



6 a 8 de outubro de 2010 - Canela RS

ENTAC 2010

XIII Encontro Nacional de Tecnologia
do Ambiente Construído

PROTOCOLO PARA INTEGRAÇÃO DE REQUISITOS DE SAÚDE E SEGURANÇA DO TRABALHO AO PROJETO DO PRODUTO DA CONSTRUÇÃO CIVIL

José Ilo Pereira Filho (1); Tarcisio Abreu Saurin (2)

(1) Departamento de Engenharia Civil – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Brasil – e-mail:
ilopereira@utfpr.edu.br

(2) Departamento de Engenharia de Produção e Transportes – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil – e-mail: saurin@ufrgs.br

RESUMO

O trabalho na indústria da construção civil é conhecido mundialmente por apresentar altos índices de acidentes do trabalho. Evitar ou reduzir os acidentes do trabalho trás vantagens econômicas e sociais, reduzindo os custos da construção e desenvolvendo melhor qualidade de vida dentro dos canteiros de obras. Dentre as causas desses acidentes, podem-se apontar as falhas de planejamento, falhas de execução dos planos e as falhas de projetos. Em relação a estas últimas, desde 1990 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 aplicação deste conceito 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 prática do mesmo. Nesse foco, este trabalho tem como objetivo propor um protocolo para integração de requisitos de segurança no trabalho ao projeto 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 protocolo foi desenvolvido e testado por meio de três estudos de casos, consistindo de um conjunto de procedimentos e ferramentas que envolvem as quatro etapas ciclo do gerenciamento de riscos (identificação, avaliação, resposta e monitoramento).

Palavras-chave: segurança e saúde no trabalho; processo de desenvolvimento de produto; projeto para a segurança.

1 INTRODUÇÃO

Desde 1990 vem se discutido sobre a influencia do projeto do produto sobre a segurança dos usuários, abordando a importância do conceito de projeto voltado para a segurança na melhoria das condições de trabalho nos canteiros de obras (MANUELE, 2008).

Um estudo realizado por Chucher; Starr (1997) apontou que 36% dos acidentes ocorridos na construção civil entre 1986 e 1989 no Reino Unido são oriundos de decisões de projeto e 27% são relativos ao planejamento da obra. Mostrando que além da importância de integrar a SST ao projeto do produto deve existir uma estreita relação entre desenvolvimento de projeto, SST (Saúde e Segurança do Trabalho) e planejamento da produção.

Ainda nesta linha de pesquisa, mais recentemente, comprovando a relação entre o projeto do produto 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 desenvolvimento do produto.

Desenvolver o projeto do produto de forma que esse ofereça segurança aos usuários é o objetivo do DFS (*Design For Safety*), (ASSE, 1994). A aplicação deste conceito na construção civil é conhecida como DFCS (*Design For Construction Safety*) e é definida por Toole; Hervol; Hallowell (2006) como a consideração da segurança do trabalho na fase de projeto, com o objetivo de reduzir os riscos de acidentes inerentes ao projeto.

Também é possível encontrar na literatura outras nomenclaturas para o mesmo conceito, tais como, SiD (*Safety in Design*), PtD (*Prevention through Design*) e CHPtD (*Construction Hazards Prevention through Design*), com isso, neste trabalho adotou-se o termo PPS (*Projeto Para Segurança*) para expressar o conceito de desenvolver o projeto do produto considerando a segurança do trabalho desde o durante todo o ciclo de vida da edificação.

Muitos trabalhos voltados para o PPS são encontrados na literatura, no entanto existe a carência de ferramentas e protocolos que auxiliem engenheiros e arquitetos a desenvolverem seus projetos com base nesse conceito. Assim, este trabalho apresenta o PISP (*Protocolo de Integração de Requisitos de SST ao Produto*) como sugestão de ferramenta para minimizar esta lacuna, visando reduzir as causas de acidentes do trabalho na construção civil e tornar os edifícios mais seguros aos usuários temporários (executores da obras e de serviços de manutenção e reforma) em todo o ciclo de vida do empreendimento, desde a concepção, construção, manutenção, reforma e demolição.

2 OBJETIVO

O objetivo deste artigo é apresentar os resultados da aplicação do protocolo de integração de requisitos de segurança do trabalho ao projeto do produto da construção civil – PISP no projeto de um empreendimento residencial de uma construtora situada em Porto Alegre – RS.

3 METODO DE PESQUISA

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. Similarmente, o PISP também engloba as etapas do gerenciamento de requisitos: elicitação, análise, especificação, validação e gerenciamento (NUSEIBEH; EASTERBROOK, 2000; CARVALHO; TAVARES; CASTRO, 2001; WAZLAWICK, 2004; SOMMERVILLE, 2007).

Com base em um estudo de caso sobre o PDP de uma obra hospitalar e em uma pesquisa-ação desenvolvida sobre o PDP de um edifício residencial e uma obra industrial desenvolveu-se a versão final do PISP, composta por quatro grandes etapas: (a) identificação de perigos relacionados ao PDP; (b) identificação de perigos e avaliação de riscos; (c) processamento de requisitos de SST; (d) avaliação e registro do aprendizado.

3.1 Identificação dos perigos relacionados ao PDP

Para o mapeamento do PDP do empreendimento A foi utilizado entrevistas semi-estruturadas com os projetistas, responsáveis por orçamento, contratos, e execução de obras. O mapa do PDP foi executado por meio de fluxogramas, que representem a seqüência das atividades sobre uma estrutura de linhas horizontal conhecida como *swim lanes*, as quais também utilizadas para modelagem de processo de negócios (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, com a identificação das atividades que já foram realizadas, das atividades que serão realizadas, das relações de dependência entre atividades, quais os profissionais envolvidos, quem são os interessados no empreendimento e como influenciam nas decisões de projeto.

Com base nesse mapeamento foi possível identificar as condições latentes do empreendimento que geram perigos organizacionais e as atividades onde os requisitos de SST podem ser integrados ao PDP.

3.2 Identificação dos perigos e avaliação dos 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 e riscos que os usuários estarão expostos ao desenvolverem suas atividades na execução, manutenção, reformas, ampliações e/ou demolição do edifício; (b) identificar os modos de falha e seus efeitos para cada etapa de execução do empreendimento; (c) avaliar o risco de cada modo de falha e; (d) determinar quais riscos serão eliminados ou minimizados através de medidas de projeto.

Para a execução desta etapa foi adaptada a técnica da análise do modo de falhas e seus efeitos – FMEA (MCDERMOTT; MIKULAK; BEAUREGARD, 1996; PALADY, 1997), de modo a permitir o registro de requisitos, hierarquia de controle, e outras informações voltadas ao conceito de PPS, chamado de FMEA-PPS e traz assinalado em azul os campos adaptados nesse trabalho.

3.3 Processamento de requisitos de SST

Tem como objetivo determinar quais os requisitos de SST são necessários para eliminar ou minimizar os riscos identificados nas etapas prioritárias do empreendimento. Transformar em requisitos de projeto as soluções para os modos de falha se mostra na rastreabilidade das soluções de projeto, pois o requisito expressa uma característica que o projeto deve atender, possibilitando ampliar as opções de solução para atender ao requisito.

As atividades relacionadas à integração dos requisitos de SST ao produto serão desenvolvidas com a utilização do formulário da segunda fase da FMEA-PPS, que segue o mesmo procedimento da etapa anterior.

O item que apresenta os resultados da aplicação do PISP traz os dois formulários preenchidos com o exemplo de três modos de falhas encontradas no Empreendimento A. Vários modos de falha foram avaliados e transformados em requisitos de SST, mas devido à limitação de espaço não foi possível a total representação dos mesmos.

3.4 Avaliação e registro do aprendizado

O PISP propõe que o projeto final seja avaliado sobre quatro aspectos: (a) avaliação de quanto o projeto está voltado ao conceito de PPS; (b) avaliação dos riscos controlados; (c) determinação de medidas padronizáveis e; (d) avaliação do PPS pelos usuários. Sendo que para avaliar o quanto o projeto está voltado ao conceito PPS é sugerido que se utilize da média da hierarquia de controle, que classifica medidas adotadas em função da eliminação de perigos e riscos no projeto da edificação (MANUELE, 2008; ROUGHTON; CRUTCHFIELD, 2008), conforme detalhado na seqüência (Tabela 1):

Tabela 1 – Hierarquia de controle

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
4	Providenciar sistemas de alarme
5	Aplicar controles administrativos (métodos de trabalho, treinamento, cronograma)
6	Adotar uso de EPI

O cálculo da média da hierarquia de controle indica que quanto mais próximo de 1, mais voltado está o projeto ao conceito de PPS, pois as medidas de projetos eliminaram ou minimizaram os riscos nessa etapa do PDP.

Para avaliar os riscos controlados, sugere-se além da utilização do número prioritário de risco – NPR para uma comparação entre a primeira e a segunda etapa do FMEA-PPS e que se utilize do relatório PISP para projeto para avalie quais os riscos e perigos são controlados pelas medidas de projeto.

Já a avaliação das medidas padronizáveis deverá ser realizada em função de quantas medidas adotadas poderão ser utilizadas nos demais projetos da empresa, colaborando para o melhoramento contínuo desse processo.

Por fim, a avaliação do PPS sob a visão do usuário final tem como finalidade identificar como este usuário foi beneficiado pelas medidas adotadas no projeto da edificação em função da construtibilidade e SST. Tal avaliação deve ser realizada por entrevistas semi-estruturadas com os usuários temporários durante e após a execução do PPS.

4 ANÁLISE DE RESULTADOS

4.1 Identificação dos perigos relacionados ao PDP

Para a execução dessa etapa primeiramente foi desenvolvido o mapeamento do PDP do Empreendimento A, que apontou os perigos organizacionais e os possíveis pontos de integração dos requisitos de SST ao PDP. O estudo desse empreendimento ocorreu durante a fase de execução da obra, onde modificações de projeto já não influenciariam na execução dos serviços de maior risco, como fundações e estruturas, sendo assim, optou-se em aplicar o PISP com foco principal nos serviços de acabamento e manutenção predial.

Para ilustrar o mapa do PDP, uma vez que o mapa completo ocuparia um grande espaço, a figura 1 representa um pequeno trecho do mesmo, permitindo identificar a estrutura utilizada para o mapeamento.

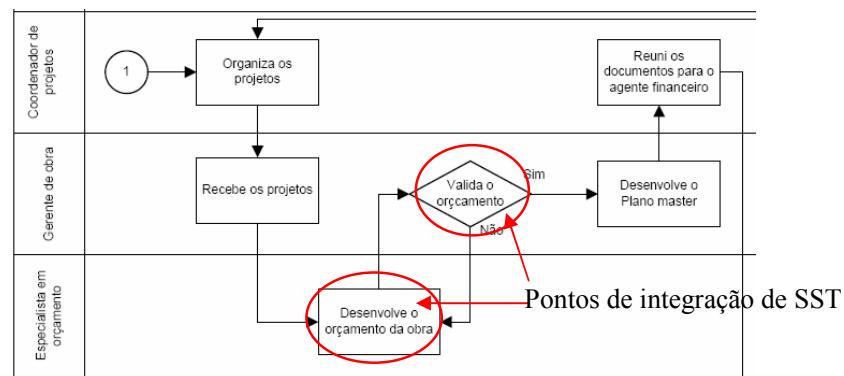


Figura 1 - Trecho do mapa do PDP do Empreendimento A

A partir do mapeamento do PDP do Empreendimento A, identificou-se as condições latentes que associadas a outras decisões organizacionais podem interferir na SST dos usuários temporários, para fins de apresentação neste trabalho se optou em apresentar apenas 3 exemplos (Tabela 2):

Tabela 2 – Formulário para registro de condições latentes

Identificação de perigos organizacionais (condições latentes)				
Etapa do PDP	Decisão organizacional	Efeito (positivo ou negativo)	Usuário afetado	Ações
Análise de viabilidade	O custo é estimando em função do CUB	Não considera condições particulares de cada empreendimento	Temporário	Considerar as características individuais de cada prédio
Orçamento	Calculado com base no anteprojeto, depois esse é transformado em custo meta.	Limita recursos financeiros	Temporário final	e Elaborar orçamento com base nos projetos completos
Formação do preço de venda	Determina o preço de venda das unidades em função do mercado	Estabelece limite de custo para manter o lucro previsto, impedindo modificações de projeto em prol da SST	Temporário final	e Formar o preço de venda após término de todos os projetos

Com base no mapa do PDP do empreendimento A, os pontos de integração dos requisitos de SST adotados foram (Quadro 1):

Quadro 1 - Pontos de integração de requisitos de SST

Etapa/atividade do PDP	Responsável	Como influencia na SST
Prospecção do terreno	Coordenador do projeto	Possibilita escolha de terreno adverso à SST, que necessite de grande volume de escavações e/ou contenções, por exemplo.
Estudo de viabilidade do empreendimento	Comitê imobiliário	Permite alterações nas características construtivas do empreendimento.
Estudo preliminar	Coordenador do projeto	Permite especificar itens do PPS já na fase inicial do projeto.
Aprovação do projeto	Coordenador do projeto	Define estrutura básica do edifício
Elaboração de projetos complementares	Dep. de projetos	Determina as características físicas do empreendimento.
Elaboração do orçamento	Especialista em orçamento	Etapa onde ocorre a determinação do custo, possibilitando cortes na SST.
Gerência da obra	Engenheiro de produção	Garante a execução das medidas de PPS.

Embora a aplicação do PISP fosse desenvolvida após a execução de algumas atividades apontadas anteriormente como pontos de integração, foi constatado pela avaliação do PDP que estas tiveram grande influência das condições de SST da obra estudada.

4.2 Identificação dos perigos e avaliação dos riscos

A identificação de perigos e avaliação de riscos foi desenvolvida no formulário de FMEA-PPS, onde se apresenta 3 exemplos ilustrativos dos resultados (Tabela 3):

Tabela 3 - Formulário de FMEA-PPS para identificação de perigos e avaliação de riscos

FMEA-PPS nº.: 01				
Produto/ Processo: Empreendimento “A”				
Equipe: Data:				
Fase de identificação de perigos e avaliação de riscos				
Modo de falha referente		1	2	3 Avaliação
(1)	Operação	Colocação do forro nas sacadas	Manutenção dos reservatórios superiores	Manutenção do poço de ventilação
(2)	Potencial modo de falha	Queda de altura	Queda de altura	Queda de altura
(3)	Potencial efeito da falha	Lesões graves e/ou óbito	Lesões graves e/ou óbito	Lesões graves
(4)	Causas potenciais	Desequilíbrio do trabalhador	Desequilíbrio do trabalhador	Descuido, falta de habilidade
(5)	Severidade	10	10	9
(6)	Probabilidade	7	7	7
(7)	Controle existente	Capacete	Cinto de segurança	Nenhum
(8)	Hierarquia do controle	6	6	6 Média 06
(9)	Detecção	10	10	10
(10)	NPR *	700	700	630 Total 2030

* NPR = Severidade X probabilidade X Detecção

Características da FMEA-PPS

OS riscos considerados não prioritários na etapa de identificação de perigos e avaliação de riscos são avaliados pala aplicação da APR-PPS (Avaliação Preliminar de Risco) adaptada ao PPS que verifica se cada risco pode ser controlado por medidas de PPS, classificando a medida de controle em função de sua hierarquia, conforme exemplo (Quadro 1):

Quadro 1 - Formulário de APR-PPS

Etapa: Manutenção elétrica				
Atividade	Perigos	Medidas de controle	Hierarquia de controle	Observações
Troca de lâmpadas	Queda de altura e choque elétrico	Cinto de segurança, EPIs para trabalhos com eletricidade	3	Projetar pontos de iluminação nas paredes em locais de difícil acesso ao teto

Após aplicação da APR-PPS, os riscos que podem ser gerenciados pelo PPS são encaminhados para o relatório PISP para projeto, onde as medidas adotadas serão integradas aos projetos relacionados, como no caso do exemplo acima, o projeto elétrico será alterado para que não sejam instalados pontes de iluminação em locais de pé-direito elevado, necessitando a previsão de pontos de iluminação instalados nas paredes.

4.3 Processamento de requisitos de SST

A etapa de processamento de requisitos inicia pela transformação de um modo de falha do sistema em um requisito de SST que deverá ser atendido no projeto. Para realizar as atividades dessa etapa se utiliza o formulário da segunda fase da FMEA-PPS, que apresentou os seguintes exemplos de medidas de projeto (Tabela 4):

Tabela 4 - Formulário de FMEA – PPS para integração de requisitos de SST

Fase de integração de requisitos de SST				
Modo de falha referente	1	2	3	
(11) Requisito	Prever pontos para ancoragem de cinto de segurança	Facilitar o acesso ao local de trabalho, criar melhores condições de trabalho	Projetar acesso controlado ao poço de ventilação	
(12) Justificativa	Fixação do cinto de segurança	Evitar acessos e procedimentos improvisados	Evitar a entrada de pessoas não autorizadas ao poço de ventilação	
(13) Princípio PPS	Projetar pontos permanentes de ancoragem	Projetar estruturas auxiliares permanentes	Eliminar riscos desnecessários	
(14) Projeto (s) relacionado (s)	Estrutural	Arquitetônico, estrutural	Arquitetônico, estrutural	
(15) Interação com fornecedor Sim ou Não?	Não	Não	Não	
(16) Responsável	Calculista	Arquiteto, calculista	Arquiteto, calculista	
(17) Ação tomada	Instalar ganchos na parede oposta ao guarda-corpo da sacada.	Projetar plataformas entre os reservatórios, instalação de ganchos para movimentação de equipamentos.	Retirada da escada de marreho; execução de guarda-corpo em alvenaria; instalação de porta no patamar da escada	
(18) Hierarquia do controle	3	2	2	Média 2,33
(19) Severidade	10	8	9	
(20) Probabilidade	5	3	2	
(21) Detecção	3	5	5	
(22) NPR *	150	120	90	Total 360

* NPR = Severidade X probabilidade X Detecção

 Características da FMEA-PPS

Depois de transformar os requisitos em medidas de projetos, deve-se preencher o relatório PPS para execução, que será encaminhado aos responsáveis pelos projetos relacionados para integração das medidas de PPS, conforme exemplo (Tabela 3):

Tabela 3 – Relatório PISP para projeto

Produto/processo: Empreendimento A			Data:	Data de Revisão:					
Equipe:			Projetos avaliados: Arquitetônico e estrutural.						
Página: 01 de 01			Observações: Resumo do trabalho						
Origem	Demandra	Justificativa	Projeto	Fase de implantação	Fase de utilização	Usuários favorecidos			
FMEA 01	Eliminar escada de acesso ao poço de ventilação	Impedir acesso de pessoas não autorizadas	Arquitetônico e estrutural	Execução da alvenaria	Acabamentos e manutenção	Temporários e finais			
FMEA 01	Instalar ganchos de apoio sobre os reservatórios e plataforma entre os mesmos	Auxiliar na movimentação de equipamentos e melhoria do acesso ao local de trabalho	Arquitetônico	Concretagem da laje de cobertura e instalação dos reservatórios	Manutenção dos reservatórios	Temporários e finais			

Na figura 2 estão representadas as traduções dos requisitos de SST em medidas de projeto para a execução do forro das sacadas, pintura e posterior manutenção das fachadas, uma vez que no projeto original não foi constatado pontos adequados para a fixação do cinto de segurança do trabalhador, permitindo que o mesmo não usasse adequadamente o EPI. Também se encontra na mesma figura as soluções para a manutenção dos reservatórios superiores e acesso e manutenção das antenas de TV que em outro FMEA-PPS se determinou uma área específica para a instalação de tais equipamentos.

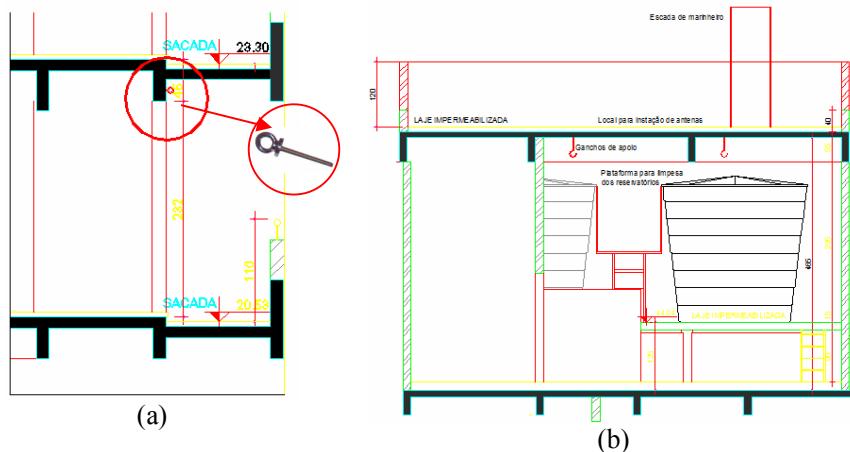


Figura 2 - Soluções PPS (a) colocação de ganchos para a execução forros nas sacadas e pintura (b) estrutura para manutenção de reservatórios

Ainda exemplificando o resultado do PPS a figura 3 aponta as alterações necessárias para restringir o acesso ao poço de ventilação. 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 no patamar da escada, também foi projetado um peitoril em alvenaria com altura de 1,20m para proteção da área.

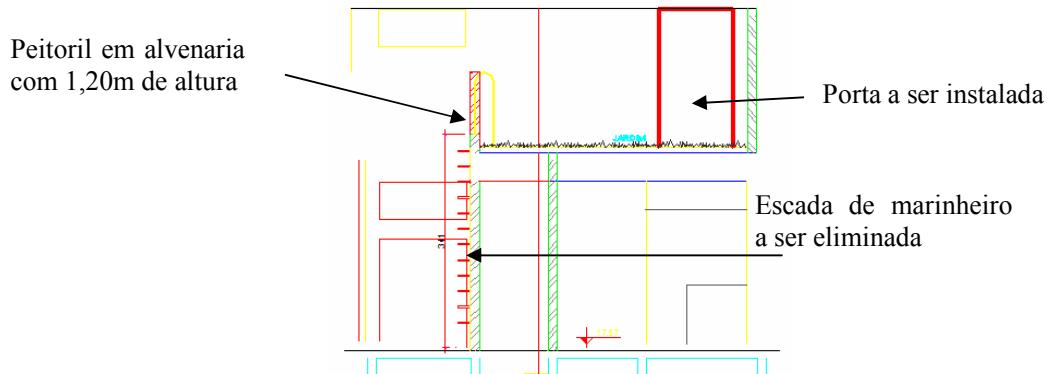


Figura 3 – PPS voltado para restrição de acesso às áreas de risco de queda de altura.

As figuras 2 e 3 também ilustram como o PPS fica integrado aos demais projetos, pois as medidas estabelecidas são especificadas nos projetos relacionados, facilitando o dimensionamento, orçamento e o planejamento e controle da execução.

4.4 Avaliação e registro do aprendizado

- Avaliação de quanto o projeto está voltado ao conceito de PPS: comparando o valor da média da hierarquia de controle da fase de identificação de perigos e avaliação de riscos (média = 6) e o valor da média da hierarquia de controle da fase de integração dos requisitos de SST (média = 2,3) é possível avaliar que o projeto do empreendimento A após a aplicação do PISP se tornou mais alinhado ao conceito de PPS, uma vez que o valor alvo seria 1 (um).
- Avaliação dos riscos controlados: da mesma forma que a avaliação anterior, compara-se o valor do NPR (2030) da primeira fase com o NPR (360) da segunda fase, percebe-se que este número sofreu uma redução superior a 80%, indicando que as medidas adotadas reduziram a probabilidade de acidentes, além desses indicadores, verificou-se que as medidas adotadas (22 no PPS completo) controlaram riscos ergonômicos, químicos, risco de queda de altura e choque elétrico.
- Determinação de medidas padronizáveis: medidas como projeto de peitoris em áreas comuns com altura de 1,20m; definição de áreas para instalação de antenas e equipamentos especiais; projeto de pontos de fixação permanente de cinto de segurança, dentre outros, podem ser padronizados para aplicação em projetos futuros.

As demais avaliações (d) avaliação do PPS pelos usuários e (e) monitoramento de requisitos não foram realizadas em função do prazo de realização da pesquisa.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho apresentou exemplos práticos da aplicação do PISP apontando algumas das soluções de projeto adotadas no empreendimento estudado, que podem ser adotadas em outros projetos que apresentem necessidades e condições similares.

Embora a aplicação do PISP no PDP do Empreendimento A tenha sido realizada na fase de execução dos acabamentos do edifício, os resultados permitiram transformar o projeto original em um projeto mais seguro aos usuários temporários, principalmente aos responsáveis por serviços de manutenção, mostrando a flexibilidade do protocolo em ser aplicado em qualquer fase do PDP e ser direcionado a qualquer etapa do ciclo de vida do edifício.

Acredita-se que o PISP tem condições de auxiliar engenheiros e arquitetos a aplicarem o conceito de PPS em seus projetos, melhorando as condições de segurança e saúde do trabalho na construção civil.

6 REFERÊNCIAS

ASSE - American society of safety engineers. **Position statement on designing for safety.** 1994. Disponível em www.asse.org/professionalaffairs/govtaffairs/ngposi11.php acesso em 19/06/2008

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.

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.

CHUCHER, D. W. ; 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.

MCDERMOTT, R. E.; MIKULAK, R. J.; BEAUREGARD, M. R. **The basics of FMEA.** Portland: Productivity, 1996.

MANUELE, F. A. Prevention through design (PtD): History and future. In: **Journal of safety Research**, p. 127-130, 2008.

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.

PALADY, P. **FMEA:** Análise dos modos de falha e efeitos: prevendo e prevenindo problemas antes que ocorram. São Paulo: IMAM, 1997.

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

SOMMERVILLE, I. **Engenharia de software.** 8 ed. São Paulo: Pearson Addison-Wesley, 2007

TOOLE, T. M.; HERVOL, ; HALLOWELL, . Design for construction safety. In: **Modern steel construction.** June, 2006.

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.

VALLE, R.; OLIVEIRA, S.B. **Análise e modelagem de processos de negócio:** foco na notação BPMN (business process modeling notation). São Paulo: Atlas, 2009.

7 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à UTFPR – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, à CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, e à Fundação Araucária, parceiras no apoio aos pesquisadores, possibilitando a realização desse trabalho.