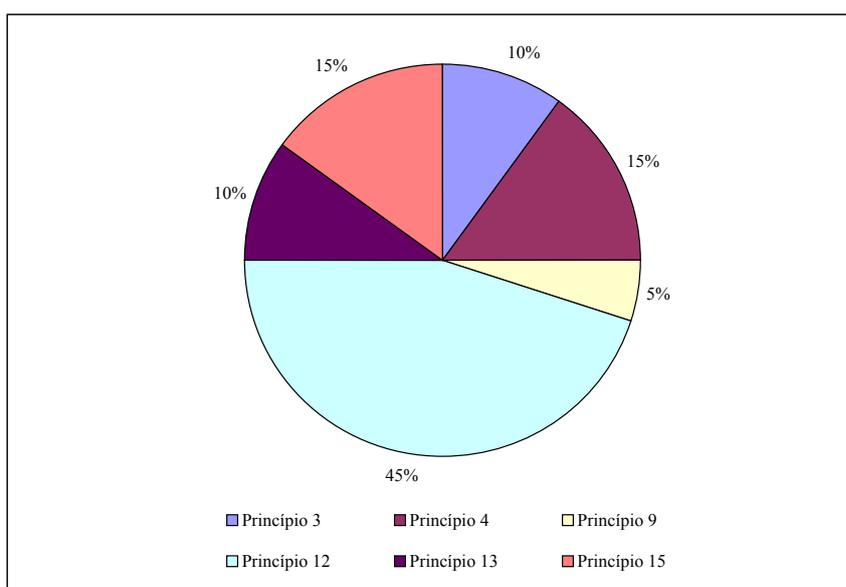


**Figura 103: Gráfico da hierarquia de controle adotado no Empreendimento B**

Verificou-se, da mesma forma que o estudo sobre o empreendimento A, que o valor final da hierarquia de controle poderia ser menor se o PISP fosse aplicado em uma fase mais inicial do PDP, uma vez que algumas decisões não puderam ser modificadas na fase de aplicação do protocolo (por exemplo, manter o projeto original da platibanda, reduzir a inclinação do telhado e, instalar plataformas de acesso ao telhado), corroborando a tese de que quando o PPS é aplicado desde o início do PDP as medidas de controle de risco serão mais eficientes.

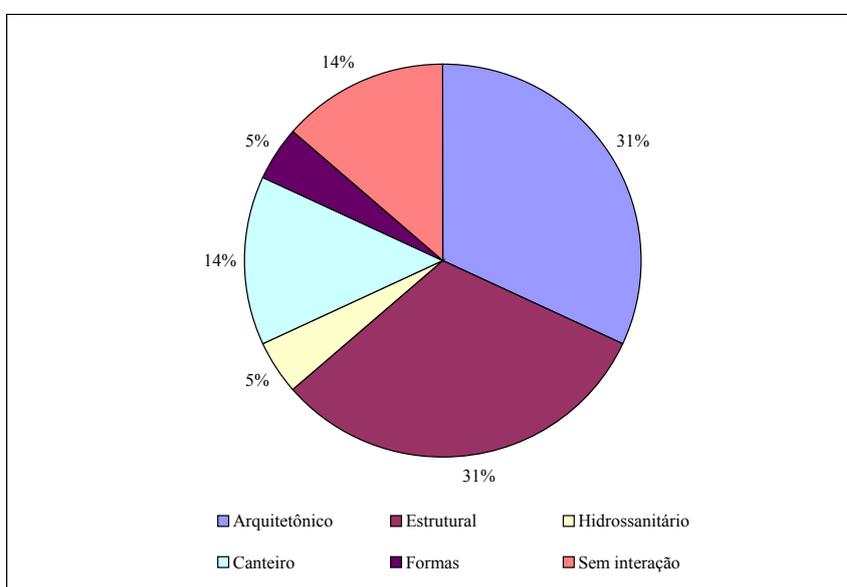
Em relação a avaliação do número de riscos controlados por medidas de PPS, verificou-se o controle de 21 riscos por medidas de PPS sobre 40 avaliados na Etapa 02 (FMEA-PPS e APR-PPS), dentre os quais se destacam os riscos de queda de altura, choque elétrico, queda de materiais e exposição a radiações não ionizantes.

Os 21 riscos controlados por medidas de PPS foram agrupados em 11 especificações de projeto, que seguiram os princípios de PPS identificados na literatura (item 2.4.3 – Princípios de PPS) e classificados na coluna 13 do formulário de segunda fase da FMEA-PPS. Dentre os princípios adotados para projetar as medidas de PPS, destaca-se o princípio 12 (projetar a eliminação de perigos ou a minimização de riscos por meio da seleção de processos ou atividades envolvidas) com 45% das medidas adotadas, o princípio 3 (projetar acesso para realização de tarefas de manutenção) com 15% e o princípio 4 (projetar elementos construtivos que substituam os elementos de proteção provisórios) com 15% das medidas projetadas sob esse princípio. O gráfico da figura 104 representa os princípios utilizados no gerenciamento dos riscos do empreendimento B.



**Figura 104: Gráfico da aplicação dos princípios de PPS no Empreendimento B**

Em relação às alterações de projetos, que são geradas principalmente pela adoção dos princípios 3, 4 e 12, os projetos que receberam mais modificações para integração dos requisitos de SST foram os projetos arquitetônico e estrutural, ambos com 31% de participação, mostrando a importância da consideração da SST na elaboração desses, que também estão localizados na fase inicial da projeção do empreendimento. Da mesma forma que na aplicação do PISP no empreendimento A, algumas soluções de PPS foram concebidas com base em mais de um princípio PPS, como por exemplo: a redução da inclinação do telhado (princípio 12) juntamente com a implantação de platibandas com 1,20m de altura para favorecer a segurança nas atividades de manutenção do telhado (princípio 4). A figura 105 aponta os projetos relacionados com as medidas de PPS.



**Figura 105: Gráfico das disciplinas de projeto relacionadas às medidas de PPS no Empreendimento B**

A terceira atividade dessa etapa que trata da avaliação da percepção dos usuários quanto ao PPS não foi realizada porque a empresa que colaborou com o estudo não tinha compromisso de aplicar as medidas resultantes do PISP, uma vez que para os empreendimentos estudados os orçamentos já estavam definidos, como foi demonstrado no mapa do PDP (figura 94). No entanto, a equipe de projeto considerou que todas as medidas apontadas seriam de fácil adaptação para projetos futuros da empresa.

Já o cliente se mostrou interessado no conceito de PPS, principalmente sob o foco de futuras manutenções de telhados, uma vez que suas instalações atuais apresentam patologias frequentes nesses locais, apontando uma oportunidade para em novos contratos entre as empresas já utilizarem algumas medidas desse trabalho.

### 6.3 AVALIAÇÃO DA APLICAÇÃO DO PISP

Seguindo o método proposto no item 3.4.6 – Avaliação do estudo empírico, os dados relativos ao tempo utilizado para o desenvolvimento do estudo na empresa e apresentação dos resultados para os dois empreendimentos foram levantados a partir da cronometragem das reuniões e das datas de início e término do estudo. Já os dados relativos ao número de riscos avaliados e requisitos de SST elicitados, foram computados através da análise dos formulários de APR-PPS e FMEA-PPS aplicados nos empreendimentos A e B. A Figura 106 apresenta os critérios de avaliação e os respectivos resultados.

<b>Critério</b>	<b>Subcritérios</b>	<b>Descrição</b>	<b>Forma de avaliar</b>	<b>Resultado</b>
<b>Facilidade de aplicação</b>	Tempo despendido na aplicação	Avalia o tempo total dedicado na aplicação do protocolo	Controle do tempo em dias	40 dias
	Tempo despendido pelo cliente	Avalia o tempo despendido pela empresa	Controle do tempo em horas	11h:15
	Tempo necessário para resposta	Avalia o tempo despendido a partir do levantamento dos dados até a entrega do projeto PISP	Controle do tempo em dias	15 dias
<b>Utilidade do protocolo</b>	Número de requisitos identificados	Mede o número de requisitos de segurança identificados no processo.	Avaliação pelo formulário da FMEA	89
	Número de requisitos atendidos no projeto PISP	Mede o número de Requisitos atendidos pelo projeto PISP	Avaliação pelo formulário da FMEA	60
	Número de perigos eliminados	Mede o número de perigos eliminados pelo projeto PISP	Avaliação pelo formulário da FMEA	4
	Número de perigos minimizados	Mede o número de perigos minimizados pelo projeto PISP	Avaliação pelo formulário da FMEA	56
	Impacto nos demais projetos	Avalia o grau de impacto gerado sobre os demais projetos.	Entrevistas com os demais projetistas envolvidos	Considerado baixo impacto nos projetos e fácil de implantar

**Figura 106: Avaliação da aplicação do protocolo nos empreendimentos A e B**

Em relação à utilidade do protocolo, o avaliador considerou que as medidas resultantes do PISP foram adequadas aos empreendimentos, onde as modificações sugeridas não implicam em dificuldades de execução, declarou também que considerou as medidas cabíveis, mas o motivo da não implantação das medidas é a definição do cronograma de projeto e execução do empreendimento B e o preço de venda já definido no empreendimento A.

Em relação ao número de perigos identificados e gerenciados foi verificada a importância da investigação acerca da origem dos perigos já na fase de projeto, que além de possibilitar a eliminação ou minimização dos mesmos, antecipa a identificação de dificuldades de construtivas que potencializam os riscos e normalmente são verificadas no momento da execução da obra.

Além da avaliação formal realizada pelo gerente de planejamento e projeto, o pesquisador avaliou ao longo do desenvolvimento do trabalho que todos os envolvidos no PDP de ambos os empreendimentos demonstraram interesse e disponibilidade em participar do PISP, fornecendo informações, projetos e discutindo algumas medidas de SST quanto a viabilidade técnica de implantação.

Outro ponto positivo da avaliação do PISP foi a verificação durante a reunião de apresentação de resultados. Onde os envolvidos no PDP reconheceram quando suas decisões influenciaram positiva ou negativamente na SST dos usuários temporários e finais do edifício. Também vislumbraram no conceito de PPS um meio de melhorar as condições de SST dos usuários tanto na construção como na manutenção dos edifícios, sendo também um diferencial competitivo, e consideraram o PISP uma ferramenta capaz de facilitar a implantação do conceito nos projetos futuros da empresa.

# 7 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

---

## 7.1 CONCLUSÕES

Esta tese teve como tema o desenvolvimento de projetos de edificações voltados para a segurança dos usuários temporários, na execução das obras e na realização de serviços de manutenção, reformas, instalações especiais e demolições, envolvendo todo o ciclo de vida do edifício. O objetivo do estudo foi desenvolver um protocolo para integração de requisitos de saúde e segurança do trabalho (SST) ao longo do processo de desenvolvimento do produto (PDP) da construção civil.

O protocolo foi idealizado para ser aplicado desde o início do PDP da construção civil, mas apresentando flexibilidade para ser integrado em casos nos quais o PDP já se encontre em andamento. Possibilitando a identificação de condições que gerem perigos e riscos à SST desde o início do PDP e, respondendo previamente a esses riscos pela transformação das respostas em requisitos e especificações de projeto.

Ficou evidenciado que decisões organizacionais tomadas no início do PDP, como determinação de prazo de entrega da obra e do preço final, também impactam nas condições de SST dos usuários temporários e finais da edificação, mostrando a necessidade de considerarem-se os perigos organizacionais dentro do gerenciamento de riscos e que esse deve iniciar paralelamente ao PDP, não ficando restrito à avaliações das características de projeto como mostram os estudos acerca de PPS.

Esse aspecto apontou uma limitação na identificação de perigos, por falta de conhecimento dos projetistas acerca da SST e também por desconhecimento de outros envolvidos no PDP de que suas decisões geram impactos nas condições de trabalho dos usuários temporários do edifício. Essa limitação indica a necessidade do envolvimento de um profissional especializado em engenharia de segurança do trabalho no PDP dos empreendimentos, não se limitando somente às responsabilidades na fase de execução da obra.

O PISP serve como ferramenta de orientação para a identificação de perigos e riscos à segurança dos usuários temporários desde as atividades iniciais do PDP, apontando perigos relacionados às decisões organizacionais e às especificações de projeto. Considerou-se ainda que o PISP oferece indicadores para avaliar o quanto o projeto do produto está voltado ao conceito de PPS.

O protocolo vem contribuir teoricamente para a melhoria dos projetos de edificações através do agrupamento de atividades que envolvem a utilização da FMEA-PPS, uma adaptação do já conhecido método de FMEA para uso na elaboração de projetos para segurança; da criação de um método para avaliar a criticidade das atividades a serem executadas; da identificação dos perigos organizacionais, que influenciam na SST dos usuários ao longo do PDP, comprovando que o PPS deve iniciar-se paralelamente com o PDP, e, finalmente, aponta para que as medidas de gerenciamento de riscos sejam tratadas como requisitos de SST, sendo elicitados, processados e transformados em soluções integradas ao projeto final do produto.

Traz, como contribuição prática, a concepção de uma ferramenta de auxílio a engenheiros e arquitetos no desenvolvimento de projetos voltados para a segurança dos usuários temporários que, por consequência também serão seguros aos usuários finais quando realizarem tarefas similares na edificação, preenchendo a lacuna entre o conceito de PPS e a aplicação prática do mesmo. Contribuindo também para o estreitamento da relação entre projeto e produção, pela integração de ambos no desenvolvimento conjunto do PPS, minimizando as barreiras à elaboração de projetos voltados para a SST.

Destaca-se que essa ferramenta não interfere no modelo de PDP adotado pela empresa construtora ou pelo escritório de projetos. A mesma foi concebida para ser aplicada sobre qualquer modelo de PDP utilizado; também não se limita ao tamanho e complexidade do projeto.

Ainda em relação ao sistema de gerenciamento do PDP adotado pela empresa construtora ou escritório de projetos, o PISP mostrou-se adequado para ser implantado no desenvolvimento

integrado de produtos (DIP), pois promove o envolvimento de todos os intervenientes no processo, quer seja de concepção, administração ou execução, abordando a visão sociotécnica, em que todos os participam da determinação das medidas de SST deverão gerenciar os riscos de acidentes inerentes ao empreendimento do qual estão associados.

Finalmente, o trabalho mostrou que o PISP oferece flexibilidade para ser aplicado em qualquer fase do ciclo de vida de uma edificação, bastando estabelecer o objetivo final do projeto, quer seja na segurança dos usuários temporários na execução da obra, na execução de serviços de manutenção, reforma, ampliação, readequação ao uso, quer seja na demolição do edifício.

## 7.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

A partir dos resultados obtidos nessa tese, são sugeridos os seguintes estudos futuros:

- a) aplicação do PISP em outros setores da construção civil, como o de infraestrutura urbana, construção de barragens, estradas e pontes;
- b) verificar a aplicação do PISP com foco na segurança dos usuários finais, tanto para as condições de uso da edificação quanto para as condições de segurança da mesma em relação à função de proteção do usuário;
- c) estudar a aplicação do PISP na concepção de projeto de fábricas, como dentro da indústria metal - mecânica e química, nas quais decisões sobre o arranjo físico e escolha de máquinas e equipamentos influenciam nas condições de SST dos usuários finais;
- d) verificar a aplicação do protocolo no PDP de máquinas e equipamentos;
- e) desenvolver uma interface computacional, facilitando a aplicação do PISP em plataformas utilizadas em *Laptops* ou PADs, dentre outras ferramentas computacionais, que podem ser incorporadas à tecnologia *Buildin Information Modelimg* - BIM ;
- f) estudar a influência do PPS sobre os custos e a produtividade da obra.

## **REFERÊNCIAS**

---

ALI, S. A. **Dermatose profissional na construção civil causada pelo cimento**. Brasília: FUNDACENTRO, 1992.

ANDERSON, J. Designing for safety in construction – the missed opportunity of the 1994 UK CDM regulations. In: HAUPT, T. C. (Ed); SMALLWOOD, J. (Ed). **Safety & health on construction sites**. CIB: Port Elizabeth, May 2005.

ANUMBA, C. J. Concurrent engineering in construction: an opportunity to improve construction safety. In Singh; Hinze e Coble (Eds). **Implementation of safety and health on construction sites**. Balkema: Rotterdam, 1999.

ARDITI, D. ELHASSAN, A.; TOKLU, Y. C. Constructability analysis in the design. In: **Journal of construction engineering and management**. p. 117-126, march/april, 2002.

ASSE - American society of safety engineers. **Position statement on designing for safety**. 1994. Disponível em [www.asse.org/professionalaffairs/govtaffairs/ngposil1.php](http://www.asse.org/professionalaffairs/govtaffairs/ngposil1.php) acesso em 19/06/2008

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS ESCRITÓRIOS DE ARQUITETURA (AsBEA). **Manual de contratação dos serviços de arquitetura e urbanismo**. 2 ed. São Paulo: PINI, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13531**: elaboração de projetos de edificações: atividades técnicas. Rio de Janeiro, 1995. 10p.

BAKER, S.; PONNIAH, D. e SMITH, S. Risk response techniques employed currently for major projects. In: **Construction Management and Economics** (1999) 17, 205-213.

BEHM, M.. Linking construction fatalities to the design for construction safety concept. In: **Safety Science** v. 43, p. 585-611, 2005.

BEHM, M. Construction sector. **Journal of safety Research**, p. 175-178, 2008.

BENEDICTIS, C. C.; AMARAL, D. C.; ROZENFELD, H.. Avaliação dos principais métodos e ferramentas disponíveis para a modelagem do processo de desenvolvimento de produto. *In: IV Congresso Brasileiro de Gestão e Desenvolvimento de Produtos*. Gramado, 2003.

BRASIL, 2006. Portaria nº 157, de 10 de abril de 2006. Ministério do Trabalho e do Emprego. Disponível em: <http://www.mte.gov.br/legislacao/portaria>. Acesso em 29 jun. 2007.

BRASIL, 2009. Anuário Estatístico da Previdência Social. **Ministério da Previdência Social**. Disponível em <http://www.mps.gov.br>.

CAMPANHOLE, A. **Consolidação das leis do trabalho**. 36 ed. São Paulo: Atlas, 1974.

\_\_\_\_\_ **Consolidação das leis do trabalho**. 56 ed. São Paulo: Atlas, 1980.

CARVALHO, A.E.S; TAVARES, H. C.; CASTRO, J. B.. **Uma estratégia para implantação de uma gerência de requisitos visando à melhoria dos processos de software**. In WER 2001 – IV workshop em requisitos, Buenos Aires, Argentina.

CARVALHO JR, A. N.; ANDERY, P. R. P. Ferramentas de análise de falhas aplicadas à execução de obras de edificação. In: **Congresso latino-americano de tecnologia em gestão de edifícios**. São Paulo, 1998.

CASAROTTO FILHO, N; FÁVERO, J. S. e CASTRO, J. E. E. **Gerência de projetos: engenharia simultânea**. São Paulo: Atlas, 1999.

CODINHOTO, R. Diretrizes para o planejamento e controle integrado dos processo de projeto e produção da construção civil. 2003. 176 f. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia Civil) - Escola de Engenharia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

COOPER, R. G. Stage-gates systems: a new tool for managing new products. **Engineering Management Review**, p. 5-12, 1990.

COOPER, R. G. e EDGETT, S. J. Critical success factors for new financial services. **Marketing Management**, p. 26-37, fall, 1996.

COOPER, R; KLEINSCHMIDT, E. J. New product performance: what distinguishes the star products. In: **Australian journal of management**. June, 2000.

CROWTHER, P. Design for buildability and the deconstruction consequences. In: CHINI, A. R. (Ed). **Design for deconstruction and materials reuse**. CIB: Germany, 2002.

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.

CDM. **The Construction (Design and management) Regulations 2007**. The Stationery Office Limited: UK, 2007.

CUNHA, G. D. A evolução dos modelos de gestão e desenvolvimento de produtos. **Produto & Produção**, V. 9, p. 71-90, 2008.

CYSNEIROS, L. M.; LEITE, J. C. P.; SABAT NETO, J. M. A framework for integrating non-functional requirements into conceptual models. In: **Requirements engineering**. V.6 p. 97-115, 2001.

DUAN, C.; LAURENT, P.; CLELAND-HUANG, J.; KWIATKOVISK, C. Towards automated requirements prioritization and triage. In: **Requirements engineering**. V.14 p. 73-89, 2009.

ECHEVESTE, M. E. 2003. 225 f. Uma abordagem para estruturação e controle do processo de desenvolvimento de produtos. Porto Alegre: UFRGS. **Tese** (Doutorado em Engenharia de Produção). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

FABRICIO, M. M. Projeto simultâneo na construção de edifícios. 2002. 329 f. **Tese** (Doutorado) Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

FABRICIO, M. M.; BAIA, J. L.; MELHADO, S. B. Estudo da sequência de etapas no projeto de edifícios: cenário e perspectivas. In: **ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, XVIII**. Niterói, RJ, Brasil, 1998.

FAROOQUI, R. U.; AHMED, S. M.; AZHAR, A. . Design for construction safety – a construction management approach. In: HINZE, J. (Ed); BOHNER, J. (Ed); LEW, J. (Ed). **Evolution of and directions in construction safety and health**. CIB: Gainesville, March, 2008.

GAMBATESE, J. A. Research issues in prevention through design. . **Journal of safety Research**, p. 153-156, 2008.

GAMBATESE, J.; BEHM, M.; HINZE, J. Viability of designing for construction worker safety. In: **Journal of Construction Engineering and Management**, ASCE 131 (9), 1029-1036, 2005.

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

GEMINIANI, F. L.; SMALLWOOD, J. J.; VAN WYK, J. J.. A review of the effectiveness and appropriateness of the occupational health and safety inspectorate in South Africa. In: HAUPT, T. C. (Ed); SMALLWOOD, J. (Ed). **Safety & health on construction sites**. CIB: Port Elizabeth, May 2005.

HARRIGTON, H. J. **Aperfeiçoando processos empresariais**. Makron Boocks: São Paulo, 1993.

HARRIGTON, H. J.; ESSELING, E. C.; NIMWEGEN, H. V. **Business process improvement**. New York: McGraw Hill, 1997.

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.

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.

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

HINZE, J.; MARANI, J. Software to select design for safety suggestions. In: HINZE, J. (Ed); BOHNER, J. (Ed); LEW, J. (Ed). **Evolution of and directions in construction safety and health.** CIB: Gainesville, March, 2008.

HEIDEL, D. S.. Manufacturing sector. In: **Journal of safety Research**, p. 183-186, 2008.

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

JUNG, C.F.; RIBEIRO, J. L.D.; ECHEVESTE, M. E. S.; ten CATEN, C. S. Uma discussão de modelos de desenvolvimento de produto e suas características lineares e sistêmicas. In: **VIII SEPROSUL – Semana de Engenharia de Produção Sul-Americana.** Bento Gonçalves, 2008, Brasil.

KAMARA, J. M.; ANUMBA, C.J.; EVBUOMWAN, N. F. O.. **Capturing client requirements in construction projects.** Reston: Thomas Telford, 2002.

KOTLER, P. **Administração de marketing:** análise, planejamento, implementação e controle. 5 ed. São Paulo: Atlas, 1997.

LIANG, D.; SONG, L. Development of a task-based safety model for construction projects. In: HINZE, J. (Ed); BOHNER, J. (Ed); LEW, J. (Ed). **Evolution of and directions in construction safety and health.** CIB: Gainesville, March, 2008.

LIMMER, C. V. **Planejamento, orçamento e controle de obras e projetos.** Rio de Janeiro: LTC, 1997.

LIKER, J. K. **O modelo Toyota:** 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo. Porto Alegre, Bookman, 2005.

MAIA, P. A. **O ruído nas obras da construção civil e o risco de surdez ocupacional.** São Paulo: FUNDACENTRO, 2001.

MAIN, B. W.; WARD, A.C. **What do design engineers really know about safety?** American Society of Mechanical Engineers. August 1992 v114 n8 p44(8)

MANUELE, F. A. Prevention through design (PtD): History and future. In: **Journal of safety Research**, p. 127-130, 2008a.

MANUELE, F. A. Prevention through design: addressing occupational risks in the design and redesign processes. **Professional Safety**, October, 2008b.

MCDERMOTT, R. E., MIKULAK, R. J., BEAUREGARD, M. R. **The basics of FMEA**. Portland: Productivity, 1996.

MEIRELES, H. L. **Direito de construir**. 3 ed. São Paulo: Revista dos tribunais, 1979.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E DO EMPREGO (Brasil). **Portaria nº 157**, de 10 de abril de 2006. Altera a redação da Norma Regulamentadora nº. 18. DOU de 12 de abril de 2006. Seção 1. Disponível em: <mte.gov.br/legislacao/portaria> Acesso em 29 jun. 2007.

MIRON, L.I. G. et al. Gerenciamento do Processo de Desenvolvimento do Produto em Empreendimentos da Construção. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 22., 2002, Curitiba. **Anais...** Curitiba: ENEP, 2002. 1CD-ROM.

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. 2008. 350 f. **Tese** (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

MOHAMED, S.; ALI, T. Safety behaviour in the construction industry in Pakistan. In: HAUPT, T. C. (Ed); SMALLWOOD, J. (Ed). **Safety & health on construction sites**. CIB: Port Elizabeth, May 2005.

MOURA, P. M. Um estudo sobre a coordenação do processo de projeto em empreendimentos complexos. 2005. 181 f. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia Civil) - Escola de Engenharia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

MUSONDA, I.; SMALLWOOD, J. Health and safety (H&S) awareness and implementation in Botswana's construction industry. In: HAUPT, T. C. (Ed); SMALLWOOD, J. (Ed). **Safety & health on construction sites**. CIB: Port Elizabeth, May 2005.

NEPOMUCENO FILHO, F. **Custos e contabilidade**: na atividade imobiliária da construção civil. São Paulo: IOB-Thonson, 2004.

NUSEIBEH, B; EASTERBROOK, S. Requirements engineering: a roadmap. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOFTWARE ENGINEERING – ICSE, 2000, Limerick, Ireland. **Proceedings...**Limerick: ACM, 2000. p. 35-46.

OLBINA, S; HINZE, J. Problem areas in personal fall protection. In: HINZE, J. (Ed); BOHNER, J. (Ed); LEW, J. (Ed). **Evolution of and directions in construction safety and health**. CIB: Gainesville, March, 2008.

OBJECT MANAGEMENT GROUP (OMG). **Business process management initiative**. Disponível em: [www.bpmn.org](http://www.bpmn.org) Acesso em: 20/03/2009.

PAHL, G. et al. **Projeto na engenharia**: fundamentos do desenvolvimento eficaz de produtos, métodos e aplicações. São Paulo: E. Blücher, 2005.

PAHL, G.; BEITZ, W. **Engineering design: a systematic approach**. London: Spring, 1995.

PERALTA, A. C. Um modelo do processo de projeto de edificações baseado na engenharia simultânea em empresas construtoras incorporadoras de pequeno porte. 2002. 133 f. **Dissertação** (mestrado em engenharia de produção) Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

PALADY, P. **FMEA: Análise dos modos de falha e efeitos: prevendo e prevenindo problemas antes que ocorram**. São Paulo: IMAM, 1997.

RAMBO, L. I. Uma proposta para conexão do registro de imóveis ao cadastro imobiliário urbano. 2005. 220 p. **Tese** (Doutorado em Engenharia Civil) Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

RAUSAND, M.; UTNE, I. B. Product safety: principles and practices in a life cycle perspective. In: **Safety Science** v. 47, p. 939-947, 2009.

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

RODRIGUES, M. B. Diretrizes para a integração dos requisitos de construtibilidade ao processo de desenvolvimento de produto de obras repetitivas. 2005. **Dissertação** (Mestrado em engenharia de produção) Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

ROMANO, F. V. Modelo de referência para o gerenciamento do processo de projeto integrado de edificações. 2003. 326 f. **Tese** (Doutorado em Engenharia de Produção) Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

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

ROZENFELD, H. et al. **Gestão de desenvolvimento de produtos: uma referência para a melhoria do processo**. São Paulo: Saraiva, 2006.

ROWLINSON, S. An overview safety management systems. In: ROWLINSON, S. (Ed.). **Construction safety management systems**. Spon Press: New York, 2004. p. 89-96.

RUMBAUGH, J. et al. **Modelagem e projetos baseados em objetos**. Rio de Janeiro: Campus, 1994.

SANTOS, L.C.; VARVAKIS, G. Projeto e análise de processo de serviço: uma avaliação das técnicas de representação. **Produto & Produção**, V.5 n.3, p. 01-16, 2001.

SAURIN, T. A.. Segurança e produção: um modelo para o planejamento e controle integrado. 2002. 291 f. **Tese** (Doutorado em Engenharia de Produção) Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

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.

SAURIN *et al.* Análise de uma classificação de barreiras contra acidentes em produtos e processos. In: **ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, XXVII**. Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 2007.

SELL, I. Uso da ergonomia no projeto de produto. Ergonomia de produto, V.2. Porto Alegre: PPGEP/UFRGS, 2006 (**Série monográfica de ergonomia**).

SOMMERVILLE, I. **Engenharia de software**. 8 ed. São Paulo: Pearson Addison-Wesley, 2007.

SOUZA, R. et al.. **Sistema de gestão da qualidade para empresas construtoras**. São Paulo: PINI, 1995.

SINNOTT, R. **Safety and security in building design**. New York: Van Nostrand Reinhold Company, 1995.

SILVA, M. A. C. **Gestão do processo de projeto de edificações**. São Paulo: O nome da Rosa, 2003.

SITESAFE. **The facts: construction fatality statistics**. Disponível em: [www.sitesafe.org.nz/show.asp](http://www.sitesafe.org.nz/show.asp) acesso em 6/03/08.

SLACK, N. *et al.* **Administração da produção**. São Paulo: Atlas, 1996

SLACK, N.; CHAMBERS, S. e JOHNSTON, R. **Administração da produção**. 2ed. São Paulo: Atlas, 2002.

SiD. **Safety in design learning aims**. Edição março 2005. Disponível em: <safetyindesign.org> Acesso em 20 abril 2007.

SOMMERVILLE, I. **Engenharia de software**. 8 ed. São Paulo: Pearson Addison-Wesley, 2007

THIOLLENT, M. **Metodologia da pesquisa-ação**. 16 ed. São Paulo: Cortez, 2008.

TOOLE, T. M. e GAMBATESE, J. The trajectories of prevention through design in construction. **Journal of safety Research**, p. 225-230, 2008.

TOOLE, T. M.; HERVOL, ; HALLOWELL, . Design for construction safety. In: **Modern steel construction**. June, 2006.

TRIPP, D. Pesquisa-ação: uma introdução metodológica. *In: Educação e Pesquisa*. São Paulo: v. 31, n. 3, p. 443-466, set./dez. 2005.

TZORTZOPOULOS, P. Contribuições para desenvolvimento de um modelo do processo de projeto de edificações em empresas construtoras incorporadoras de pequeno porte. 1999. 163 f. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia Civil) - Escola de Engenharia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

ULRICH, K.T.; EPPINGER, S. D. **New products management**. New York: Irwin/ Mc Graw, 1995.

WAZLAWICK, R. S. **Análise e projeto de sistemas de informação orientados a objetos**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

WHITE, S. A.; MIERS, D. **BPMN Modeling and reference guide: understanding and using BPMN**. Lighthouse Point, FL, USA: Future strategies inc, 2008.

WONG, F. K. W. et all. Analysis of fall injuries for the Hong Kong construction industry. In: HAUPT, T. C. (Ed); SMALLWOOD, J. (Ed). **Safety & health on construction sites**. CIB: Port Elizabeth, May 2005.

VALERIANO, D. L. **Gerência em projetos: pesquisa, desenvolvimento e engenharia**. São Paulo: Makron Books, 1998.

VALLE, R.; OLIVEIRA, S.B. **Análise e modelagem de processos de negócio: foco na notação BPMN (business process modeling notation)**. São Paulo: Atlas, 2009.

ZAVE, P; JACKSON, M. Four dark corners of requirements engineering. In: **ACM Transactions on software engineering and methodology**. V.6, n.1 p. 1-30, 1997.

ZARGES, T.; GILES, B. Prevention through design (PtD). In: **Journal of safety research**. V. 39. 123-126, 2008.

**APÊNDICE A-RESULTADO DA FMEA-PPS NO EMPREENDIMENTO**  
**A**

Produto/processo: Execução de revestimento cerâmico interno e externo						FMEA-PPS nº: 02				
Equipe de FMEA-PPS:						Data:				
						Data de revisão:				
Líder da equipe:						Página 01 de 02				
FMEA-PPS										
Fase de avaliação de perigos e riscos										
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
Item	Operação	Potencial modo de falha	Potencial efeito da falha	Severidade	Causas potenciais	Probabilidade	Controle existente	Hierarquia do controle	Deteção	NPR
01	Montagem de andaimes fachadeiros ou apoiados	Queda de pessoas e materiais	Lesões ou óbito	10	Instabilidade do andaime	7	Cinto de segurança	6	6	420
02	Assentamento	Queda em altura	Lesões e óbito	10	Instabilidade do andaime suspenso	7	Cinto trava-queda	6	6	420
03		Queda em altura	Lesões e óbito	10	Trabalho em local de difícil acesso	7	Cinto de segurança		6	420
04		Queda em altura	Lesões e óbito	10	Instabilidade de andaime interno	7	Cinto trava-queda	6	6	420
05		Queda de materiais do andaime	Lesões graves e óbito	10	Desorganização do local de trabalho	8	Rede de proteção	6	8	640
06		Recortar peças cerâmicas de revestimento	Projeção de partículas (caco de cerâmica)	Lesões nos olhos	8	Impacto	8	Óculos de proteção	6	6
07	Contato com sílica		Doenças ocupacionais	8	Inalação de sílica	8	Máscara anti-pó	6	8	512
							Média hierárquica	<b>6</b>	NPR inicial	<b>3216</b>

**Figura 107 (continua): Aplicação do FMEA-PPS no empreendimento A**

Produto/ Processo: Execução de revestimento cerâmico interno e externo						FMEA-PPS nº: 02						
Equipe de FMEA-PPS:						Data:						
						Data de revisão:						
Líder da equipe:						Página 01 de 02						
FMEA - PPS												
Fase de integração dos requisitos de segurança do trabalho ao produto												
	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)
Item	Requisito (s)	Justificativa	Princípio PPS aplicável	Projeto (s) relacionado (s)	Interação com fornecedor Sim ou Não?	Responsável e data de execução	Ação tomada	Hierarquia do controle	Severidade	Probabilidade	Deteção	NPR
1	Estabilizar estruturas auxiliares	Evitar movimentação indesejada do andaime	1	Estrutural	N	Calculista e eng. de produção	Prever furos ou esperas nos pilares para instalação de cabos-guia e ancorar andaimes	3	10	3	3	90
2	Estabilizar estruturas auxiliares	Evitar movimentação indesejada do andaime	1		N	Calculista e eng. de produção	Prever pontos de ancoragem	3	10	3	3	90
3	Evitar exposição desnecessária	Evitar atividades arriscadas que não agregam valor	12	Arquitetônico	N	arquiteto	Não especificar revestimento cerâmico em áreas de difícil acesso.	1	10	1	1	10
4	Estabilizar estruturas auxiliares	Evitar movimentação indesejada do andaime	1	Estrutural	N	Calculista e eng. de produção	Prever pontos de ancoragem	3	10	3	3	90

**Figura 107 (continuação): Resultado da FMEA-PPS**

Produto/ Processo: Execução de revestimento cerâmico interno e externo							FMEA-PPS nº: 02					
Equipe de FMEA-PPS:							Data:					
							Data de revisão:					
Líder da equipe:							Página 02 de 02					
FMEA - PPS												
Fase de integração dos requisitos de segurança do trabalho ao produto												
	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)
Item	Requisito (s)	Justificativa	Princípio PPS aplicável	Projeto (s) relacionado (s)	Interação com fornecedor Sim ou Não?	Responsável e data de execução	Ação tomada	Hierarquia do controle	Severidade	Probabilidade	Deteção	NPR
5	Organização do trabalho	Evitar desordem do ambiente do trabalho	15	Não se relaciona	S	RH e Eng. de produção	Treinamento e 5S	5	10	6	6	360
6	Definição do tamanho das peças em função da modulação com o ambiente.	Reduzir corte de peças para evitar projeção de partículas.	11	Arquitetônico	N	Arquiteto	Não utilizar disco para cortar cerâmica	2	8	2	2	32
7	Definição do tamanho das peças em função da modulação com o ambiente.	Eliminar presença de sílica livre no ambiente	11	Arquitetônico	N	Arquiteto	Modular ambientes; não utilizar disco para cortar cerâmica.	1	8	2	2	32
							Hierarquia média	<b>2.57</b>			NPR final	<b>704</b>

Figura 107 (conclusão): Resultado da FMEA-PPS

Produto/processo: Execução de revestimento de argamassa externo						FMEA-PPS nº: 03				
Equipe de FMEA-PPS:						Data:				
Líder da equipe:						Data de revisão:				
						Página 01 de 01				
<b>FMEA-PPS</b>										
<b>Fase de avaliação de perigos e riscos</b>										
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
Item	Operação	Potencial modo de falha	Potencial efeito da falha	Severidade	Causas potenciais	Probabilidade	Controle existente	Hierarquia do controle	Deteção	NPR
1	Montagem de andaimes fachadeiros ou apoiados	Queda de pessoas e materiais	Lesões ou óbito	10	Instabilidade do andaime	8	cinto de segurança	6	7	560
2	Carregamento do andaime	Queda de pessoas e materiais	Lesões ou óbito	10	Local de difícil acesso para carregamento de materiais	5	cinto de segurança	6	7	350
3	Aplicação do revestimento de argamassa	Queda de pessoas e materiais	Lesões ou óbito	10	Revestimento de locais enclausurados ou paredes de difícil acesso	6	cinto de segurança	6	7	420
4		Queda de pessoas	Lesões ou óbito	8	Dificuldade de escoramento do andaime simplesmente apoiado	6	cinto de segurança	6	7	336
							Hierarquia média	<b>6</b>	NPR inicial	<b>1666</b>

**Figura 108 (continua): Aplicação do FMEA-PPS no empreendimento A**

Produto/ Processo: Execução de revestimento de argamassa externo							FMEA-PPS nº: 03					
Equipe de FMEA-PPS:							Data:					
							Data de revisão:					
Líder da equipe:							Página 01 de 02					
<b>FMEA - PPS</b>												
<b>Fase de integração dos requisitos de segurança do trabalho ao produto</b>												
	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)
Item	Requisito (s)	Justificativa	Princípio PPS aplicável	Projeto (s) relacionado (s)	Interação com fornecedor Sim ou Não?	Responsável e data de execução	Ação tomada	Hierarquia do controle	Severidade	Probabilidade	Deteção	NPR
1	Estabilizar estruturas auxiliares	evitar movimentação indesejada do andaime	1	Estrutural	N	Calculista e eng. de produção	Prever furos ou esperas nos pilares para instalação de cabos-guia e ancorar andaimes	3	10	7	3	210
2	Definir pontos de carga e descarga	Evitar o uso de locais improvisados para carga e descarga do andaime	13	Canteiro	N	Eng. De produção	Estabelecer locais de abastecimento do andaime	2	10	7	3	210
3	Não expor os trabalhadores a riscos evitáveis.	Evitar exposição dos trabalhadores a riscos em atividades que não agregam valor	12	Arquitetônico	N	Arquiteto	Evitar o revestimento interno de shafts e poços de ventilação de pequenas dimensões	1	10	1	1	10

**Figura 108 (continuação): resultado da FMEA-PPS**

Produto/ Processo: Execução de revestimento de argamassa externo							FMEA-PPS nº: 03					
Equipe de FMEA-PPS:							Data:					
Líder da equipe:							Data de revisão:					
							Página 01 de 02					
FMEA - PPS de Processo												
Fase de integração dos requisitos de segurança do trabalho ao produto												
	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)
Item	Requisito (s)	Justificativa	Princípio PPS aplicável	Projeto (s) relacionado (s)	Interação com fornecedor Sim ou Não?	Responsável e data de execução	Ação tomada	Hierarquia do controle	Severidade	Probabilidade	Deteção	NPR
4	Estabilizar estruturas auxiliares	Montar plataformas de trabalho niveladas, sem necessitar de escoras.	1	Arquitetônico e estrutural	N	Arquiteto e eng. calculista	Projetar consoles na caixa da escada que permitam apoiar plataformas para execução de revestimento e pintura.	3	10	5	3	150
							Hierarquia média	<b>2.25</b>			NPR final	<b>580</b>

**Figura 108 (conclusão): resultado da FMEA-PPS**

Produto/processo: Estrutura de concreto armado						FMEA-PPS nº: 04				
Equipe de FMEA-PPS:						Data:				
Líder da equipe:						Data de revisão:				
						Página 01 de 01				
<b>FMEA-PPS de Processo</b>										
<b>Fase de avaliação de perigos e riscos</b>										
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
Item	Operação	Potencial modo de falha	Potencial efeito da falha	Severidade	Causas potenciais	Probabilidade	Controle existente	Hierarquia do controle	Deteção	NPR
1	Forma	Queda do painel externo da forma de periferia.	Lesões graves e óbito	10	Dimensões e peso painel	8	Plataforma de proteção	6	8	640
2		Queda do trabalhador por rompimento do escoramento	Lesões graves	8	Falta de travamento das formas	7	Cinto trava-quedas	6	8	448
3	Colocação de armadura	Choque elétrico	Lesões graves e óbito	10	Contato da armadura com rede de energia	8	EPI	6	8	640
4	Desforma	Queda de painéis laterais	Lesões graves e óbito	10	Dimensões e peso painel	7	Plataforma de proteção	6	8	560
							Hierarquia média	<b>6</b>	NPR inicial	<b>2288</b>

**Figura 109 (continua): aplicação do FMEA-PPS no empreendimento A**

Produto/ Processo: Estrutura de concreto armado							FMEA-PPS nº: 04					
Equipe de FMEA-PPS:							Data:					
							Data de revisão:					
Líder da equipe:							Página 01 de 01					
FMEA - PPS de Processo												
Fase de integração dos requisitos de segurança do trabalho ao produto												
	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)
Item	Requisito (s)	Justificativa	Princípio PPS aplicável	Projeto (s) relacionado (s)	Interação com fornecedor Sim ou Não?	Responsável e data de execução	Ação tomada	Hierarquia do controle	Severidade	Probabilidade	Deteção	NPR
1	Ancoragem do painel durante a montagem das formas	Não permitir que o painel se solte do local de trabalho	1	Formas	N	Eng. de produção	Prever ganchos nos painéis que possibilite sua ancoragem temporária para montagem	3	10	5	2	100
2	Estabilidade da estrutura	Evitar descolamento lateral da estrutura durante a montagem	13	Formas	N	Eng. de produção	Contraventar os painéis de fundo das vigas durante a montagem.	5	8	5	5	200
3	Facilitar manuseio de materiais	Reduzir o tamanho das armaduras para evitar contato com redes energizadas	12	Estrutural	N	Eng. de produção	Prever trechos menores para as armaduras	2	10	5	5	250
4	Ancoragem do painel durante a desforma	Não permitir que o painel se solte do local de trabalho	1	Formas	N	Eng. de produção	Prever ganchos nos painéis que possibilite sua ancoragem temporária para montagem	3	10	4	3	120
							Hierarquia média	<b>3.25</b>			NPR final	<b>670</b>

**Figura 109 (conclusão): Resultado da FMEA-PPS**

Produto/processo: Execução da cobertura e telhamento						FMEA-PPS nº: 05				
Equipe de FMEA-PPS:						Data:				
						Data de revisão:				
Líder da equipe:						Página 01 de 01				
FMEA-PPS de Processo										
Fase de avaliação de perigos e riscos										
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
Item	Operação	Potencial modo de falha	Potencial efeito da falha	Severidade	Causas potenciais	Probabilidade	Controle existente	Hierarquia do controle	Deteção	NPR
1	Montagem da estrutura de cobertura.	Queda de altura	Lesões	10	Esforço intenso	6	Cinto se segurança	6	8	480
2				10	Falta de pontos para prender cabos-guia	6	Cinto se segurança	6	8	480
3		Queda de materiais e equipamentos	Lesões	8	Organização do local de trabalho	10	Tela de proteção?	6	8	640
4	Telhamento.	Queda de altura	Lesões e óbitos	10	Superfície lisa e inclinada	7	EPI	6	8	560
5				10	material de difícil manuseio	5	EPI	6	8	400
6				10	Acesso inadequado	5	EPI	6	8	400
7		Queda de materiais e equipamentos	Lesões graves	8	Superfície lisa e inclinada	8	EPI	6	8	512
8				8	Organização do trabalho	8	EPI	6	8	512
9		Cortes	lesões	8	Material cortante	8	EPI	6	8	512

**Figura 110 (continua): Aplicação do FMEA-PPS no empreendimento A**

Produto/processo: Execução da cobertura e telhamento						FMEA-PPS nº: 05				
Equipe de FMEA-PPS:						Data:				
						Data de revisão:				
Líder da equipe:						Página 01 de 01				
<b>FMEA-PPS de Processo</b>										
<b>Fase de avaliação de perigos e riscos</b>										
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
Item	Operação	Potencial modo de falha	Potencial efeito da falha	Severidade	Causas potenciais	Probabilidade	Controle existente	Hierarquia do controle	Deteção	NPR
10	Instalação de espelhos, calhas e rufos.	Queda de altura	Lesões graves e óbito	10	Acesso inadequado	7	EPI	6	8	560
11				10	Superfície lisa e inclinada	7	EPI	6	8	560
12				8	Quebra de telhas durante movimentação	7	EPI	6	8	448
13		Queda de materiais e equipamentos	Lesões graves	8	Superfície lisa e inclinada	7	EPI	6	8	448
14				8	Organização do trabalho	8	EPI	6	8	512
15		Cortes	lesões	8	Material cortante	8	EPI	6	8	512
							Hierarquia média	<b>6</b>	NPR inicial	<b>7536</b>

**Figura 110 (conclusão): Aplicação do FMEA-PPS no Empreendimento A**

Produto/ Processo: Execução da cobertura e telhamento							FMEA-PPS nº: 05					
Equipe de FMEA-PPS:							Data:					
							Data de revisão:					
Líder da equipe:							Página 01 de 04					
FMEA - PPS de Processo												
Fase de integração dos requisitos de segurança do trabalho ao produto												
	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)
Item	Requisito (s)	Justificativa	Princípio PPS aplicável	Projeto (s) relacionado (s)	Interação com fornecedor Sim ou Não?	Responsável e data de execução	Ação tomada	Hierarquia do controle	Severidade	Probabilidade	Deteção	NPR
1	Peças de fácil manuseio	Diminuir esforço físico	12	Estrutural	N	Calculista e eng. de produção	Reduzir tamanho das peças para transporte e montagem	2	10	5	3	150
2	Permitir deslocamento seguro	Maior equilíbrio do trabalhador	1	Estrutural	N	Calculista e eng. de produção	Prever ganchos nas tesouras para colocação de cabos guia.	3	10	4	3	120
3	Organizar o local de trabalho	Evitar desordem do ambiente de trabalho	15	Não se relaciona	N	Eng. de produção	Uso obrigatório de cinto de ferramentas; programas de treinamento	5	8	6	6	288
4	Segurança na movimentação	Maior equilíbrio do trabalhador	3, 12	Arquitetônico	S	Arquiteto	Reduzir inclinação do telhado; Prever linhas de vida e passarelas permanentes	2	10	2	2	40

**Figura 111 (continua): Resultado da FMEA-PPS**

Produto/ Processo: Execução da cobertura e telhamento						FMEA-PPS nº: 05						
Equipe de FMEA-PPS:						Data:						
						Data de revisão:						
Líder da equipe:						Página 02 de 04						
FMEA - PPS de Processo												
Fase de integração dos requisitos de segurança do trabalho ao produto												
	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)
Item	Requisito (s)	Justificativa	Princípio PPS aplicável	Projeto (s) relacionado (s)	Interação com fornecedor Sim ou Não?	Responsável e data de execução	Ação tomada	Hierarquia do controle	Severidade	Probabilidade	Deteção	NPR
5	Reduzir esforço de transporte	Peças de fácil manuseio	10	Arquitetônico	S	Arquiteto e engenheiro de produção	Telhas com furos em uma das extremidades para inserção de ganchos	2	10	2	3	60
6	Facilitar acesso ao local de trabalho	Evitar acessos improvisados	3	Arquitetônico	N	Arquiteto	Projetar escadas permanentes para acesso ao telhado	3	10	3	3	90
7	Segurança na movimentação	maior equilíbrio do trabalhador	3	Arquitetônico	N	Arquiteto	Prever linhas de vida e passarelas permanentes	3	8	3	3	72
8	Organizar o trabalho	evitar desordem do ambiente de trabalho	15	Não se relaciona	N	RH e eng. de produção	Uso obrigatório de cinto de ferramentas; programas de treinamento	5	8	6	6	288
9	Evitar bordas cortantes	Eliminar partes cortantes	9	Calhas e rufos	S	Eng. de produção			8			0
10	Facilitar acesso ao local de trabalho	Evitar acessos improvisados	3	Arquitetônico	N	Arquiteto	Projetar escadas permanentes para acesso ao telhado	3	10	3	3	90

**Figura 111 (continua): Resultado da FMEA-PPS**

Produto/ Processo: Execução da cobertura e telhamento							FMEA-PPS nº: 05					
Equipe de FMEA-PPS:							Data:					
							Data de revisão:					
Líder da equipe:							Página 03 de 04					
FMEA - PPS de Processo												
Fase de integração dos requisitos de segurança do trabalho ao produto												
	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)
Item	Requisito (s)	Justificativa	Princípio PPS aplicável	Projeto (s) relacionado (s)	Interação com fornecedor Sim ou Não?	Responsável e data de execução	Ação tomada	Hierarquia do controle	Severidade	Probabilidade	Deteção	NPR
11	Segurança na movimentação	Maior equilíbrio do trabalhador	3	Arquitetônico	N	Arquiteto	Reduzir inclinação do telhado; Prever linhas de vida e passarelas permanentes	2	10	2	2	40
12	Segurança na movimentação	Maior equilíbrio do trabalhador	3	Estrutural	N	Calculista estrutural	Reforçar estrutura do telhado próximo à cumeeira e calhas, reforçar linhas perpendiculares e demarcar com tinta as telhas que suportam maior carga.	3	8	2	2	32
13	Segurança na movimentação	maior equilíbrio do trabalhador	3	Arquitetônico	N	Arquiteto	Prever linhas de vida e passarelas permanentes; manter estrutura da platibanda	3	8	3	3	72

Figura 111 (continua): Resultado da FMEA-PPS

Produto/ Processo: Execução da cobertura e telhamento							FMEA-PPS nº: 05					
Equipe de FMEA-PPS:							Data:					
							Data de revisão:					
Líder da equipe:							Página 04 de 04					
<b>FMEA - PPS de Processo</b>												
<b>Fase de integração dos requisitos de segurança do trabalho ao produto</b>												
	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)
Item	Requisito (s)	Justificativa	Princípio PPS aplicável	Projeto (s) relacionado (s)	Interação com fornecedor Sim ou Não?	Responsável e data de execução	Ação tomada	Hierarquia do controle	Severidade	Probabilidade	Deteção	NPR
14	Organizar o trabalho	Evitar desordem do ambiente de trabalho	15	Canteiro de obras	N	RH e eng. de produção	Uso obrigatório de cinto de ferramentas; programas de treinamento	5	8	6	6	288
15	Evitar bordas cortantes	Eliminar partes cortantes	9	Projeto hidrossanitário	S	Arquiteto	Prever bordas das peças dobradas	2	8	2	2	32
							Hierarquia média	<b>3.07</b>			NPR final	<b>1662</b>

**Figura 111 (conclusão): Resultado da FMEA-PPS**

Produto/processo: Execução de forro em sacadas						FMEA-PPS nº: 06				
Equipe de FMEA-PPS:						Data:				
Líder da equipe:						Data de revisão:				
						Página 01 de 01				
<b>FMEA-PPS de Processo</b>										
<b>Fase de avaliação de perigos e riscos</b>										
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
Item	Operação	Potencial modo de falha	Potencial efeito da falha	Severidade	Causas potenciais	Probabilidade	Controle existente	Hierarquia do controle	Deteção	NPR
1	Montagem de andaimes apoiados	Queda de pessoas e materiais	Lesões ou óbito	10	Instabilidade do andaime	8	Cinto de segurança	6	6	480
2	Colocação do forro	Queda de altura	Lesões ou óbito	10	Desequilíbrio do trabalhador	7	Cinto de segurança	6	6	420
							Hierarquia média	<b>6</b>	NPR inicial	<b>900</b>

**Figura 112 (continua): Aplicação do FMEA-PPS no empreendimento A**

Produto/ Processo: Execução de forro em sacadas							FMEA-PPS nº: 06					
Equipe de FMEA-PPS:							Data:					
							Data de revisão:					
Líder da equipe:							Página 01 de 01					
FMEA - PPS de Processo												
Fase de integração dos requisitos de segurança do trabalho ao produto												
	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)
Item	Requisito (s)	Justificativa	Princípio PPS aplicável	Projeto (s) relacionado (s)	Interação com fornecedor Sim ou Não?	Responsável e data de execução	Ação tomada	Hierarquia do controle	Severidade	Probabilidade	Deteção	NPR
1	Estabilizar estruturas auxiliares	Evitar movimentação indesejada do andaime	1	Estrutural	N	Calculista e eng. de produção	Prever furos ou esperas nos pilares para instalação de cabos-guia e ancorar andaimes	3	10	5	3	150
2	Possibilitar ancoragem de cinto de segurança	Delimitar área de trabalho	1	Estrutural	N	Calculista e eng. de produção	Instalar ganchos na parede oposta ao guarda-corpo da sacada que possibilitem a ancoragem do cinto de segurança.	3	10	5	3	150
							Hierarquia média	<b>3</b>			NPR final	<b>300</b>

Figura 112 (conclusão): Resultado da FMEA-PPS

**APÊNDICE B- RESULTADO DA FMEA-PPS NO EMPREENDIMENTO  
B**

Produto/processo: Execução das fundações						FMEA-PPS nº: 02				
Equipe de FMEA-PPS:						Data:				
						Data de revisão:				
Líder da equipe:						Página 01 de 01				
FMEA-PPS										
Fase de avaliação de perigos e riscos										
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
Item	Operação	Potencial modo de falha	Potencial efeito da falha	Severidade	Causas potenciais	Probabilidade	Controle existente	Hierarquia do controle	Deteção	NPR
01	Escavação para fundação	Desmoronamento de talude	Lesões e óbito	10	Profundidade da escavação	5	Escoramento	6	5	250
02		Desmoronamento de talude	Lesões e óbito	10	Instabilidade do solo	5	Escoramento	6	3	150
03		Desmoronamento de talude	Lesões e óbito	10	Sobrecarga nas bordas	8	Escoramento	6	5	400
04	Forma e desforma	Queda de altura sobre ferragens	Lesões graves	9	Desmoronamento da borda	8	Protetor de esperas	6	8	576
05		Problemas ergonômicos	Lombalgia	7	Manuseio de peças grande em local confinado	8	Não especificado	6	8	448
							Média hierárquica	<b>6</b>	NPR inicial	<b>1824</b>

**Figura 113 (continua): Aplicação do FMEA-PPS no Empreendimento B**

Produto/ Processo: Execução das fundações							FMEA-PPS nº: 02					
Equipe de FMEA-PPS:							Data:					
							Data de revisão:					
Líder da equipe:							Página 01 de 01					
FMEA - PPS												
Fase de integração dos requisitos de segurança do trabalho ao produto												
	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)
Item	Requisito (s)	Justificativa	Princípio PPS aplicável	Projeto (s) relacionado (s)	Interação com fornecedor Sim ou Não?	Responsável e data de execução	Ação tomada	Hierarquia do controle	Severidade	Probabilidade	Deteção	NPR
1	Eliminar ou minimizar escavações	Reduzir volume de escavação		Fundações	N	Projetista estrutural/ eng. de produção	Adotar estacas escavadas para as fundações mais profundas	2	10	2	3	60
2	Estabilizar o solo	Evitar segregação do solo		Fundações/canteiro	N	Eng. de produção	Escoramento das escavações	6	10	5	3	150
3	Aliviar carga nas bordas	Manter estabilidade do solo		Fundações	N	Eng. de produção	Delimitar área de depósito	5	10	4	3	120
4	Acesso seguro ao local de trabalho			Canteiro	N	Eng. de produção	Projetar base de trabalho.	5	9	4	3	108
5	Peças menores	Melhorar ergonomia do trabalho		Formas	S	Eng. de produção	Dimensionar as peças em função da escavação.	2	7	3	3	63
							Hierarquia média	4			NPR final	501

Figura 113 (conclusão): Resultado da FMEA-PPS

Produto/processo: Execução da cobertura, telhamento e instalação de calhas e rufos						FMEA-PPS nº: 02				
Equipe de FMEA-PPS:						Data:				
Líder da equipe:						Data de revisão:				
						Página 01 de 02				
FMEA-PPS										
Fase de avaliação de perigos e riscos										
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
Item	Operação	Potencial modo de falha	Potencial efeito da falha	Severidade	Causas potenciais	Probabilidade	Controle existente	Hierarquia do controle	Deteção	NPR
01	Montagem da estrutura de cobertura,	Queda de altura	Lesões	10	Esforço intenso	6	Cinto de segurança	6	8	480
02		Choque elétrico	lesões graves e óbito	10	Contato da estrutura com rede elétrica	7	EPI	6	8	560
03		Queda de materiais e equipamentos	Lesões	8	Organização do local de trabalho	10	Tela de proteção?	6	8	640
04		Exposição à solda elétrica	Lesões graves e doenças ocupacionais	10	Exposição aos raios UV	7	Máscara, avental e luvas.	6	6	420
05	Telhamento (colocação de telhas)	Queda de altura	Lesões e óbitos	10	Superfície lisa e inclinada	7	EPI	6	8	560
06				10	Material de difícil manuseio	5	EPI	6	8	400
07				10	Acesso inadequado	5	EPI	6	8	400
08		Queda de materiais e equipamentos	Lesões graves	8	Superfície lisa e inclinada	8	EPI	6	8	512

**Figura 114 (continua): Aplicação do FMEA-PPS no Empreendimento B**

Produto/processo: Execução da cobertura, telhamento e instalação de calhas e rufos						FMEA-PPS nº: 02				
Equipe de FMEA-PPS:						Data:				
						Data de revisão:				
Líder da equipe:						Página 02 de 02				
FMEA-PPS										
Fase de avaliação de perigos e riscos										
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
Item	Operação	Potencial modo de falha	Potencial efeito da falha	Severidade	Causas potenciais	Probabilidade	Controle existente	Hierarquia do controle	Deteção	NPR
09				8	Organização do trabalho	8	EPI	6	8	512
10		Cortes	lesões	7	Material cortante	8	EPI	6	8	448
11	Instalação de espelhos, calhas e rufos,	Queda de altura	Lesões graves e óbito	10	Acesso inadequado	7		6	8	560
12				10	Superfície lisa e inclinada	7		6	8	560
13		Queda de materiais e equipamentos	Lesões graves	8	Superfície lisa e inclinada	7		6	8	448
14			lesões	7	Organização do trabalho	8		6	8	448
15		Cortes	lesões	7	material cortante	8		6	8	448
							Média hierárquica	<b>6</b>	NPR inicial	<b>7396</b>

**Figura 114 (conclusão): Aplicação do FMEA-PPS no Empreendimento B**

Produto/ Processo: Execução da cobertura, telhamento e instalação de calhas e rufos							FMEA-PPS nº: 02					
Equipe de FMEA-PPS:							Data:					
							Data de revisão:					
Líder da equipe:							Página 01 de 04					
FMEA - PPS												
Fase de integração dos requisitos de segurança do trabalho ao produto												
	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)
Item	Requisito (s)	Justificativa	Princípio PPS aplicável	Projeto (s) relacionado (s)	Interação com fornecedor Sim ou Não?	Responsável e data de execução	Ação tomada	Hierarquia do controle	Severidade	Probabilidade	Deteção	NPR
1	Peças de fácil manuseio	Diminuir esforço físico	1	Estrutural	N	Calculista	Reduzir tamanho das peças para transporte e montagem	2	10	6	3	180
2	Manter distância de redes elétricas	Evitar choque elétrico	1	Estrutural, arquitetônico	S	Calculista e arquiteto	Reduzir tamanho das peças para transporte e montagem	2	10	6	3	180
3	Organizar o local de trabalho	Evitar desordem do ambiente de trabalho	1	###	N	Eng. de produção	Uso obrigatório de cinto de ferramentas; programas de treinamento	6	8	7	6	336
4	Não utilizar solda	Eliminar exposição a raios UV	1	estrutural	S	Projetista estrutural/ Eng.de produção	Utilizar ligações por parafusos	2	10	1	1	10

**Figura 115 (continua): Resultado da FMEA-PPS**

Produto/ Processo: Execução da cobertura, telhamento e instalação de calhas e rufos							FMEA-PPS nº: 02					
Equipe de FMEA-PPS:							Data:					
							Data de revisão:					
Líder da equipe:							Página 02 de 04					
FMEA - PPS												
Fase de integração dos requisitos de segurança do trabalho ao produto												
	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)
Item	Requisito (s)	Justificativa	Princípio PPS aplicável	Projeto (s) relacionado (s)	Interação com fornecedor Sim ou Não?	Responsável e data de execução	Ação tomada	Hierarquia do controle	Severidade	Probabilidade	Deteção	NPR
5	Segurança na movimentação	maior equilíbrio do trabalhador.	1	Arquitetônico	S	Arquiteto	Reduzir inclinação do telhado; Prever linhas de vida e passarelas permanentes	2	10	5	3	150
6	Reduzir esforço de transporte	Peças de fácil manuseio	1	Estrutura do telhado	S	Calculista	Telhas com furos em uma das extremidades para inserção de ganchos	2	10	5	3	150
7	Facilitar acesso ao local de trabalho	Evitar acessos improvisados	1	Arquitetônico	N	Arquiteto	Projetar escadas permanentes para acesso ao telhado	3	10	5	3	150
8	Segurança na movimentação	maior equilíbrio do trabalhador	1	Cobertura	N	Arquiteto	Prever linhas de vida e passarelas permanentes	3	8	5	3	120

**Figura 115 (continua): Resultado da FMEA-PPS**

Produto/ Processo: Execução da cobertura, telhamento e instalação de calhas e rufos							FMEA-PPS nº: 02					
Equipe de FMEA-PPS:							Data:					
							Data de revisão:					
Líder da equipe:							Página 03 de 04					
<b>FMEA - PPS</b>												
<b>Fase de integração dos requisitos de segurança do trabalho ao produto</b>												
	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)
Item	Requisito (s)	Justificativa	Princípio PPS aplicável	Projeto (s) relacionado (s)	Interação com fornecedor Sim ou Não?	Responsável e data de execução	Ação tomada	Hierarquia do controle	Severidade	Probabilidade	Deteção	NPR
9	Organizar o trabalho	evitar desordem do ambiente de trabalho	1	Não se relaciona	N	Eng. de produção	Uso obrigatório de cinto de ferramentas; programas de treinamento	5	8	8	6	384
10	Evitar contato bordas cortantes	Minimizar risco de cortes	1	Estrutura do telhado	S	Calculista	Telhas com furos em uma das extremidades para inserção de ganchos	2	5	3	105	
11	Facilitar acesso ao local de trabalho	Evitar acessos improvisados	1	Arquitetônico	N	Arquiteto	Projetar escadas permanentes para acesso ao telhado	2	10	5	3	150
12	Segurança na movimentação	Maior equilíbrio do trabalhador	1	Arquitetônico	N	Arquiteto	Reduzir inclinação do telhado; Prever linhas de vida e passarelas permanentes	2	10	5	3	150

**Figura 115 (continua): Resultado da FMEA-PPS**

Produto/ Processo: Execução da cobertura, telhamento e instalação de calhas e rufos							FMEA-PPS nº: 02					
Equipe de FMEA-PPS:							Data:					
							Data de revisão:					
Líder da equipe:							Página 04 de 04					
FMEA - PPS												
Fase de integração dos requisitos de segurança do trabalho ao produto												
	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)
Item	Requisito (s)	Justificativa	Princípio PPS aplicável	Projeto (s) relacionado (s)	Interação com fornecedor Sim ou Não?	Responsável e data de execução	Ação tomada	Hierarquia do controle	Severidade	Probabilidade	Deteção	NPR
13	Organizar o trabalho	evitar desordem do ambiente de trabalho	1	Não de relaciona	N	Eng. de produção	Uso obrigatório de cinto de ferramentas; programas de treinamento	5	7	8	6	336
14	Evitar bordas cortantes	Eliminar partes cortantes	1	Projeto hidrossanitário	S	Responsável pelo projeto hidrossanitário	Prever bordas das peças dobradas	2	7	5	3	105
							Hierarquia média	<b>2.93</b>			NPR final	<b>2626</b>

**Figura 115 (conclusão): Resultado da FMEA-PPS**

## **APÊNDICE C - QUESTIONÁRIOS PARA MAPEAMENTO DO PDP**

O objetivo deste questionário é identificar informações que representem como ocorre o processo de desenvolvimento do produto da obra estudada para elaboração do PPS.

#### A- DIREÇÃO

- 1) Existe algum modelo de PDP que seja seguido pela empresa? Se positivo, qual?
- 2) A empresa tem interesse em adotar um modelo de PDP para padronizar esse processo?
- 3) No caso do empreendimento A e do empreendimento B, como podem ser definidos os objetivos desses projetos?
- 4) Nesses projetos, quem são os profissionais que participam do PDP desde o início e quais suas atribuições?
- 5) Qual a seqüência das atividades no PDP?
- 6) Em que data iniciou o PDP dos empreendimentos A e B?
- 7) Quais os setores da empresa se envolveram no PDP dos empreendimentos A e B e qual a participação de cada um?
- 8) Como são escolhidos os profissionais que participam de cada empreendimento?
- 9) Sobre o conceito de PPS, a empresa vislumbra a possibilidade de sua implantação?
- 10) Qual seria para a empresa uma vantagem de incorporar o PPS ao PDP de seus produtos?
- 11) É possível identificar dificuldades de interação com fornecedores e clientes na implantação do PPS?
- 12) Em quais etapas/atividades do PDP acredita que decisões podem influenciar na SST dos usuários temporários?
- 13) Considera importante a preocupação com a SST dos usuários temporários desde o início do PDP?
- 14) Usualmente, em que etapa/atividade do PDP inicia o planejamento da SST?
- 15) Existe uma política de segurança do trabalho declarada e formalizada na empresa?
- 16) Seria possível incorporar a política de segurança o PPS?
- 17) Como são disponibilizados os recursos para a SST?
- 18) Considera o investimento em SST como um diferencial competitivo da empresa?

#### B- ADMINISTRATIVO: Orçamento, compras, projetos

- 1) Qual sua participação no PDP do empreendimento A e B?
- 2) Quais suas responsabilidades?
- 3) Quais as atividades precedentes às suas e quais informações necessita para o desenvolvimento das mesmas?
- 4) Como é seu relacionamento com os profissionais responsáveis pelas atividades precedentes e dependentes das que desenvolve? (Ex.:quanto a integração, cumprimento de prazos e fornecimento de informações)
- 5) Quais as etapas/atividades do PDP que dependem das que realiza?
- 6) Como consegue identificar se alguma decisão tomada em suas atividades poderá influenciar na SST dos usuários temporários?
- 7) A incorporação de requisitos de SST ao PDP poderá trazer prejuízo no desenvolvimento de suas atividades? Quais?
- 8) Considera importante a preocupação com a SST dos usuários temporários desde o início do PDP?
- 9) Acredita que a incorporação do PPS poderá trazer vantagem competitiva para a empresa?
- 10) Em caso da necessidade de redução de custos, é mantido os investimentos planejados para SST?

#### C: EXECUÇÃO

- 1) Como recebe os projetos vindos do escritório?
- 2) Qual sua participação na obra e no escritório?
- 3) Resultados da obra são considerados nos projetos?
- 4) Os projetos são executados na íntegra?
- 5) Como são realizadas as compras e contratações?
- 6) Como é a relação com os fornecedores?
- 7) Como é a relação com a administração do hospital?
- 8) A administração do hospital controla os orçamentos?
- 9) Qual sua visão sobre o impacto dos projetos na segurança dos trabalhadores?

## APÊNDICE D – SUGESTÃO DE ATIVIDADES PARA ANÁLISE DE PERIGOS

Atividade	Especificação
Serviços de terra	Escavação, reaterro e transporte manual de material excedente.
Fundações	Quebra de cabeças de estacas, Brocas, Forma e desforma, Armadura, Preparo, transporte, lançamento e adensamento do concreto.
Estruturas de concreto	Formas, escoramento e desforma, Armadura, Preparo, transporte, lançamento e adensamento do concreto. Concreto pré-moldado: fabricação e montagem, Concreto pré-fabricado: montagem,
Paredes e painéis	Alvenarias externas, Alvenarias internas,
Cobertura	Estrutura da cobertura, Telhamento, Instalação de espelhos, calhas e rufos, Fechamento lateral.
Impermeabilização	Impermeabilização de cobertura, Impermeabilização de reservatórios, Impermeabilização de pisos e paredes, Impermeabilização de sacadas e marquises.
Esquadrias	Colocação de contra-marcos, Instalação da janelas e vidros.
Revestimentos	Chapisco, emboço e reboco – internos e externos, caixa do elevador Revestimentos cerâmicos ou similares,
Forros	Colocação de forro em beirais e sacadas
Pintura	Pintura interna e externa
Limpeza	Limpeza final para entrega da obra Limpeza de reservatórios, Limpeza de calhas,
Instalações de utilidades	Instalação de alarmes, antenas, pára-raios, etc.

**APÊNDICE E – CÁLCULO DA CRITICIDADE DAS ETAPAS DO  
EMPREENDIMENTO A**

(0) Etapa	(1) MDO	(2) Ambiente	(3) Nível de Industrialização	(4) Método de trabalho	(5) Demanda	(6) Índice de criticidade	(7) %	(8) % AC	(9) Classificação
Formas, escoramento e desforma,	2	3	3	2	3	108	15,98	15,98	FMEA-PPS
Telhamento,	2	3	3	3	2	108	15,98	31,95	FMEA-PPS
Preparo, transporte, lançamento e adensamento do concreto.	3	3	2	1	3	54	7,99	39,94	FMEA-PPS
Alvenarias externas,	2	3	2	2	2	48	7,10	47,04	FMEA-PPS
Chapisco, emboço e reboco – internos e externos, caixa do elevador	2	3	2	1	3	36	5,33	52,37	FMEA-PPS
Colocação de forro em beirais e sacadas	3	2	2	1	3	36	5,33	57,69	FMEA-PPS
Estrutura da cobertura,	2	3	3	1	2	36	5,33	63,02	FMEA-PPS
Limpeza final para entrega da obra	2	2	2	2	2	32	4,73	67,75	FMEA-PPS
Armadura,	2	2	2	3	1	24	3,55	71,30	APR-PPS
Alvenarias internas,	2	3	2	2	1	24	3,55	74,85	APR-PPS
Revestimentos cerâmicos ou similares,	3	2	2	2	1	24	3,55	78,40	APR-PPS
Pintura interna e externa	1	2	2	2	3	24	3,55	81,95	APR-PPS
Limpeza de reservatórios,	2	2	2	1	3	24	3,55	85,50	APR-PPS
Colocação de contra-marcos,	3	2	2	2	1	24	3,55	89,05	APR-PPS
Instalação da janelas e vidros.	3	3	1	1	2	18	2,66	91,72	APR-PPS
Instalação de alarmes, antenas, pára-raios, etc.	2	2	1	2	2	16	2,37	94,08	APR-PPS
Limpeza de calhas,	2	2	2	1	2	16	2,37	96,45	APR-PPS
Instalação de espelhos, calhas e rufos,	2	2	2	1	2	16	2,37	98,82	APR-PPS
Impermeabilização de pisos,	2	1	1	1	2	4	0,59	99,41	APR-PPS
Impermeabilização de sacadas e marquises.	2	1	1	1	2	4	0,59	100,00	
Total						<b>676</b>	<b>100,00</b>		

**APÊNDICE F – CÁLCULO DA CRITICIDADE DAS ETAPAS DO  
EMPREENDIMENTO B**

(0)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
Etapa	MDO	Ambiente	Nível de Industrialização	Método de trabalho	Demanda	Índice de criticidade	%	% AC	Classificação
Escavação das fundações (sapatas)	3	3	2	3	2	108	21,43	21,43	FMEA
Estrutura da cobertura	2	3	3	3	2	108	21,43	42,86	FMEA
Colocação de telhas	2	3	2	3	2	72	14,29	57,14	FMEA
Instalação de calhas, rufos e espelhos	3	2	2	2	2	48	9,52	66,67	FMEA
Concretagem das sapatas	3	2	2	2	2	48	9,52	76,19	APR
Concretagem das brocas	2	3	2	2	2	48	9,52	85,71	APR
Quebra de cabeças de estacas	3	1	3	2	2	36	7,14	92,86	APR
Armadura das sapatas	1	2	2	2	2	16	3,17	96,03	APR
Concreto pré-fabricado: montagem	1	2	1	2	2	8	1,59	97,62	APR
Armadura das estacas	1	2	2	1	2	8	1,59	99,21	APR
Estaca escavada (brocas)	1	1	2	1	2	4	0,79	100,00	APR
Total						<b>504</b>	<b>100,00</b>		