



UFBA

UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
ESCOLA POLITÉCNICA
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA INDUSTRIAL - PEI

MESTRADO EM ENGENHARIA INDUSTRIAL

MÁRCIO RICARDO RODRIGUES GOMES

ESTUDO DA VIABILIDADE DA APLICAÇÃO DE
MÉTODOS DE ANÁLISE DE RISCO EM
LABORATÓRIOS DE QUÍMICA EM INSTITUIÇÃO DE
ENSINO E PESQUISA EM UNIVERSIDADES



SALVADOR
2017



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
ESCOLA POLITÉCNICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA INDUSTRIAL**

MESTRADO EM ENGENHARIA INDUSTRIAL

MÁRCIO RICARDO RODRIGUES GOMES

**ESTUDO DA VIABILIDADE DA APLICAÇÃO DE
MÉTODOS DE ANÁLISE DE RISCO EM
LABORATÓRIOS DE QUÍMICA EM INSTITUIÇÃO DE
ENSINO E PESQUISA EM UNIVERSIDADES**

**Salvador
2017**

MÁRCIO RICARDO RODRIGUES GOMES

**ESTUDO DA VIABILIDADE DA APLICAÇÃO DE
MÉTODOS DE ANÁLISE DE RISCO EM
LABORATÓRIOS DE QUÍMICA EM INSTITUIÇÃO DE
ENSINO E PESQUISA EM UNIVERSIDADES**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Industrial, da Universidade Federal da Bahia, como requisito para obtenção do título de Mestre em Engenharia Industrial.

Orientador: Prof. Dr. Anastácio Pinto
Gonçalves Filho

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Luciana Bitencourt
Oliveira

Salvador
2017

Gomes, Márcio Ricardo Rodrigues Estudo da Viabilidade da Aplicação de Métodos de Análise de Risco em Laboratórios de Química / Márcio Ricardo Rodrigues Gomes.
66 f.

Orientador: Prof. Dr. Anastácio Pinto Gonçalves Filho.
Dissertação (Mestrado em engenharia industrial) – Universidade Federal da Bahia Escola Politécnica. Campus 2017..

1. Prevenção de acidentes; 2. análise de riscos; 3. laboratório de química.
I. Filho, Anastácio Pinto Gonçalves. II. Títulos

CDD: 543

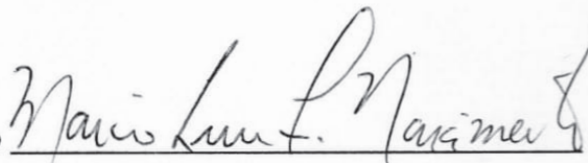
ESTUDO DA VIABILIDADE DA APLICAÇÃO DE MÉTODOS DE ANÁLISE DE RISCO EM LABORATÓRIOS DE QUÍMICA

Márcio Ricardo Rodrigues Gomes

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Industrial, da Universidade Federal da Bahia, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia Industrial.

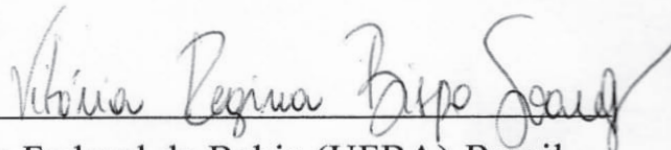
Examinada por:

Prof. Dr. Marcio Luis Ferreira Nascimento




Doutora em Ciência e Engenharia dos Materiais pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCAR) - Brasil 2004.

Profª. Drª. Vitória Regina Bispo Soares



Doutora em Química pela Universidade Federal da Bahia (UFBA)-Brasil 2014.

Profª. Drª. Ava Santana Barbosa



Doutor em Engenharia de Produção pela Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo (USP) - Brasil 2010.

Salvador, BA – BRASIL
Agosto/2017

Dedico este trabalho a Deus e à minha família.

AGRADECIMENTOS

Ao orientador desta dissertação, Professor Doutor Anastácio Pinto Gonçalves Filho, que sempre me incentivou na busca de uma melhor qualificação deste trabalho.

À Professora Doutora Luciana Bitencourt Oliveira, por sua dedicação em todos os momentos do desenvolvimento deste trabalho.

À minha família, em especial à minha esposa e filho. que confiaram, entenderam e apoiaram minha jornada.

Aos amigos e colegas, pela força e pela vibração em relação a esta jornada.

Aos professores e colegas de curso, pois juntos trilhamos uma etapa importante de nossas vidas.

Aos profissionais respondentes, pela concessão de informações valiosas para a realização deste estudo.

A toda equipe de funcionários administrativos do PEI, pela atenção e carinho.

A todos que, com boa intenção, colaboraram para a realização e finalização deste trabalho.

“Quando a educação não é libertadora, o sonho do
oprimido é ser o opressor”
(Paulo Freire).

RESUMO

Este trabalho teve o objetivo de verificar a aplicabilidade dos métodos HAZOP (*Hazard and Operability Study*) e Análise Preliminar de Risco (APR), utilizando o método da matriz de decisão e análise da causa raiz, com o auxílio do método 5 Porquês. Tais métodos serviram para a realização de análise de risco visando a prevenção de cenários que, caso se realizassem, conseguiriam gerar situações que poderiam vir a causar perdas com impactos significativos às pessoas, ao patrimônio, à imagem e ao ambiente dos laboratórios de ensino e pesquisa do Instituto de Química (IQ) da Universidade Federal da Bahia (UFBA). A coleta de dados se deu através da aplicação de questionários com o intuito de conhecer os riscos existentes em laboratórios. O tratamento dos dados foi realizado através do método HAZOP e a classificação ocorreu conforme a classe de risco a que pertenciam. Em seguida, os resultados foram submetidos à APR por meio da matriz de decisão e os riscos considerados com nível não tolerável ou moderado foram submetidos à análise da causa raiz, usando o método dos 5 Porquês. Este, por sua vez, objetivava adotar medidas para prevenir e evitar acidentes. Foi possível concluir que o uso destes métodos para a análise de risco consiste numa solução viável para prevenção de acidentes em laboratórios de química das instituições de ensino e pesquisa em universidades.

Palavras-chave: Prevenção de acidentes; análise de riscos; laboratório de química.

ABSTRACT

This work presents the applicability of the Hazard and Operability Study (HAZOP) Preliminary Risk Analysis (APR) using the pattern's decision method and review the main reason using the method of five reasons to carry out the risk analysis to prevent scenarios that, in their materialization could get situations can cause losings with significant impacts to people, patrimony, image and to the environment of teaching laboratories and (UFBA-IQ) searching. The results of this searching came from questionnaire application to know the risk in the laboratories. The processing of data was realized through HAZOP method and the classification occurred according to the risk category they were. Then, the results were submitted to APR. Through the matrix's decision and the risk considered with non-tolerable level or moderate were submitted to patterns cause analysis, using the five reasons why. Adopting ways to prevent accidents. IT was possible to conclude that the use of these methods for the review's risk is a viable solution to avoid accidents in chemistry laboratories

Keywords: Accident prevention; risk analysis; chemistry lab.

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Risco Físico	41
Gráfico 2 - Risco Químico	42
Gráfico 3 - Risco Ergonômico.....	42
Gráfico 4 – Risco de Acidentes	43

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Desvios de acordo com os parâmetro de processo.....	30
Quadro 2 – Adaptação da Matriz de Decisão.....	33
Quadro 3 – Categorias de risco, de acordo com o quadro anterior.....	34
Quadro 4 - Riscos Físicos	44
Quadro 5 - Riscos Químicos	45
Quadro 6 – Riscos Ergonômicos nos Laboratórios de Química.....	46
Quadro 7 – Risco de acidente dos Laboratórios	47
Quadro 8 – Aplicação do método 5 Porquês.....	50

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 OBJETIVOS	15
2.1 GERAL	15
2.2 ESPECÍFICOS	15
3 HIPÓTESE	16
4 JUSTIFICATIVA	17
5 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	18
5.1 ENGENHARIA DE SEGURANÇA	18
5.1.1 História da Segurança do Trabalho no Brasil	19
5.2 SEGURANÇA EM LABORATÓRIOS QUÍMICOS NAS INTITUIÇÕES DE ENSINO E PESQUISA DE ENSINO SUPERIOR.....	21
5.3 RISCO	23
5.4 ANÁLISE DE RISCO	26
5.5 MÉTODOS DE ANÁLISE DE RISCO	27
5.5.1 Hazard and Operability Study (HAZOP)	28
5.5.2 Conceitos fundamentais para o desenvolvimento do HAZOP	28
5.5.3 A Análise Preliminar de Risco (APR)	30
5.5.4 Análise da Causa Raiz pelo Método dos 5 Porquês	34
6 METODOLOGIA	36
6.1 PÚBLICO-ALVO	36
6.2 ÁREAS DE ESTUDO	37
6.3 MÉTODO DE COLETA DE DADOS - QUESTIONÁRIO	37
6.4 PROCEDIMENTOS ADOTADOS NA APLICAÇÃO DO QUESTIONÁRIO	38
7 RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
7.1 RISCOS IDENTIFICADOS E CLASSIFICADOS COM APLICAÇÃO DO HAZOP	40
7.2 ANÁLISE DOS DADOS DO QUESTIONÁRIO 2	41
7.3 CLASSIFICAÇÃO DOS RISCOS PELA APR	43

7.4 RECOMENDAÇÕES UTILIZANDO MÉTODO 5 PORQUÊS	49
8 CONCLUSÃO	56
REFERÊNCIAS.....	57
APÊNDICES	Erro! Indicador não definido.
APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO 1 – ROTEIRO DOS QUESTIONÁRIOS APLICADOS NOS LABORATÓRIOS DE QUÍMICA.....	62
APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO 2 - ROTEIRO DOS QUESTIONÁRIOS APLICADOS NOS LABORATÓRIOS DE QUÍMICA.....	63

1 INTRODUÇÃO

A análise de risco foi relatada de forma técnica em registros do departamento de defesa norte americano no início dos anos 2000 como resultado de uma política militar adotada após a guerra do Golfo Pérsico, momento em que surgiram padrões de sistemas de segurança considerados como elementos-chave da engenharia de sistemas, que possuem o intuito de criar um método padrão, para a identificação, classificação e mitigação de perigos (MIL-STD-882E, 2012).

Com o objetivo de prevenir mortes acidentais, lesões ou doenças, além de assegurar a qualidade do ambiente, e, na medida do possível, identificar e gerir os riscos associados, foi criada uma metodologia de segurança de sistema, para a integração da gestão de riscos nos processos que abordam os perigos como considerações operacionais (MIL-STD-882E, 2012).

A padronização de práticas de segurança facilitou a abordagem do departamento de defesa dos EUA na identificação dos riscos e mitigação destes, quando encontrados durante o processo de sistemas (MIL-STD-882E, 2012).

A análise de risco, que inicialmente foi usada pelos militares, foi adaptada para o uso industrial, com o intuito, dentre outros, de prevenir perdas materiais e humanas, que poderiam prejudicar as empresas, atingindo tanto o seu patrimônio como a sua imagem (OLIVEIRA, 2008).

No Brasil, a empresa Petrobrás se destaca pelo uso desse método. Seu principal produto é o petróleo e a manipulação deste é fator relevante na caracterização de perigo no ambiente em que se encontra (OLIVEIRA, 2008).

Muitas indústrias têm utilizado o método de análise de risco para a prevenção de perdas causadas por acidentes, como as indústrias de alimentos, borracha, entre outros (HELMAN, 1995).

Alguns estudos, como Erthal (2014), usam a análise de risco para avaliar as condições de trabalho em canteiros de obra. Soares (2015), por exemplo, utiliza essa metodologia para avaliar o risco em trabalhos de terraplanagem em obras de construção civil; enquanto que De Cicco (2003) faz uso dessa metodologia também para auxiliar na prevenção de riscos em investimentos financeiros, a partir da qual avalia se estes podem ser considerados toleráveis ou não. Logo, em vários setores e campos do conhecimento a antecipação de

cenários tem sido um método muito importante na prevenção de acidentes que podem resultar em custos elevados (HELMAN, 1995).

Diferentemente das indústrias, os laboratórios de pesquisa das universidades não são considerados como ambientes de risco, mesmo contendo substâncias que podem conferir danos aos discentes e profissionais que atuam nestes, como, por exemplo, a possibilidade de exposição inadequada de agentes químicos aos usuários (LANGERMAN, 2009).

A *Occupational Safety and Health Administration* (OSHA) é o órgão norte americano responsável por editar normas e padrões na área de saúde e segurança, e descreve procedimentos que auxiliam na gestão da segurança em laboratórios. Apesar destes esforços, incidentes que resultam em lesões, bem como perda de propriedade, continuam a ocorrer em locais de ensino e pesquisa (OSHA, 2017).

A aplicação dos métodos descritos no padrão de segurança de processo da OSHA para operações em laboratórios tem o potencial de reduzir os riscos associados às operações realizadas nestes locais (LANGERMAN, 2009).

A segurança em laboratórios acadêmicos foi reportada por Langerman (2009), no qual foi apresentada a revisão de mais de 94 incidentes em laboratórios identificados pela Chemical Safety and Hazard Investigation Board (C.S.B) e todos os relatos levaram à conclusão de que mesmo os estabelecimentos considerados como os melhores laboratórios das mais conceituadas universidades não estão a salvo de situações de riscos durante o desenvolvimento de trabalhos acadêmicos (CSB, 2015).

Entretanto, Schulz (2005) destacou que os laboratórios acadêmicos raramente trabalham com quantidade de materiais e escala de processos comumente utilizados nas industriais; por esse motivo a segurança não é prioridade, pois subentende-se que a quantidade de materiais não fornece a real significância do perigo ao qual as pessoas estão expostas nesses ambientes.

É esperado que discentes e técnicos que realizam atividades em laboratórios acadêmicos tenham comportamentos e atitudes semelhantes aos adotados no ambiente de empresas, inclusive no cumprimento de leis e regulamentos (HALE, 1990).

No entanto, discentes, docentes e técnicos muitas vezes aplicam regras apenas para algumas situações, não estendendo tais regras as todas as operações no laboratório de ensino/pesquisa (HALE, 1990).

Com o intuito de reduzir incidentes e acidentes envolvendo pessoas e materiais em laboratórios de Química nas instituições de Ensino Superior, torna-se relevante e necessária a adoção de atitudes preventivas em relação aos perigos envolvidos durante o desenvolvimento dos diversos trabalhos realizados nesta área (BRAND,1995).

Nesse contexto, o presente trabalho propõe verificar a aplicabilidade de métodos de análise de risco, a fim de identificar as causas de possíveis acidentes que venham a ocorrer nos laboratórios de ensino/pesquisa e propor medidas de prevenção. Para tanto, será testada uma metodologia nos laboratórios de Química do Instituto de Química (IQ) da Universidade Federal da Bahia (UFBA), nos quais são realizadas pesquisas científicas e tecnológicas. Pretende-se, que com este trabalho, ser possível diminuir os riscos aos quais estão expostas as pessoas que desenvolvem atividades laborais nesse ambiente específico.

2 OBJETIVOS

2.1 GERAL

A presente pesquisa tem como objetivo verificar a aplicabilidade de métodos de análise de risco, a fim de avaliar sua aplicabilidade, isto é, identificar e classificar os riscos em laboratórios de química em instituições de ensino/pesquisa nas universidades para propor medidas para prevenção a acidentes.

2.2 ESPECÍFICOS

- Discutir risco e os métodos de análise de risco: *Hazard and Operability Study* (HAZOP) e a Análise Preliminar de Risco (APR) com o uso da matriz de decisão e o estudo da causa raiz pelo método dos 5 Porquês;
- Identificar e reconhecer os riscos existentes nos laboratórios instalados no Instituto de Química da UFBA por meio de questionário;
- Aplicar o método HAZOP nos riscos identificados no item anterior, para o reconhecimento da fonte e classificação destes riscos, a saber: riscos físicos, riscos químicos, riscos biológicos, riscos ergonômicos e riscos de acidentes;
- Aplicar a APR usando a matriz de decisão para categorizar os riscos classificados pelo método HAZOP em: riscos toleráveis, moderados e não toleráveis;
- Aplicar a análise da causa raiz usando o método 5 Porquês para propor medidas de bloqueio às situações dos riscos categorizados como não toleráveis e moderados.

3 HIPÓTESE

Os métodos de análise de risco são capazes de criar um ambiente seguro na medida em que proporcionam um melhor gerenciamento das condições de risco. A aplicabilidade desses métodos é viável para minimizar possíveis riscos em laboratórios de química por meio da antecipação de cenários de acidentes.

4 JUSTIFICATIVA

Os avanços tecnológicos tornaram-se mais rápidos e dinâmicos nas últimas décadas e o processo de globalização transformou o planeta em uma aldeia global. O tráfego de informações e dados segue a velocidade da *internet* e o número de transferência destes, antes contados em unidades, hoje trafega à velocidade da luz em redes de fibra ótica, que podem levar de um lado a outro do planeta grandes quantidades de informações em frações de segundos. O que há tempos atrás era contado em dias e anos, agora é algo quase que instantâneo, pois tudo e todos estão conectados.

Este novo mundo que se desenha, e especificamente o nosso cenário nacional, não pode admitir que o processo de produção imponha à sociedade uma carga de perdas que podem comprometer gerações futuras com o aumento mais custos à saúde e previdência, gerados pelos envolvidos em acidentes.

Neste novo contexto, a Engenharia de Segurança do Trabalho visa adotar procedimentos e práticas que protejam a saúde e a vida das pessoas envolvidas com os novos processos e produto, sem esquecer a viabilidade econômica e material, respeitando o meio ambiente e a legislação específica dos lugares onde a atividade é exercida.

Sendo assim, as propostas de sistemas de gestão podem reconhecer e gerenciar as situações de perigo encontradas nos ambientes através da antecipação de cenários e reconhecimento dos riscos que estes oferecem.

O presente estudo tem sua relevância ao se fundamentar numa proposta de estratégia capaz de contribuir com as ações de segurança em laboratórios de química, em especial em instituições de ensino e pesquisa, a partir da apresentação e utilização dos métodos de análise de risco como uma opção viável para garantir a segurança e minimizar riscos nestes ambientes - muitas vezes negligenciados.

5 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A seguir serão explanados conteúdos concernentes ao entendimento dos objetivos do presente estudo. Para tanto, torna-se oportuno que inicialmente seja discutida a relação entre a Engenharia de Segurança do Trabalho e o risco. Em seguida, será apresentada uma breve explanação sobre risco e métodos de análises de riscos.

5.1 ENGENHARIA DE SEGURANÇA

Os primeiros relatos que se tem na história sobre o registro de doenças em trabalhadores tem como origem a civilização Greco-Romana. Aristóteles foi um dos que primeiro registraram as doenças ligadas aos trabalhadores de minas. Hipócrates, por sua vez, fez registros também em trabalhadores de minas, mais precisamente minas de estanho, cerca de 500 anos antes de Cristo (OLIVEIRA, 2016).

O título de precursor dos estudos das doenças relacionadas ao ambiente de trabalho, porém, é do médico italiano Bernardino Ramazzini (1633 - 1714), com a publicação em 1713 do livro “As doenças dos trabalhadores” (*Morbis Artificum Diatriba*), que serve de referência até os dias atuais. Este trabalho agrupou estudos relacionados aos riscos em ambientes de trabalho causados por poeira, produtos químicos e outros agentes encontrados em ambientes de trabalho em cerca de 50 atividades laborais. Este foi um dos primeiros trabalhos que serviram como base da medicina ocupacional e desempenhou um papel fundamental em seu desenvolvimento (GIULIANO, 2001).

A Medicina do Trabalho é a base da Engenharia de Segurança do Trabalho, e a mesma surgiu na Inglaterra, na primeira metade do século XIX, juntamente com a Revolução Industrial. O marco referencial deste acontecimento foi quando Robert Dernham, proprietário de uma fábrica têxtil, resolveu colocar um médico no interior de suas instalações com o intuito de prevenir as doenças apresentadas por seus trabalhadores (MENDES & DIAS, 1991).

Neste mesmo período iniciou-se a Revolução Industrial, momento em que a chegada da máquina a vapor fez com que os antigos trabalhos manuais realizados em oficinas agora tivessem que acompanhar o ritmo de máquinas movidas a vapor. Por volta de 1802, conquistas importantes como a lei de saúde e moral dos aprendizes, a redução de jornada para 12 horas, a lavagem das paredes de fábricas e a ventilação da parte interna incluíram ganhos com o cuidado e com a saúde dos trabalhadores (OLIVEIRA, 2016).

Em 1831 foi instaurada uma comissão de inquérito na Inglaterra com o intuito de estudar as péssimas condições de saúde dos trabalhadores, a fim de propor melhorias, culminando com a criação da Organização do Trabalho (OIT) em 1919 (Idem).

5.1.1 História da Segurança do Trabalho no Brasil

A preocupação prevencionista teve início no Brasil com a criação da lei de proteção ao menor em 1891, e a primeira lei sobre acidentes no trabalho em 1919. Mas o marco das efetivas conquistas foi a criação da consolidação das leis trabalhistas, a CLT, em 1943, quando foram criadas as leis referentes à segurança, saúde e higiene no trabalho, incluindo a obrigatoriedade da formação de uma Comissão Interna de Prevenção de Acidentes (CIPA) (OLIVEIRA, 2016).

A criação dos serviços especializados de saúde e medicina do trabalho só ocorreu em 1972, e esta ação foi considerada como a pedra fundamental da profissionalização dos trabalhos ligados à segurança do trabalho. Somente em 1978 foram criadas as normas regulamentadoras (NR) através da portaria 3 214, de 08 de junho de 1978. E em 1983, a portaria nº 33 de 27 de outubro alterou a Norma Regulamentadora NR 5, introduzindo nesta os riscos ambientais (Idem).

Em 1985, a lei nº 7410 de 27/11/85 oficializou a especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho e criou a categoria profissional de Técnico em Segurança do Trabalho, pois até então eram os únicos profissionais prevencionistas não reconhecidos legalmente. A Lei nº 9235 de 09/04/86 regulamentou a categoria de Técnico de Segurança do Trabalho, que na década de 1950 eram chamados de “Inspetores de Segurança”.

Em 1990 foi criado o quadro de empregados do Serviço Especializado em Saúde e Medicina do Trabalho (SESMT), atualmente constante na NR 4. O

SESMT, a partir de então, foi formado por: Engenheiro de Segurança do Trabalho, Médico do Trabalho, Enfermeiro do Trabalho, Auxiliar de Enfermagem do Trabalho e Técnico em Segurança do Trabalho (OLIVEIRA, 2016).

Em 27 de setembro de 1979, mais precisamente na sede da organização Pan-americana de Saúde (OPAS), foi criada a Associação Brasileira de Saúde Coletiva (ABRASCO). A associação apoia trabalhos na área de saúde coletiva e na prevenção de doenças do trabalho. Os membros desenvolvem um importante trabalho de debate e de constituição de campos críticos dentro das discussões da saúde em instituições de ensino, pesquisa e serviço (ABRASCO,1990).

A ABRASCO reúne também associados institucionais – escolas, institutos e departamentos de Saúde Pública/Coletiva e Medicina Preventiva e Social – que constituem comissões responsáveis pela proposição de políticas nas áreas de saúde coletiva e de ações de cooperação estratégica com órgãos nacionais e internacionais (ABRASCO,1990).

A Engenharia de Segurança do Trabalho consiste em uma atividade que, para se desenvolver, necessita do conhecimento de várias áreas, dentre as quais se destacam as seguintes atividades como base de suas ações: promoção e manutenção da qualidade de vida e bem estar físico de trabalhadores; prevenção contra efeitos adversos para a saúde decorrentes das condições prejudiciais à saúde; o ajuste das condições ambientes das empresas às condições físicas e mentais dos trabalhadores; e a adaptação do trabalho ao homem. Sendo assim, é possível afirmar que a segurança do trabalho engloba o bem-estar social, físico e mental dos trabalhadores (OIT, 2009).

Para obter bons resultados, as diretrizes na área de segurança e saúde no trabalho necessitam da participação de todos e programas de saúde e de segurança, que devem se relacionar aos aspectos ligados à Medicina do Trabalho, à Higiene no Trabalho, à Toxicologia, à Educação, à Engenharia de Segurança, à Ergonomia, à Psicologia, entre outras. As ações de saúde e segurança no trabalho muitas vezes são colocadas em segundo plano, devido às dificuldades relacionadas quanto a sua identificação, elaboração do seu diagnóstico, e no estabelecimento da relação de causa a efeito (Idem).

A abordagem do tema saúde deve estar ligada à segurança, pois um ambiente saudável é, por definição, também um local de trabalho seguro. Vale

ressaltar que as questões da saúde e da segurança devem ser identificadas em todos os locais de trabalho e os esforços dispensados à área de saúde e segurança no trabalho devem ter como objetivo prevenir acidentes e as doenças profissionais que afetam os trabalhadores (OIT, 2009).

5.2 SEGURANÇA EM LABORATÓRIOS QUÍMICOS NAS INSTITUIÇÕES DE ENSINO E PESQUISA

De acordo com Miller (2000), em diversas universidades, a segurança na educação em Química não é relevante, principalmente no início de um curso de laboratório. É possível notar que não há ao menos simples avisos durante a realização das aulas experimentais. Na *Iowa State University*, foram implantadas um programa, especificamente no currículo de graduação em Química, diretrizes que estimulam a consciência, a aplicação de procedimentos e o conhecimento adequado de química, bem como de higiene e questões de segurança laboratoriais, para todos os discentes dos cursos de química.

Ribeiro et al. (2007) destacam que existem muitos obstáculos na implementação de medidas para controle dos agentes químicos no ambiente de trabalho, até mesmo ambientes universitários. Dentre estes são relatados a falta de conscientização de empregadores, falta de procedimentos devidamente documentados e sistematizados, e rotulagem inadequada ou insuficiente dos produtos químicos.

Ribeiro et al. (2007) afirmam também que é preciso ressaltar, ainda, a falta de informação adequada sobre a qualidade, quantidade e toxicidade dos produtos em uso, a falta de treinamento apropriado, a escassez de recursos humanos e financeiros e a dificuldade de acesso às informações. Estes são alguns dos principais obstáculos identificados, especialmente no meio acadêmico, onde a gestão de laboratórios é realizada por docentes especializados no conteúdo lecionado, embora estes conheçam pouco de gestão aplicada a administração.

Ainda conforme os autores supracitados, por uma série de classificações baseadas em informações como o tipo de substância, seus efeitos à saúde e sua

utilização no local de trabalho, pode-se realizar uma avaliação qualitativa da exposição aos agentes químicos.

Diversas medidas relevantes podem ser adotadas no controle dos agentes químicos no ambiente de trabalho, dentre elas (BENDERLY, 2015):

- Conhecer as propriedades de todos os agentes químicos armazenados e utilizados;
- Conhecer as quantidades frequentemente utilizadas;
- Calcular as quantidades realmente utilizadas nos referidos processos;
- Avaliar as quantidades perdidas e/ou desperdiçadas;
- Identificar situações onde a utilização da substância tenha potencial para causar danos à saúde do trabalhador;
- Identificar se há alternativa de substituição de produtos classificados como muito tóxicos por produtos menos tóxicos;
- Identificar meios de utilizar os produtos químicos de modo mais eficiente e seguro;
- Monitorar a implementação de ações para melhoria contínua das condições de Saúde e Segurança no Trabalho;
- Quantificar os resultados alcançados.

Acreditando que um ambiente seguro é a base de um bom gerenciamento de riscos no universo acadêmico, Foster (2003) ressaltou que discentes aprendem mediante exemplos. Quando estão em um ambiente com firme e inabalável compromisso com a saúde e segurança, eles tendem a respeitar este local e cumprir as regras de segurança existentes. Entretanto, se não dispõem de um ambiente seguro, e se deparam com atitudes despreparadas ou improvisadas em relação à segurança, eles tendem a agir da mesma maneira.

Discentes matriculados no departamento de química na *Bridgewater College*, Virgínia (USA), foram obrigados a fazer um curso de segurança em laboratório dividido em duas etapas. Durante a primeira etapa, na primeira aula de química do primeiro período, os discentes participaram do curso que trata de: química, segurança física pessoal e de grupo, regulamentações governamentais, fichas de segurança dos produtos químicos, terminologias, segurança e equipamentos de proteção individual. Antes da segunda fase do curso, no semestre subsequente, os discentes foram submetidos a uma avaliação onde o

aproveitamento era estimado em no mínimo 80%, ou então repetiriam o curso. A segunda etapa do curso abordou discussões sobre a higiene pessoal, manuseio e rotulagem dos produtos químicos, limpeza, plano de higiene química e acidentes (CROCKETT, 2011).

Nesse sentido, Nelson (1999) propõe que disciplinas da área de saúde e segurança sejam incorporadas aos currículos dos cursos de química. O autor ainda afirmou que formar a base para consciência de segurança, avaliação de risco e práticas de laboratório, devem ser parte integrante de todas as fases da educação científica na sala de aula, nos livros didáticos e em laboratórios, desde as primeiras exposições, tanto na graduação quanto na pós-graduação.

5.3 RISCO

Risco é um conceito ligado à expectativa humana, e indica o potencial efeito negativo deste evento ou processo a se concretizar. É comum a linguagem estar associada à perda ou ao perigo, ou seja, combina a probabilidade de um evento ocorrer com o impacto em várias circunstâncias deste acontecimento (FISHER & GUIMARAES, 2002).

Entende-se por risco a possibilidade de perigo (já que possibilidade indica algo incerto, mas previsível) que ameaça de dano a pessoa ou a coisa (MICHAELIS, 2002). Este entendimento, por sua vez, nos leva ao conceito de perigo, que se refere à situação em que está ameaçada a existência ou integridade de uma pessoa ou de uma coisa. De forma a facilitar o entendimento da temática é possível definir o risco como sendo a possibilidade da ocorrência de um evento, e perigo estaria relacionado à condição do ambiente (FISHER & GUIMARAES, 2002).

Sanders e McCormick (1993) afirmam que o risco como sendo a possibilidade de ocorrência de uma lesão, e o perigo como uma condição ou um conjunto de circunstâncias que têm potencial de causar uma lesão ou morte. Já Kolluru (1996), por sua vez, prefere definir que o risco ocorre em função da natureza do perigo, ou do acesso ou mesmo contato, que pode ser a uma fonte potencial de exposição, com base nas características da população exposta, magnitude da exposição e suas consequências.

Shinar, Gurion e Flascher (1991) denominam o risco como o resultado medido do efeito potencial do perigo, onde este corresponderia à situação onde a fonte de energia ou ainda de fatores, que, quando não controlados, podem causar prejuízos.

Faria (2009), por sua vez, prefere resumir a definição de risco em uma relação matemática, onde o risco seria igual à possibilidade de ocorrência de um evento multiplicado pela severidade do dano causado pelo mesmo. O risco poderia, segundo este autor, ser definido como:

Risco = Probabilidade x Severidade

Tal definição leva em conta a relação da probabilidade de ocorrência deste evento, que é a possibilidade mais acentuada da realização de um acontecimento entre inúmeros possíveis, baseada, subjetivamente, na opinião do observador e, objetivamente, na relação entre o número de casos favoráveis e o total de casos não favoráveis (acontecimentos adversos). É pertinente a inserção do conceito de severidade, o qual resulta do entendimento da palavra severo, que é o mesmo que rígido, rigoroso, austero, que exprime rigor; ou seja, o risco é o resultado da possibilidade da ocorrência de um evento pela extensão dos resultados do mesmo (EPA, 1998).

O conceito de risco para Kaplan e Garrick (1998) tem como base a relação matemática:

Risco = Perigo / Salvaguarda

Onde o perigo é a fonte do dano oferecida pelo ambiente e a salvaguarda deve ser entendida como o resguardo a uma fonte potencial de causar o dano.

A norma ISO 12100 (2013) trata do risco em máquinas e cita diversos conceitos, dentre os quais se destacam o conceito de probabilidade e de severidade dos danos, que podem auxiliar a conectar vários termos usados neste trabalho e introduzir o que será apresentado a seguir.

As Normas Regulamentadoras (NR) do Ministério do Trabalho (MTb) são um conjunto de regulamentos que tem por objetivo, entre outros, prevenir acidentes no ambiente laboral (EQUIPE ATLAS, 2013).

A Norma Regulamentadora NR 9 define três tipos de riscos:

- riscos físicos: se referem às diversas formas de energia a que podem estar expostos os trabalhadores em seus ambientes de trabalho.

- riscos químicos: se referem às substâncias, compostos ou produtos que podem penetrar no organismo pela via respiratória, ou que, pela natureza da atividade da exposição, podem ter contato ou ser absorvidas pelo organismo através da pele ou por ingestão.

- riscos biológicos: são originados a partir das bactérias, vírus, bacilos, protozoários e parasitas que podem atacar o ser humano.

De acordo com a *Ergonomic Research Society*, a Ergonomia é o estudo do relacionamento entre o Homem e seu trabalho, equipamento e ambiente e, particularmente, a aplicação dos conhecimentos de anatomia, fisiologia e psicologia na solução dos problemas surgidos desse relacionamento. A ergonomia também pode ser definida como sendo o conjunto dos conhecimentos científicos relacionados ao Homem, e necessários à concepção de instrumentos, máquinas e dispositivos que possam ser utilizados com o máximo de conforto, segurança e eficiência (MTE, 2002).

Neste trabalho será usado o termo risco ergonômico como aquele no qual o ambiente não foi adaptado ao Homem. É possível citar, como exemplo, o mobiliário (cadeiras, mesas e etc.) inadequado, ou ainda atividades que sobrecarregam física e mentalmente os trabalhadores.

De acordo com a Norma Brasileira-NBR 14280 (2001), acidente pode ser conceituado da seguinte forma: acidente é o risco ligado às características do ambiente de trabalho que podem causar lesões ao trabalhador.

Quando evidenciada a existência do risco, a Norma Regulamentadora NR 9, no seu item 3.5.2, define que as medidas de controle devem seguir a seguinte hierarquia:

a) medidas que eliminam ou reduzam a utilização ou a formação de agentes prejudiciais à saúde;

b) medidas que previnam a liberação ou disseminação desses agentes no ambiente de trabalho;

c) medidas que reduzam os níveis ou a concentração desses agentes no ambiente de trabalho.

A Norma Regulamentadora NR 9, em seu item 3.5.4, ressalta que quando comprovado pelo empregador ou instituição a inviabilidade técnica da adoção de medidas de proteção coletiva, ou quando estas não forem suficientes, ou se encontrarem em fase de estudo, planejamento ou implantação, ou ainda em caráter complementar ou emergencial, deverão ser adotadas outras medidas (EQUIPE ATLAS, 2013).

Apresentadas algumas considerações sobre risco, é oportuno agora discutir sobre a análise de risco e os métodos utilizados.

5.4 ANÁLISE DE RISCO

A análise de risco é usada para a caracterização de cenários que podem auxiliar no processo de tomada de decisão para prevenção de acidentes em ambientes industriais (AGUIAR, 2017).

Kaplan e Garrick (1998) conceituam a análise de risco como a definição de um processo sistemático dividido em níveis ou etapas fundamentais, cujo objetivo é responder a algumas questões: O que pode ocorrer? O que pode sair errado? Qual a probabilidade de ocorrência do evento? Qual a severidade na ocorrência do evento? Quais as consequências?

A análise de sistemas, com o objetivo de se conhecer as fontes dos perigos e as incertezas, permite revelar o grau de confiança ao qual a tomada de decisão está relacionado (AGUIAR, 2017).

Leveson (2002) destaca que a análise de risco serve para reconhecer os ambientes perigosos em sistemas que têm o potencial de causar alguma perda ou dano. Além disso, delimita a amplitude das falhas resultantes dos sistemas, que podem ser entendidas como desvios capazes de gerar acidentes.

Para Leveson (2002), a análise de risco pode ser definida como um processo técnico e científico, onde o risco oferecido por sistemas produtivos permite fornecer dados qualitativos e quantitativos para auxiliar no processo decisório na fase de gerenciamento de risco.

5.5 MÉTODOS DE ANÁLISE DE RISCO

Neste trabalho foram selecionados os métodos HAZOP, APR e análise da causa raiz que faz uso da metodologia dos 5 Porquês para a análise de riscos, por serem métodos de fácil uso e aplicação; ademais, geram resultados que ajudam a combater incertezas no processo de decisão.

O método HAZOP é indicado para análise de risco quando é necessário levantar dados para a construção de cenários de riscos. Neste método, o uso de palavras guias, com o intuito de orientar os respondentes e facilitar o entendimento dos mesmos pelo pesquisador, ajuda na projeção do que possa acontecer. O método HAZOP é usado também quando o respondente não consegue delimitar com clareza o problema ou possui pouco ou nenhum conhecimento na área de segurança. Estas características o tornam adequado para a pesquisa em questão (AGUIAR, 2001).

A APR, por sua vez, facilita prever cenários futuros, que, ao se concretizarem, podem causar acidentes de grande magnitude. Logo, o método pode auxiliar a reconhecer a relevância das condições levantadas e a probabilidade de ocorrência do risco e sua severidade (ALCHE, 1999).

A aplicação da APR também facilita a visualização das informações e, conseqüentemente, o entendimento por parte de leigos na área de segurança. A utilização de perguntas com base nas conseqüências da materialização dos cenários facilita o entendimento do evento e, por conseqüência, classifica o risco (Idem).

O método dos 5 Porquês é utilizado com o intuito de encontrar a causa raiz do acidente. A utilização do método ajuda a encontrar a causa fundamental da ação geradora do fato, e não se afasta da causa raiz pela falta de conhecimento dos respondentes com a área de segurança. Além disso, o método facilita a organização das propostas de soluções levantadas durante o estudo. A repetição da pergunta “por quê” é determinante na busca da causa raiz dos problemas e, conseqüentemente, o bloqueio de seus efeitos (ZOCCHIO, 2000).

5.5.1 Hazard and Operability Study (HAZOP)

O método de análise de risco HAZOP, do inglês *Hazard and Operability Study*, também conhecido como Estudo de Perigos e Operabilidade, permite a identificação dos riscos que podem surgir durante a operação, suas frequências e as severidades das perdas dele advindas. O processo de avaliação de riscos possibilita o surgimento de meios de identificação e análise prematura, que atenuam as perdas ameaçadoras do patrimônio das empresas, podendo assim reduzir suas severidades ou gravidades (AGUIAR, 2001).

Aguiar (2017), com o intuito de fazer uma explanação que contemple a diferença principal entre HAZOP e as análises demais, descreve a seguinte situação: suponha que uma simples palavra na descrição do processo seja “agitação” e que esta se ligue a palavra-guia “não”, por exemplo: “sem agitação”. De modo simplificado, a análise crítica sobre o processo diz respeito à necessidade de agitar o sistema, além de atentar para as vantagens e desvantagens em não obter agitação no sistema. Mas, ao se considerar um estudo de HAZOP, por outro lado, seriam levantadas as prováveis causas responsáveis pela não agitação (motor desligado; motor queimado; impelidores queimados, entre outros) e quais as consequências deste evento para as pessoas, a planta ou a produção (intenso aquecimento local; perda de produção; risco de explosão, entre outros).

Outro exemplo se refere ao fato de que uma equipe, através de um *brainstorm* sistemático, identifica os problemas resultantes de desvios nas variáveis do processo que podem levar a consequências indesejáveis. O resultado do método é apresentado na forma de um quadro que contém as causas, efeitos e medidas preventivas (salvaguardas) para os diversos desvios em cada nó, seção ou subsistema do processo estudado. Este método se operacionaliza (ou deveria se operacionalizar) com a participação de pessoas com experiência na operação e manutenção das unidades produtivas analisadas (AGUIAR, 2001).

5.5.2 Conceitos fundamentais para o desenvolvimento do HAZOP

Para a compreensão e desenvolvimento da técnica de HAZOP existem alguns conceitos fundamentais que devem ser detalhados. São eles:

- Nós de estudo: pontos/seções do processo/equipamento. De uma maneira geral, são subdivisões dos fluxogramas com o intuito de estudar todos os instrumentos e equipamentos do diagrama. Por exemplo: da válvula de retenção à montante (entrada) do vaso de pressão até a válvula de bloqueio à jusante (saída). Fluidos diferentes normalmente são analisados em nós diferentes (ALCHE, 1999).

- Palavras-guia: palavras utilizadas para qualificar ou quantificar os desvios da intenção de operação e para estimular o *brainstorming* entre os participantes. São associadas aos parâmetros de processo (vazão, temperatura, pressão). As usualmente utilizadas são: não, nenhum, mais, menos, também, entre outras.

- Desvios: afastamentos das intenções de operação que são descobertas a partir da aplicação sistemática de palavras-guia a parâmetros de processo.

- Causas: razões pelas quais podem ocorrer os desvios. Por exemplo: falhas na instrumentação ou nos equipamentos, erros humanos, imprevistos do processo, ações externas.

- Consequências: resultados decorrentes de um desvio.

- Recomendações/Observações: sugestões para mudanças de projeto, mudanças de procedimentos ou comentários sobre o processo.

- Parâmetros de processo: variáveis físicas ou químicas associadas ao processo (ALCHE, 1999).

Alguns exemplos da associação dos desvios com as palavras-guia e os parâmetros de processos são apresentados no Quadro 1.

Quadro 1 – Desvios de acordo com os parâmetro de processo

Parâmetro	Palavra-Guia	Desvios
Fluxo	Nenhum	Nenhum fluxo
	Menos	Menos fluxo
	Mais	Mais fluxo
	Também	Contaminação
	Reverso	Fluxo reverso
Pressão	Menos	Pressão baixa
	Mais	Pressão alta
Temperatura	Menos	Temperatura baixa
	Mais	Temperatura alta
Nível	Menos	Nível baixo
	Mais	Nível alto

Fonte: Adaptado de Alche (1999).

5.5.3 A Análise Preliminar de Risco (APR)

A Análise Preliminar de Risco tem como princípio executar uma revisão geral dos aspectos de segurança de forma padronizada, cujo início se dá a partir da descrição de todos os riscos identificados. Desta forma, são identificadas as causas (agentes) e efeitos (consequências) dos mesmos, o que deve permitir a busca e elaboração de ações e medidas de prevenção ou correção das possíveis falhas detectadas. Estas ações são priorizadas com base na caracterização dos riscos, isto é, quanto mais prejudicial ou maior o risco, mais rapidamente deve ser solucionado (FARIA, 2009).

Portanto, a APR se fundamenta na determinação dos riscos e medidas preventivas para um processo, sistema ou produto, cuja fase de operação ainda não foi iniciada. Logo, é aplicada na fase de desenvolvimento do projeto. Sendo assim, nessa fase de desenvolvimento, tudo o que puder ser identificado como risco de acidente ou de doença ocupacional, merece atenção, afim de que medidas preventivas adequadas possam ser tomadas para que os riscos sejam evitados nos ambientes de trabalho (ZOCCHIO, 2000).

No presente trabalho, a análise preliminar de risco foi realizada com o auxílio do método da matriz de decisão. Autores como Aguiar (2011), de Cicco e

Fantazzini (2003) e outros aprimoram o método usado inicialmente pelos militares.

Alguns órgãos utilizam a matriz de decisão, como, por exemplo, a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) (2012), que usa vários métodos, entre eles a matriz de decisão para avaliar o risco de um empreendimento para a comunidade e o meio ambiente. O Instituto Estadual do Meio Ambiente do Rio de Janeiro (INEA) (2009), o utiliza para avaliar os riscos das suas instalações nucleares; entre outras empresas anteriormente citadas neste trabalho.

Valente (2012) utilizou o método para demonstrar a importância do estudo dos riscos em processos de desenvolvimento de novos materiais em ambiente acadêmico. A autora utiliza uma tabela que referencia o peso de cada categoria, onde o produto da severidade pela gravidade indica o risco.

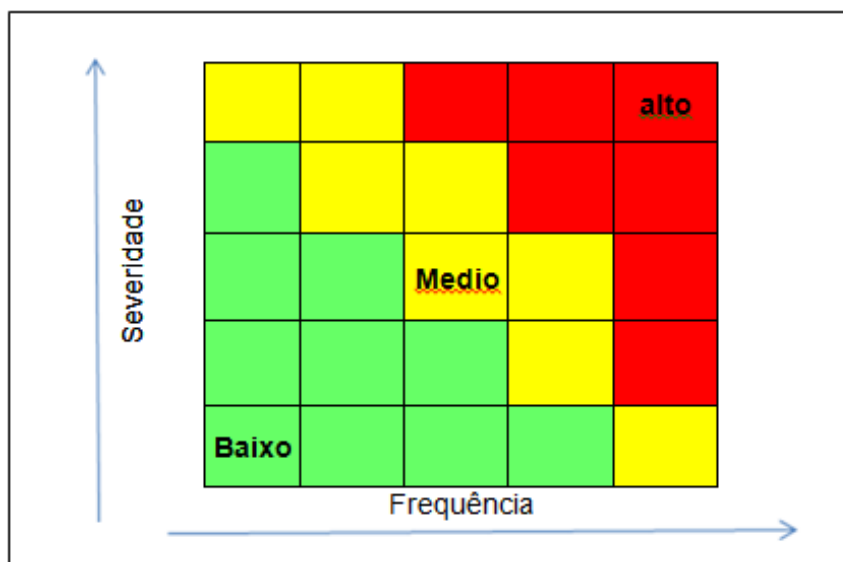
Existem na literatura vários modelos de matriz de decisão. Dentre estes, o mais comumente usado é o modelo adotado no trabalho de Araújo (2012), que faz uma adaptação da matriz contida nas normas da ABNT. Ainda podem ser citados autores como Moore (2007), Faria (2011) e Prado (2009), uma vez que cada um adapta conforme as suas necessidades tal estudo para auxiliar a tomada de decisão.

É possível destacar também trabalhos como o de Melo (2015), que usa a matriz de risco adaptada de Brasil para conseguir prever os riscos da elaboração do orçamento geral da União, provando assim que esta ferramenta pode ser aplicada em várias áreas do conhecimento.

Cleland & Ireland (2002) e Schneider (2002) destacam, em seus trabalhos, exemplos de frequência de um evento e como entender o mesmo para valores estatísticos aplicados ao risco na matriz em estudo.

A matriz de decisão é composta de dois eixos perpendiculares entre si, onde a projeção dos mesmos gera uma área ou região gráfica, onde os dados obtidos na pesquisa serão lançados. A área gráfica representa uma relação entre a frequência do evento e a severidade das consequências. Assim, quanto mais próximo da origem dos eixos, menor a influência dos mesmos (Figura 1).

Figura 1 – Representação esquemática de uma Matriz de decisão em termos de severidade e frequência.



Fonte: Adaptado de Aguiar (2011).

Para auxiliar no posicionamento do evento devem ser feitas perguntas com o intuito de posicioná-lo no gráfico da forma mais adequada possível.

Quando o posicionamento do evento tiver como base a severidade das consequências, a avaliação do dano causado deve levar em conta a extensão deste às pessoas, ao patrimônio, ao ambiente e à imagem. Esta avaliação posicionará o risco verticalmente em 5 classes: Classe I – Risco Desprezível, Classe II – Risco Marginal, Classe III – Risco Médio, Classe IV – Risco Crítico e Classe V – Risco Catastrófico.

A frequência de acontecimento do evento posiciona o risco horizontalmente e o divide em categorias que vão de A até E. Dessa forma, o cruzamento dos dados gera um ponto no qual o risco pode ser avaliado conforme Quadro 2:

Quadro 2 – Adaptação da Matriz de Decisão.

Descrição / características					Categorias de frequência (f)					
					A Extremamente remota	B Remota	C Pouco provável	D Possível	E Frequente	
					$f < 10^{-4}$	$10^{-4} < f < 10^{-3}$	$10^{-3} < f < 10^{-2}$	$10^{-2} < f < 10^{-1}$	$f > 10^{-1}$	
	Pessoas	Patrimônio/ continuidade operacional	Meio ambiente	Imagem	Possível de ocorrer, mas sem registros anteriores.	Não esperado de ocorrer durante a vida útil da instalação apesar de haver registros similares	Pouco provável de ocorrer durante a vida útil de um conjunto de unidades similares	Possível de ocorrer uma vez durante a vida útil da instalação	Possível de ocorrer muitas vezes durante a vida útil da instalação	
Severidade das consequências	V Catastrófica	Múltiplas fatalidades intramuros ou fatalidade extramuros	Danos catastróficos podendo levar à perda da instalação	Danos severos em áreas sensíveis ou se estendendo para outros locais	Impacto internacional	Moderado	Moderado	Não tolerável	Não tolerável	Não tolerável
	IV Crítica	Fatalidade intramuros ou lesões graves extramuros	Danos severos com reparação lenta	Danos severos com efeito localizado	Impacto nacional	Tolerável	Tolerável	Moderado	Moderado	Não tolerável
	III Média	Lesões graves intramuros ou lesões leves extramuros	Danos moderados ao processo	Danos moderados	Impacto regional	Tolerável	Tolerável	Moderado	Moderado	Não tolerável
	II Marginal	Lesões Leves	Danos leves ao sistema	Danos leves	Impacto Local	Tolerável	Tolerável	Tolerável	Moderado	Não tolerável
	I Desprezível	Sem lesões ou no máximo primeiros socorros	Danos leves a equipamentos sem comprometimento	Danos insignificantes	Impacto Insignificante	Tolerável	Tolerável	Tolerável	Tolerável	Moderado

Fonte: Adaptado de CESTESB (2012).

Como as avaliações têm um caráter prevencionista, quando houver conflitos no posicionamento dos eventos deve ser considerado o caráter que gera efeito de maior prevenção do risco, ou seja, sempre posicionar com tendência a atingir o nível mais crítico. O Quadro 3 conceitua cada categoria de risco presente.

Quadro 3 – Categorias de risco, de acordo com o quadro 2.

Categoria do risco	Descrição do nível de controle a ser adotado
Tolerável	Não há necessidade de medidas adicionais. A monitoração é necessária para assegurar que os controles sejam mantidos.
Moderado	Controles adicionais devem ser avaliados com o objetivo de obter-se uma redução dos riscos.
Não tolerável	Os controles existentes são insuficientes. Métodos alternativos devem ser considerados para reduzir a probabilidade de ocorrência e, adicionalmente, as consequências, de forma a trazer para as regiões de menor magnitude de risco.

Fonte: Adaptado de Aguiar (2011).

Após a identificação dos perigos e concluída a análise de risco, podem ser recomendadas medidas de eliminação ou mitigação do risco para a prevenção de acidentes.

5.5.4 Análise da Causa Raiz pelo Método dos 5 Porquês

O uso do método 5 Porquês para o tratamento de dados é atribuído ao sistema Toyota de produção. Esta prática consiste na busca da causa raiz, e tem por objetivo combater a causa fundamental de uma interpretação equivocada de um problema (TENER, 2008).

O método usa a redundância em uma pergunta para chegar à causa raiz do problema. O múltiplo questionamento leva o analista a pensar de forma profunda sobre o fato em questão, contribuindo para a construção de hipóteses aceitáveis para alcançar o fato que deu causa a ação, ou seja, perguntar seguidas vezes o porquê de cada ação até que a causa que deu surgimento a este fato venha à tona (Idem).

Esse método usa a causa levantada como o início do questionamento. O primeiro porquê deve ser uma pergunta que inicie com a ação destacada e assim sucessivamente até a exaustão da hipótese em questão. Vale ressaltar que muitas vezes é possível alcançar a causa raiz com menos de 5 Porquês; já em outras vezes é necessário um número maior de questionamentos (TENER, 2008).

Weiss (2011) destaca algumas etapas que podem ajudar na construção deste processo:

- 1 – Inicie com a situação problema;
- 2 – Pergunte o porquê esta situação acontece;
- 3 – A resposta da situação anterior inicia uma nova etapa de pergunta;
- 4 – Continue perguntando o porquê até que esta pergunta perca o sentido;
- 5 – A exaustão ou a impossibilidade de continuar a repetir a pergunta do porquê à ação anterior finalizam o processo.

Ghinato (1994) defende que o *just-in-time*, que usa métodos como a análise da causa raiz pelo método dos 5 porquês. É um modelo que deve ser adotado para a solução de problemas, não só na indústria, como também em outras relações de trabalho, no qual se deseje obter a melhor eficiência do processo estudado.

Ishikawa (1993), por sua vez, ressaltava que para a solução de problemas complexos devemos usar métodos analíticos de estudos para encontrar a causa raiz dos problemas e, conseqüentemente, bloquear a geração de tais efeitos. Os japoneses se destacam na análise crítica de problemas e na criação de modelos que conseguem maximizar a eficiência de processos como qualidade total.

Motta (1993) sustenta que existem muitas barreiras para a implantação de metodologias que melhorem a qualidade de produtos e serviços no Brasil. Todavia, apesar das ambigüidades da metodologia *just-in-time*, esta metodologia é capaz de atingir resultados positivos e ainda demonstrar ser uma solução capaz de fornecer resultados no combate a riscos em processos através de análises da causa raiz usada no sistema Toyota de produção.

6 METODOLOGIA

A proposta deste trabalho se baseou inicialmente na pesquisa bibliográfica em livros, artigos disponibilizados em meio virtual, teses, dissertações e trabalhos acadêmicos com conteúdos relevantes ao desenvolvimento do estudo.

A segunda etapa da pesquisa se fundamentou num estudo de campo, voltado a conhecer, segundo os usuários dos laboratórios, quais os riscos existentes nos laboratórios do Instituto de Química (IQ) da Universidade Federal Bahia.

Informações sobre riscos existentes nos locais pesquisados foram levantadas utilizando o Questionário 1, que foi adaptado do estudo desenvolvido por Foster (2003). Os riscos indicados pelos respondentes, por meio do Questionário 1, foram classificados utilizando o método HAZOP. Com base nesta classificação, um segundo questionário, o Questionário 2 foi elaborado com objetivo de checar quais os riscos classificados utilizando o HAZOP eram reconhecidos pelos respondentes.

Os dados coletados por meio do Questionário 2, que foi aplicado aos mesmos respondentes do Questionário 1, foram analisados utilizando o método APR, com o objetivo de identificar quais riscos são toleráveis, quais são moderados e quais riscos são não toleráveis.

Na sequência, considerando apenas os riscos moderados e não toleráveis, foi aplicado método 5 Porquês com a finalidade de propor medidas de prevenção de acidentes.

6.1 PÚBLICO-ALVO

O universo deste estudo consistiu de alunos dos laboratórios pesquisados, onde foi retirada uma amostra de dez indivíduos, sendo três discentes de graduação, dois de mestrado e três de doutorado, e dois técnicos que realizam trabalhos de análises e pesquisas nos laboratórios estudados, com o cuidado de ter no mínimo um representante de cada ambiente.

Vale ressaltar que a quantidade de pessoas pesquisadas teve como base a quantidade de funcionários que seria necessária para a criação de uma futura CIPA, conforme a NR 5.

É importante destacar que os docentes dos laboratórios em questão não fazem parte deste estudo, visto que os mesmos não executam as atividades rotineiras, concentrando, pois, suas atividades em aulas e elaboração de projetos. Todos foram informados dos objetivos da pesquisa e se prontificaram a contribuir de forma espontânea.

A qualidade e a relevância das informações registradas no questionário foram testadas pela matriz de decisão.

Os riscos de acidente foram classificados conforme a expectativa humana dos respondentes, e o conhecimento de Engenharia de Segurança do Trabalho foi usado para a classificação, sem interferência sobre os resultados. Essa metodologia é a mesma usada em reuniões da CIPA, aonde o SESMT apenas conduz a reunião.

6.2 ÁREAS DE ESTUDO

A pesquisa foi realizada nos laboratórios de química analítica do Instituto de Química (IQ) da Universidade Federal da Bahia - (UFBA), campus Ondina, localizado no município de Salvador, Bahia.

Num total foram estudados dez laboratórios, os quais são dotados de diversos equipamentos utilizados continuamente e que requerem aquecimentos, como estufas, digestores, micro-ondas, bloco digestor, placas de aquecimento, espectrofotômetro de chama, além dos equipamentos que trabalham com radiação ionizante como o Fluorescência de raio X, emissão de UV ionizante e outros itens que trabalham em baixa temperatura, como é o caso do moinho criogênico.

6.3 MÉTODO DE COLETA DE DADOS - QUESTIONÁRIO

A coleta de dados se deu por meio da aplicação de dois questionários (apêndice A e B). O Questionário 1 foi adaptado de Foster (2003) para que o mesmo se adequasse à realidade da pesquisa. Constituído de cinco perguntas abertas, esse questionário tinha o objetivo de coletar informações sobre os riscos existentes nos laboratórios.

No Questionário 2, os riscos identificados com o Questionário 1 e classificados pelo HAZOP eram listados e os respondentes assinalavam aqueles que eles reconheciam que existiam no laboratório.

6.4 PROCEDIMENTOS ADOTADOS NA APLICAÇÃO DO QUESTIONÁRIO

A aplicação do Questionário 1 aconteceu no período da manhã, do dia 25 de novembro de 2016, com dez pessoas que estavam presentes no local da pesquisa, às quais foram apresentados os objetivos da pesquisa da qual aceitaram participar.

O Questionário 1 foi entregue aos respondentes após breve explicação sobre o seu conteúdo e a forma de responder. Depois de respondidos, os questionários foram devolvidos ao pesquisador, que explicou aos respondentes que um segundo questionário, o Questionário 2, seria aplicado posteriormente para completar o levantamento de dados.

A aplicação do Questionário 2 aos mesmos respondentes do Questionário 1 aconteceu no dia 02 de dezembro de 2016, pela manhã, da mesma forma que aconteceu a aplicação do Questionário 1.

Vale destacar que os dados coletados são referentes à expectativa humana de um possível acidente, e que pode ocorrer variações nos dados obtidos, visto que esta é uma expectativa humana de um fato, e isto varia de indivíduo para indivíduo com base nas associações de experiências anteriores.

A cultura de segurança depende de fatores que sofrem influência do pensamento humano. Em resumo, os respondentes reagem diferentemente aos mesmos estímulos. Para combater as distorções, a relevância do dado pesquisado está ligada à classificação na matriz de decisão e não à quantidade de respondentes ou ao conhecimento do pesquisador.

Nos Apêndices A e B constam o modelo dos Questionários 1 e 2, respectivamente.

De forma resumida podemos descrever a metodologia aplicada neste trabalho nos seguintes passos:

1. Aplicação do Questionário 1 para identificar os riscos existentes no laboratório;
2. Aplicação do método HAZOP para classificação dos riscos identificados na forma do item anterior. Os riscos foram classificados em cinco categorias: riscos físicos, riscos químicos, riscos biológicos, riscos ergonômicos e riscos de acidentes;
3. Aplicação do Questionário 2 para reconhecimento dos riscos classificados na forma do item 2. Os riscos que não foram assinalados pelos respondentes foram desconsiderados;
4. Aplicação da Análise Preliminar de Risco, usando o método matriz de decisão, para classificar os riscos reconhecidos na forma do item anterior em riscos toleráveis, moderados e não toleráveis;
5. Aplicação do método dos 5 Porquês para propor medidas prevenção dos riscos não toleráveis e moderados, classificados conforme o item anterior.

7 RESULTADOS E DISCUSSÃO

7.1 RISCOS IDENTIFICADOS E CLASSIFICADOS COM APLICAÇÃO DO HAZOP

Após a aplicação do Questionário 1, os riscos identificados foram classificados pelo método HAZOP com o intuito de facilitar a organização das informações, conforme descrito a seguir:

Riscos físicos: resultam do calor gerado por digestor, micro-ondas, bloco digestor, placas de aquecimento, espectrofotômetro de chama e estufa. Radiação ionizante (gerada pelo equipamento de fluorescência de raio X e emissão de U.V. ionizante), umidade e frio gerados em equipamento que trabalham em baixa temperatura, como o moinho criogênico.

Riscos químicos: oriundos da manipulação de produtos que podem gerar fumos (resultados de aquecimentos), vapores (desprendidos em várias reações), neblinas (análises das propriedades e composição da matéria) e gases (estudo dos estados das matérias).

Riscos ergonômicos: riscos decorrentes da má postura ao realizar análises e durante o uso de computadores, pois os mesmos possuem pouca ou nenhuma adaptação aos usuários, monotonia e repetitividade dos trabalhos analíticos, controle rígido nos métodos de análises, com o intuito de conseguir maior confiabilidade dos resultados alcançados, situações que geram estresse físico ou psíquico (trabalho noturno), ligados principalmente à avaliação dos pesquisadores sobre os resultados obtidos pelos discentes, levantamento e transporte inadequado de embalagens e produtos em geral.

Riscos de acidentes: reforma no telhado com uso de placas de gesso, máquina e similares com partes móveis sem proteção, fiação elétrica de tomadas com o uso sobrecarregado, risco de incêndio ou explosões devido ao armazenamento de cilindro de inflamáveis, armazenamento inadequado de produtos, arranjo físico inadequado de bancadas e outras situações como equipamentos estocados em corredores que podem causar acidentes ou aumentar a consequência dos mesmos; e outros envolvendo o uso de objetos

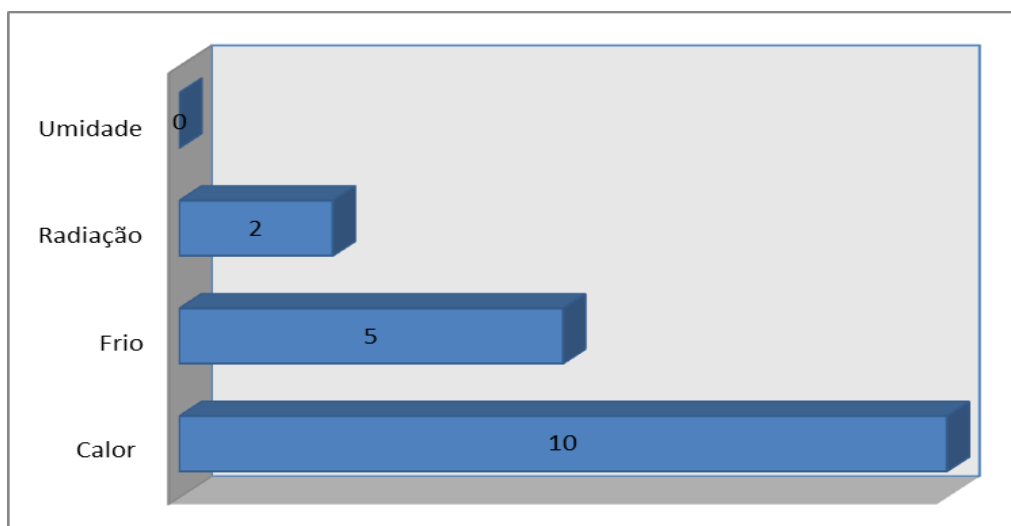
classificados como perfuro cortantes (vidraria, agulhas, objetos pontiagudos e amolados).

Riscos Biológicos: Não foram relatados.

7.2 ANÁLISE DOS DADOS DO QUESTIONÁRIO 2

O gráfico 1 mostra a distribuição dos riscos físicos reconhecidos pelos respondentes.

Gráfico 1 - Risco Físico.

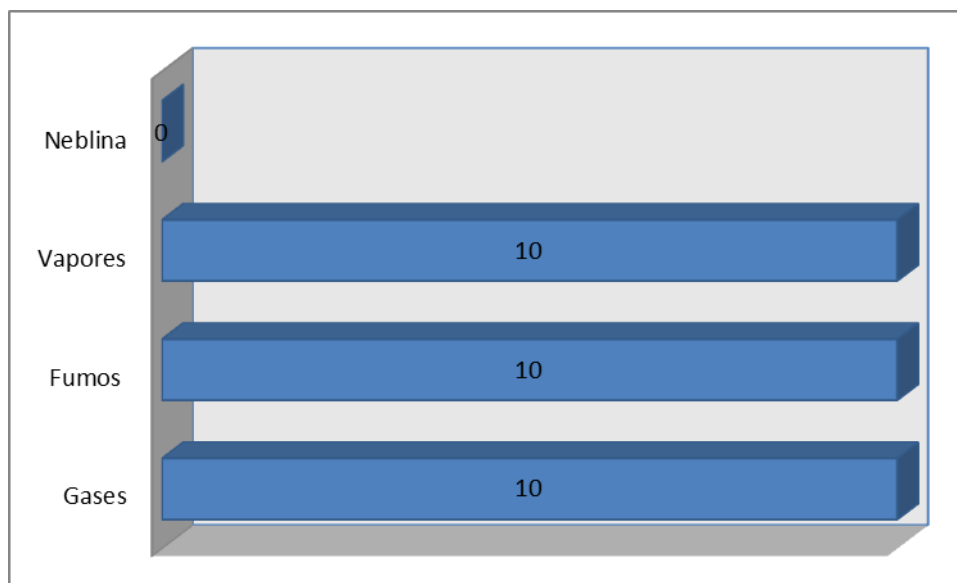


Fonte: Autor (2017).

É possível avaliar que todos os respondentes relatam que existem riscos ligados a equipamentos que trabalham com aquecimento (calor) e que, apesar de o item umidade ter sido citado anteriormente, neste momento os respondentes não o reconheceram. Radiação e frio foram outros riscos físicos reconhecidos nesta fase.

O reconhecimento dos riscos químicos é apresentado no gráfico 2. Neblina não foi reconhecida, e os demais riscos foram igualmente reconhecidos pelos respondentes.

Gráfico 2 - Risco Químico.

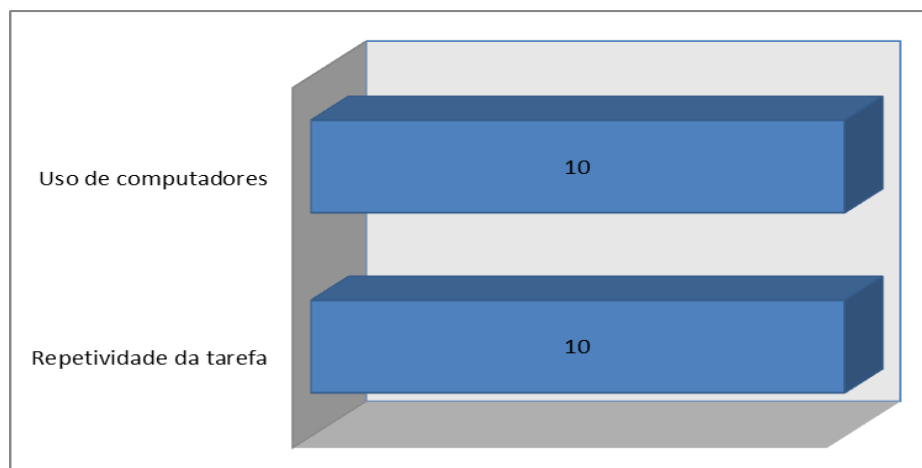


Fonte: Autor (2017).

Fica evidente conforme o gráfico que em um laboratório de química o risco químico é facilmente percebido por todos.

O gráfico 3 mostra o reconhecimento por parte dos participantes dos riscos ergonômicos. A repetitividade da tarefa e postura inadequada no uso dos computadores foram os únicos riscos ergonômicos citados.

Gráfico 3 - Risco Ergonômico.

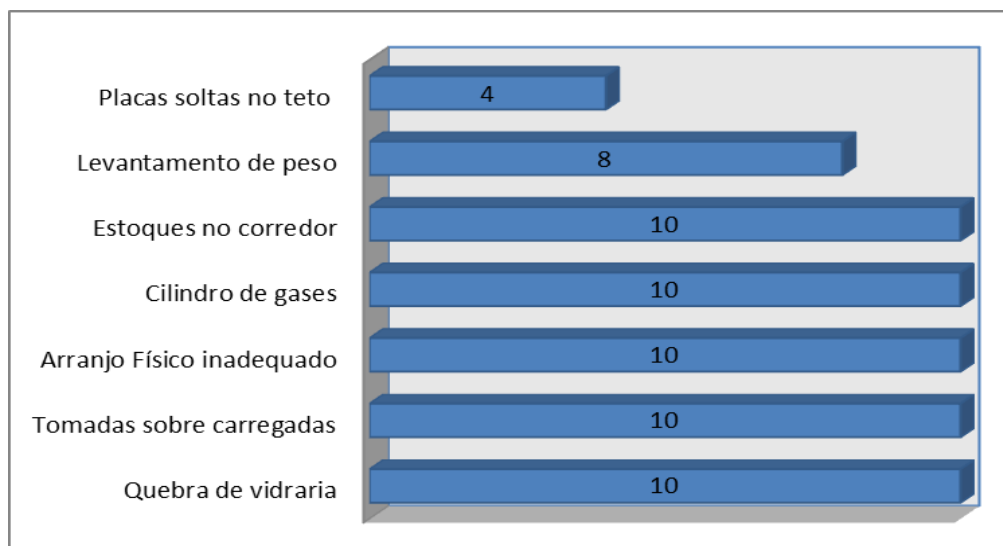


Fonte: Autor (2017).

O gráfico 4 mostra os riscos de acidentes reconhecidos pelos participantes da pesquisa. Destacam-se os riscos de quebra de vidraria, tomadas

sobrecarregadas, arranjo físico inadequado, estoques no corredor, e cilindro de gases como problemas que foram reconhecidos por todos respondentes. Levantamento de pesos e placas soltas no teto foram reconhecidos por 8 e 4 respondentes, respectivamente.

Gráfico 4 – Risco de Acidentes.



Fonte: Autor (2017) .

7.3 CLASSIFICAÇÃO DOS RISCOS PELA APR

Os riscos que foram reconhecidos pelos respondentes foram classificados em riscos toleráveis, moderados e não toleráveis pela análise preliminar de riscos, que usou o método matriz de decisão.

O quadro 4 apresenta a classificação dos riscos físicos, onde os mesmos são classificados quanto à severidade causada, tomando como base a extensão do dano às possíveis pessoas envolvidas, ao patrimônio que poderia ser afetado, além dos impactos ao meio ambiente e à imagem da instituição envolvida neste evento destacado. Com relação à frequência com que este evento pode ocorrer, é essencial para situar a possibilidade de que este ocorra durante a vida útil da instalação estudada.

Desta forma, o ponto resultante do cruzamento entre a categoria da severidade (situada na vertical da tabela) com a categoria da frequência de acontecimento do evento (situada na linha horizontal da tabela), categorizam o risco como tolerável, dispensando a adoção de medidas para conter o risco,

moderado, e conduzindo à adoção de medidas que impeçam a evolução do risco de moderado para não tolerável, já que estes necessitam de medidas imediatas para impedir que se materializem dando causa ao acidente.

Quadro 4 - Riscos Físicos.

Evento	Descrição		Severidade	Frequência	Resultado
Calor	Pessoa	Lesões Leves	Marginal	E FREQUENTE Possível de ocorrer muitas vezes durante a vida útil da instalação	Não tolerável
	Patrimônio	Danos leves ao sistema			
	Meio ambiente	Danos leves			
	Imagem	Impacto Local			
Radiação	Pessoa	Múltiplas fatalidades intramuros ou fatalidade extramuros	Catastrófico	A Extremamente remota Possível de ocorrer, mas sem registros anteriores.	Moderado
	Patrimônio	Danos catastróficos podendo levar à perda da instalação			
	Meio ambiente	Danos severos em áreas sensíveis ou se estendendo para outros locais			
	Imagem	Impacto internacional			
Frio	Pessoa	Lesões Leves	Marginal	D POSSÍVEL Possível de ocorrer uma vez durante a vida útil da instalação	Tolerável
	Patrimônio	Danos leves ao sistema			
	Meio ambiente	Danos leves			
	Imagem	Impacto Local			

Fonte: Autor (2017).

Analisando os dados apresentados no quadro 4, fica evidenciado que o calor é um risco com baixa severidade, sendo o mesmo considerado como marginal, mas com extrema frequência de ocorrer, o que acaba classificando como não tolerável e, portanto, demonstrando ser necessário o tratamento para que este não venha a gerar acidentes.

A radiação é classificada na matriz de risco como um elemento moderado, visto que a frequência de acontecimento deste evento é extremamente remota, ainda que as consequências da materialização podem ser catastróficas. Sendo

assim, faz-se necessário o início de ações que bloqueiem o risco deste evento a fim de que o mesmo não evolua para não tolerável.

O frio é classificado como tolerável, visto que a frequência de acontecimento de um acidente sob estas condições é classificada como baixa, bem como as extensões dos danos marginais. Sendo assim, este não necessita de tratamento no momento.

Os riscos químicos encontrados no laboratório são agrupados em um único grupo, denominado de químicos (Quadro 5), que leva em consideração a fonte do risco.

Quadro 5 - Riscos Químicos.

Evento		Descrição	Severidade	Frequência	Resultado
Químicos	Pessoa	Múltiplas fatalidades intramuros ou fatalidade extramuros	V Catastrófico	E FREQUENTE Possível de ocorrer muitas vezes durante a vida útil da instalação	Não tolerável
	Patrimônio	Danos catastróficos podendo levar à perda da instalação			
	Meio ambiente	Danos severos em áreas sensíveis ou se estendendo para outros locais			
	Imagem	Impacto internacional			

Fonte: Autor (2017).

Fica evidenciado, conforme o quadro 5, que o risco químico em um laboratório de química é o que apresenta o ponto extremo da tabela. Sendo assim, a categorização da frequência do evento atingiu o ponto máximo da tabela e a severidade dos danos pode chegar à máxima consequência. Logo, este risco é classificado como não tolerável necessitando de medidas de bloqueio das condições que poderiam gerar acidentes.

Os riscos ergonômicos são tratados, a seguir, conforme mostrado no Quadro 6.

Quadro 6 – Riscos Ergonômicos nos Laboratórios de Química.

Evento	Descrição		Severidade	Frequência	Resultado
Repetitividade da tarefa	Pessoa	Sem lesões ou no máximo primeiros socorros	I Desprezível	E FREQUENTE Possível de ocorrer muitas vezes durante a vida útil da instalação	Moderado
	Patrimônio	Danos leves a equipamentos sem comprometimento			
	Meio ambiente	Danos insignificantes			
	Imagem	Impacto Insignificante			
Uso de computador	Pessoa	Sem lesões ou no máximo primeiros socorros	I Desprezível	E FREQUENTE Possível de ocorrer muitas vezes durante a vida útil da instalação	Moderado
	Patrimônio	Danos leves a equipamentos sem comprometimento			
	Meio ambiente	Danos insignificantes			
	Imagem	Impacto Insignificante			

Fonte: Autor (2017).

O estudo realizado e tratado, conforme demonstra o quadro 6, demonstra que os respondentes reconhecem como condições de riscos os trabalhos que envolvem a repetitividade da tarefa, ligada ao tipo de atividade exercida em laboratório, o qual exige que sejam feitas várias réplicas da amostra em questão, onde valores muito próximo devem aparecer repetidas vezes com o intuito de que comprovem a exatidão e padronização na realização do método.

A repetitividade da ação pode ser uma das possíveis fontes de causas de doenças do trabalho. No entanto, os riscos foram classificados como moderados e necessitam de medidas de prevenção para que não evoluam para uma situação mais crítica.

Os riscos de acidente seguem listados a seguir e com o seu devido tratamento.

Quadro 7 – Risco de acidente dos Laboratórios.

Evento	Descrição		Severidade	Frequência	Resultado
Quebra de vidraria	Pessoa	Sem lesões ou no máximo primeiros socorros	I Desprezível	E FREQUENTE Possível de ocorrer muitas vezes durante a vida útil da instalação	Moderado
	Patrimônio	Danos leves a equipamentos sem comprometimento			
	Meio ambiente	Danos insignificante			
	Imagem	Impacto Insignificante			
Levantamento de peso	Pessoa	Sem lesões ou no máximo primeiros socorros	I Desprezível	D Possível Possível de ocorrer uma vez durante a vida útil da instalação	Tolerável
	Patrimônio	Danos leves a equipamentos sem comprometimento			
	Meio ambiente	Danos insignificantes			
	Imagem	Impacto Insignificante			
Tomadas sobrecarregadas	Pessoa	Fatalidade intramuros ou lesões graves extramuros	IV Crítica	E FREQUENTE Possível de ocorrer muitas vezes durante a vida útil da instalação	Não tolerável
	Patrimônio	Danos severos com reparação lenta			
	Meio ambiente	Danos severos com efeito localizado			
	Imagem	Impacto nacional			
Arranjo físico inadequado	Pessoa	Sem lesões ou no máximo primeiros socorros	I Desprezível	E FREQUENTE Possível de ocorrer muitas vezes durante a vida útil da instalação	Moderado
	Patrimônio	Danos leves a equipamentos sem comprometimento			
	Meio ambiente	Danos insignificantes			
	Imagem	Impacto Insignificante			

Evento	Descrição	Severidade	Frequência	Resultado	Evento
Placas soltas no teto	Pessoa	Lesões graves intramuros ou lesões leves extramuros	III Média	E FREQUENTE Possível de ocorrer muitas vezes durante a vida útil da instalação	Não Tolerável
	Patrimônio	Danos moderados ao processo			
	Meio ambiente	Danos moderados			
	Imagem	Impacto regional			
Cilindro de gases	Pessoa	Múltiplas fatalidades intramuros ou fatalidade extramuros	V Catastrófico	E FREQUENTE Possível de ocorrer muitas vezes durante a vida útil da instalação	Não Tolerável
	Patrimônio	Danos catastróficos podendo levar à perda da instalação			
	Meio ambiente	Danos severos em áreas sensíveis ou se estendendo para outros locais			
	Imagem	Impacto internacional			
Estoques no corredor	Pessoa	Lesões graves intramuros ou lesões leves extramuros	III Média	E FREQUENTE Possível de ocorrer muitas vezes durante a vida útil da instalação	Não Tolerável
	Patrimônio	Danos moderados ao processo			
	Meio ambiente	Danos moderados			
	Imagem	Impacto regional			

Fonte: Autor (2017).

Fica constatado, conforme evidenciado no quadro 7, que a quebra de vidraria é uma fonte de possíveis acidentes no ambiente estudado, e, mesmo que a descrição dos danos a pessoas, patrimônio, imagem e meio ambiente seja considerada desprezível, a frequência de repetição deste evento faz com que seja necessária a adoção de medidas que possam bloquear a evolução dos fatos citados.

Por sua vez, o fator de risco levantamento de peso deve ser desprezado e considerado o seu risco como tolerável, visto que, nas atividades desenvolvidas pelos respondentes, os mesmos relatam que não é costume o transporte e levantamento de cargas.

O risco de acidente devido ao uso de tomadas sobrecarregadas foi considerado como um risco capaz de causar danos severos. Atribui-se essa classificação ao fato do histórico do laboratório, que já teve a ocorrência de um sinistro ligado a incêndio em suas instalações ter esse fator como causa.

Após o tratamento dos riscos utilizando a APR, como descrito acima, são geradas recomendações para os riscos classificados como não tolerável e como moderados com o objetivo de que não evoluam para cenários que possam causar acidentes.

7.4 RECOMENDAÇÕES UTILIZANDO O MÉTODO 5 PORQUÊS

Os riscos classificados na análise preliminar de risco usando a matriz de decisão como não toleráveis e os moderados foram agrupados e tratados. Posteriormente, foram lançadas recomendações com a análise da causa raiz pelo o método dos 5 Porquês.

O Quadro 8 apresenta a utilização do método com as recomendações dos riscos considerados moderados e não toleráveis.

Quadro 8 – Aplicação do método 5 Porquês.

Riscos físicos					
O quê	Porquê	Porquê	Porquê	Porquê	Porquê
Calor	Fontes de calor desprotegidas	Falta de equipamentos de proteção coletiva e individual	Comprar e treinar uso dos equipamentos de proteção individual e coletivos adequados	-	-
Radiação	Vazamento durante a operação	A operação pode ser realizada de forma inadequada	Treinamento inadequado para operação	-	-
Riscos químicos					
Químicos	Fontes desprotegidas	Falta de uso de Equipamento de proteção coletiva e individual	Comprar e treinar uso dos equipamentos de proteção individual e coletivos adequados	-	-
Riscos ergonômicos					
Repetitividade da tarefa	Trabalhos não levam em consideração a limitação humana	Não existe estudo de impactos sobre a saúde	Não existe uma cultura de Segurança nestes ambientes	Não existe CIPA implantada	-
Uso de computadores	Compra de móveis sem planejamento	Desconhecimento de procedimentos de adaptação do trabalho ao Homem	Edital para compra não leva em consideração a segurança no trabalho	Não existe pessoa capacitada para esta função.	-

Fonte: Autor (2017).

Risco Acidentes					
O quê (etapa)	Porquê	Porquê	Porquê	Porquê	Porquê
Quebra de vidraria	Arrumação inadequada	Falta de procedimentos para manipulação	Falta de treinamento	-	-
Uso de tomadas sobrecarregadas	Aumento da quantidade de equipamentos elétricos	Falta de planejamento do redimensionamento da parte elétrica	-	-	-
Arranjo físico inadequado	Compra de móveis sem planejamento	Desconhecimento de procedimentos de adaptação do trabalho ao Homem	Edital para compra não leva em consideração a segurança no trabalho	Não existe pessoa capacitada para esta função	-
Placas soltas no teto	Reforma do prédio em andamento	Empresa responsável com prazo longo para a realização da atividade	-	-	-
Cilindro de gases	Falta de espaço planejado para gases	Prédio sem adaptação para receber cilindros	-	-	-
Estoques no corredor	Falta de almoxarifado	Construção de almoxarifado	-	-	-

Fonte: Autor (2017).

Com base nos estudos realizados, é possível neste momento realizar um detalhamento dos riscos encontrados e das ações que foram sugeridas, a fim de que estas possam ser monitoradas de forma mais eficiente com o intuito de impedir que o acidente seja materializado.

O risco físico nos laboratórios apresenta as seguintes manifestações, quais sejam: calor, radiação e frio.

O calor tem a sua fonte em equipamentos que trabalham com temperatura elevada, ficando evidenciado que a severidade dos danos envolvidos em acidentes desta fonte é marginal, ou seja, os impactos a pessoas, patrimônio, meio ambiente e imagem da empresa, apesar de serem frequentes, podem ser bloqueados com o uso de equipamentos de proteção coletiva e individual, pois não podem ser extintos por completo.

Kaddourah (2015) demonstra existir uma forte relação entre a ocorrência de doenças e o não uso dos equipamentos de proteção individual. Ou seja, a conscientização em relação à compra de EPI por parte dos empregadores e a conscientização do uso pelos empregados é um fator de combate ao acidente de trabalho, quando não é possível eliminar a fonte do risco.

Acidentes com radiação originada em equipamentos que possuem fontes radioativas neste estudo aparecem como algo extremamente remoto de acontecer, mas, quando materializados, podem levar a consequências muito severas. Desta forma, acredita-se que uma forma de bloqueio eficiente deste fato é o treinamento constante dos operadores deste equipamento, pois os envolvidos alegaram que o erro humano seria a única forma de acontecer um acidente com radiação que deva ser levado em consideração, visto que o acidente envolvendo falha mecânica deve ser desconsiderado.

A probabilidade de acontecer um acidente envolvendo o frio é algo possível, mas os danos causados por este são marginais. Sendo assim este risco torna-se tolerável. Em resumo, o custo com tempo e dinheiro para o bloqueio de acidentes envolvendo o frio inviabilizam maiores investimento. É aconselhável o monitoramento frequente desta fonte para que a mesma mantenha este status.

O acidente envolvendo o risco químico é frequente de ocorrer neste ambiente, e a sua severidade pode ser catastrófica. Dessa forma, todas as medidas que possam ser realizadas quanto à implantação de equipamentos de

proteção coletiva e individual devem ser realizadas para que todas as fontes deste risco sejam bloqueadas.

Vale destacar que as observações desta pesquisa são realizadas pelas pessoas que executam as atividades em questão. Esta forma de trabalho está em sintonia com o estímulo a criação de uma CIPA contida na NR 5, onde o SESMT, no caso desta pesquisa, o Engenheiro de Segurança, apenas gerencia a aplicação da metodologia.

É importante esclarecer que riscos ligados ao descarte de materiais de forma inadequada, ausência saídas de emergência, e divisórias de material altamente combustível perto de fontes de calor, foram riscos observados pelo pesquisador, e estes não foram tratados neste estudo, ficando evidenciado que a cultura de segurança ainda é embrionária. Acredita-se que medidas iniciais relativas à segurança implantadas pela administração deste espaço farão com que fatos que não foram evidenciados no primeiro momento através deste estudo ganhem força e sejam implantados em estudos futuros.

Filho (2011) demonstra em seu trabalho que uma cultura organizacional com ênfase na prevenção de acidentes, quando implantada, pode resultar na redução de acidentes naquele ambiente de trabalho, e que a mesma, para conseguir êxito, deve ter um forte compromisso da direção. No Brasil, atitudes como estas ainda são frágeis e muitas vezes só acontecem mediante atitudes reativas, ou seja, autuação por parte de órgão fiscalizador ou a ocorrência de sinistros.

O ambiente em questão possui muitas atividades que demandam uma repetição de movimentos maior do que a capacidade humana, e este fato aparece com especial destaque no uso de computadores e preparação de amostras. Apesar dos danos serem desprezíveis, a repetição da tarefa é frequente. Este trabalho aconselha que seja implantado um estudo relativo aos problemas onde a má adaptação do trabalho ao homem pode causar doenças e a criação de uma comissão interna para a prevenção de acidentes pode ser uma solução viável para isso.

Os riscos de acidentes ligados à quebra de vidraria possuem severidade desprezível e a repetição deste acidente é frequente. Logo, este estudo aconselha um treinamento com a padronização de etapas de lavagem adequada,

abrangente a todos que manipulam vidrarias, a fim de que a frequência deste acidente venha a diminuir.

As atividades desenvolvidas neste laboratório não contemplam o levantamento de cargas, mas é possível que ocorra a realização de uma atividade onde o levantamento de cargas seja executado de forma esporádica. Contudo, a severidade do acidente é muito baixa. Aconselha-se que sejam evitadas atividades que demandem esforço em excesso, e por este motivo este risco deve ser apenas monitorado para evitar a mudança de *status*.

Como evidenciando anteriormente, o risco é um conceito ligado à expectativa humana de um acidente e este sofre a influência de fatores internos (a variação individual de cada ser humano) e a fatores externos (estímulos do meio). Sendo assim, o risco de acidentes ligado ao uso de tomadas sobrecarregadas aparece como frequente e crítico, o que em outros momentos poderia passar despercebido, mas neste estudo é bastante destacado. O pesquisador atribui este fato a acidentes envolvendo este laboratório no passado, que tiveram origem neste evento.

O risco de acidente ligado ao arranjo físico inadequado ocorre frequentemente, e a este fato é atribuído acidentes com severidade desprezível, visto que este é um risco estático do local. Este estudo orienta que seja incluído na licitação de compra de mobiliário um item relativo à segurança, que ajude a bloquear tais acidentes.

As placas soltas no teto são um risco de acidente ligado a um único laboratório, e este já estará solucionado na data de publicação deste trabalho. Para atividades de manutenções que venham a criar riscos adicionais aos ambientes, aconselha-se que a atividade seja discutida com uma possível CIPA, já sugerida neste trabalho. A implementação de uma cultura prevencionista em um futuro próximo pode ajudar a bloquear riscos antes mesmo de que estes existam.

O risco de acidentes ligados ao armazenamento inadequado de cilindro de gases e a realização de estocagem de materiais em corredores é algo que, além de arriscado, é ilegal perante a legislação vigente na área de Segurança. Assim, cabe aos responsáveis legais o bloqueio imediato deste risco.

Conforme o resultado do estudo, demonstrado no quadro 8, fica evidenciado que uma forma eficiente de bloqueio de novos acidentes é o estudo da causa raiz destes possíveis fatos, que, se não tratados, podem evoluir para o surgimento de acidentes.

Couto (1998) defende que as organizações muitas vezes adotam uma forma de trabalho em que o Homem é comparado à máquina, onde a saúde é colocada em segundo plano. Essa forma de pensamento é um fator agravante das doenças em ambientes laborais.

A adoção de uma metodologia que combata as incertezas no estudo, e que conseqüentemente possa detectar e evidencia fatores de risco que podem ocasionar doenças aos trabalhadores, é uma solução a ser adotada no combate ao risco em ambientes laborais (COUTO, 1998).

Cisz (2015) constata que, no Brasil, apesar de existir muito trabalho no combate aos acidentes, o empenho por parte das empresas e dos funcionários no combate e prevenção aos riscos nos ambientes laborais ainda é uma questão em segundo plano, principalmente quanto à conscientização ao uso de equipamentos de proteção individual e coletivos.

Enquanto não for adotada uma prática de antecipação que possa prever possíveis cenários, perdas envolvendo pessoa, imagem da empresa, perdas materiais e prejuízo ao meio ambiente, ainda teremos o acidente de trabalho como uma realidade rotineira no Brasil.

Em resumo, é possível destacar que a prevenção deve ser adotada na fase de implantação de uma ação, ou seja, a ação deve ser pensada através de uma metodologia adequada que ajude a prever a materialização do risco.

8 CONCLUSÃO

Uma das atribuições da Engenharia de Segurança do Trabalho é auxiliar na prevenção de acidentes e garantir a qualidade de vida de pessoas, com o respeito às leis e ao ambiente em que estas estão inseridas, além da prevenção de perdas originadas por condições não previstas na execução de projetos. Para que isto seja possível, é necessário o uso de conhecimentos técnicos adequados.

Através dos dados obtidos durante a aplicação do HAZOP e APR, usando a matriz de decisão e análise da causa raiz pelo método de 5 Porquês nos laboratórios do Instituto de Química da UFBA, o presente estudo demonstra a viabilidade destes para propor recomendações de bloqueio da causa de acidentes. A classificação e o reconhecimento do risco por meio do HAZOP, a categorização quanto o seu potencial de causar danos aos sistemas estudados e a extensão destes utilizando - o método matriz de decisão e, por conseguinte, a adoção de medidas de prevenção por meio da análise da causa raiz, usando o método 5 Porquês - fecham o ciclo da segurança (reconhecimento, classificação e prevenção dos riscos), que os tornam alternativas confiáveis e eficientes.

Ademais, os métodos de análise de risco estudados nesta pesquisa auxiliam a entender as causas dos acidentes, demonstrando ser uma solução viável na prevenção de acidentes em laboratórios, com especial destaque para as universidades. Estes são espaços onde os recursos para a realização de pesquisas são de difícil captação, não sendo tolerado, portanto, que sejam perdidos seus resultados com a ocorrência de acidentes que poderiam ser evitados.

Ao demonstrar por meio de aplicação prática a viabilidade dos métodos de análise de riscos para prevenção de acidentes em laboratórios de química, tornando-os mais seguro, esta pesquisa de mestrado profissional contribui para gestão de segurança desses ambientes importantes para construção do conhecimento. Se não houver a prevenção dos riscos neles existentes, as consequências podem catastróficas, como a destruição em poucos segundos daquilo se levou anos para construir.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, L. A. **Metodologias de Análise de Riscos: APP & HAZOP**. Disponível em: http://www.academia.edu/6550580/METODOLOGIAS_DE_AN%C3%81LISE_DE_RISCOS_APP_and_HAZOP. Acesso em: 09 de março de 2017.

AGUIAR, L. A. **A Termelétrica de Santa Cruz: Laboratório Químico e Operações com Produtos Químicos na Área Industrial**. Monografia do curso de Especialização em Eng. de Segurança do Trabalho UFRJ. Rio de Janeiro, 2001.

ARAUJO, Almira Mary Cordeiro. **Gerenciamento de riscos em contratos de obras públicas – estudo de caso: serviços de reforma em imóveis funcionais** dissertação de mestrado em estruturas e construção civil. publicação: e.dm-013/12. Brasília: julho – 2012.

ALCHE, **Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis**, 2nd Edition. Estado: editora, 1999.

ALMEIDA DE, I. M.; VILELA, R. A. G. **Modelo de análise e prevenção de acidentes de trabalho – MAPA**. 1. ed. Piracicaba, SP: Centro de Referência em Saúde do Trabalhador – CEREST, 2010.

BENDERLY, B.L., **Taken for Granted: The Burning Question of Laboratory Safety**. http://sciencecareers.sciencemag.org/career_magazine/previous_issues/articles/2009_05_01/caredit.a0900054, acesso em 03 de janeiro de 2015.

BRAND, K.P., SMALL, M.J. Updating Uncertainty in an Integrated Risk Assessment- Conceptual Framework and Methods. **Risk Analysis**. Vol 15, no. 6, 1995.

CETESB, Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado De São Paulo. **Manual de Orientação para a Elaboração de Estudos de Análise de Riscos**. São Paulo, 2012.

CISZ, Cleiton Rodrigo. **Conscientização do uso de epi's, quanto à segurança pessoal e coletiva. Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho**. Univerdade Tecnológica Federal do Paraná departamento acadêmico de construção civil. 2015.

CLELAND, I. D.; IRELAND, L. R. **Gerência de Projetos**. Rio de Janeiro: Editora Reichmann & Affonso Editores, 2002

COUTO, Hudson de Araújo. **In Ergonomia Aplicada ao Trabalho - A máquina humana**. Volume I, 1998.

C.S.B. U.S. **Chemical Safety Board 2015**. Disponível em: <http://www.csb.gov>, Acesso em 03 de janeiro de 2017.

CROCKETT, J. M. Laboratory safety for undergraduates. **Journal of Chemical Health & Safety**, 2011.

DE CICCIO, F.; FANTAZZINI, M. L. **Tecnologias consagradas de gestão de riscos**. 2 ed. São Paulo: Risk Tecnologia, 2003.

FISCHER, D., GUIMARAES L. B. M. **Percepção de risco e perigo**: Um estudo qualitativo. ABERGO 2002.

ERTHAL, Leopoldo Alberto Vicente. **Análise de risco aplicada ao trabalho em altura e propostas de medidas de controle**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 2014.

EPA. **Guindelines for Ecological Risk Assesment**. Washington: DC, 1998.

EQUIPE ATLAS. **Segurança e medicina do trabalho**. 71ª edição São Paulo: Editora Atlas, 2013.

FARIA, Maila T. de. **Apostila de Gerência de Riscos**. Curso de Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho – UTFPR, 2009.

Giuliano Franco, MD, Hon FFOM RCP(London) and Francesca Franco, MD, MPH Bernardino Ramazzini. The Father of Occupational Medicine. **Am J Public Health**. September; 91(9): 1382. 2001.

GHINATO, P. **Elementos para a compreensão de princípios fundamentais do Sistema Toyota de Produção**: Automação e Zero Defeitos. Xxf, 1994. Dissert. Mestrado PPGEP/UFRGS, Porto Alegre, 1994.

FARIA, Maila T. de. **Apostila de Gerência de Riscos**. Curso de Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho – UTFPR, 2009.

_____. **Apostila de Gerência de Riscos**. Curso de Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho. UTFPR, Campus Curitiba, 2011.

FILHO, Anastácio Pinto Gonçalves. **Cultura e gestão de segurança no trabalho em organizações industriais: uma proposta de modelo**. Xxf, 2011. Tese de Doutorado apresentada a UFBA. 2011.

FOSTER, B. L. Principles of Laboratory Safety Management in Academia. **Chemical Health & Safety**, 2003.

GRAVES, R. Qualitative Risk Assess. **Revista PM Network**, october, 2000, p. 61-66.

HALE, A.R. Safety rules o.k.? Possibilities and limitations in behavioural safety strategies. **Journal of Occupational Accidents**, v. 12, p.3–20, 1990.

HELMAN, H., ANDERY, P. **Análise de falhas**; aplicação dos métodos FMEA e FTA. Fundação Christiano Ottoni: Escola de Engenharia da UFMG, 1995. 156p.

INEA - INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE. **Instrução Técnica 2014 para Elaboração de Estudo de Análise de Risco para Instalações Convencionais**. Instrução Técnica de janeiro de 2009.

ISHIKAWA, K. **Controle de qualidade total**: à maneira japonesa. Rio de Janeiro, Ed. Campus, 1993.

ISO **12100**, 2013. Disponível em: <https://www.iso.org/standard/51528.html> acessado em 30 de maio de 2017.

KADDOURAH, Samar Mohamed El Harati, Costa Fernando Augusto Alves da , Fábrega Julianna Ferreira , Rabello Larissa Vazquez de Araújo. Relação entre a ocorrência de dermatite de contato irritativa e o uso dos equipamentos de proteção individual. **Revista brasileira de medicina do trabalho**, v.13 n. 2. 2015

KAPLAN, STANLEY; GARRICK, B. JOHN. On the quantitative definition of risk. **Risk Analysis**. v. 1. n 1, 1998.

KOLLURU, R. Risk Assessment and Management: a Unified Approach. In: Kolluru, R.; Bartell, S.; Pitblado, R.; Stricoff, S. **Risk Assessment and Management Handbook: for Environmental**. Health and Safety Professionals. Boston, Massachusetts: McGraw Hill, 1996.

LANGERMAN, N. Laboratory safety. **Journal of Chemical Health and Safety**, v.6, n. 3, p. 49–50, 2009.

LEVESON, Nancy G. A new Accident model for engineering safer system. MIT **Engineering sytem division internal symposiu**. May 2002.

MENDES, René; DIAS, Elizabeth Costa. Da medicina do trabalho à saúde do trabalhador. **Rev. Saúde Pública**, v. 25 n.5,1991

MICHAELIS – **Dicionário de Português**. UOL, 2002.

MIL-STD-882E. **DEPARTMENT OF DEFENSE STANDARD PRACTICE, 2012**. disponível em: <http://www.system-safety.org/Documents/MIL-STD-882E.pdf>. Acessado 22 de abril de 2017.

MILLER, J. G.; HEIDEMAN, S. A. and GREENBOWE, T. J. Introducing Proper Chemical Hygiene and Safety in the General Chemistry Curriculum. **Journal of Chemical Education**, Charlote, v. 77, n 9, p. 1185-1187, set. 2000.

MOTTA, P. C. D. Ambigüidades metodológicas do jus-in-time. In: **Encontro Anual daANPAD**, 17. ANPAD, Salvador. 10 v. v.3, p. 46-57. 1993

MTE, Ministério do Trabalho e Emprego, **Manual de aplicação da NR 17**, 2º edição Brasília, 2002.

NBR **14280**, 2001. Disponível em: <http://www.alternativorg.com.br/wdframe/index.php?&type=arg&id=MTE2Nw>. acessado em 20 de março de 2017.

MOORE, M. CARVALHO & RABECHINI JR. R **Construindo Competência para Gerenciar Projetos: Teorias e Casos**. 2ª edição. São Paulo: Editora Atal, 2007.

MELO, Patrícia Coimbra Souza. **Os Riscos do Processo de Elaboração do Orçamento Geral da União**. 1º Lugar VII concurso de monografia Tema 2 - Aperfeiçoamento do Orçamento Público. 2015.

NELSON, D. A. Incorporating chemical health and safety topics into chemistry curricula: Past accomplishments and future needs. **Chemical Health and Safety**. v. 6, n. 5, p. 43-48, 1999.

OIT, Organização Internacional do Trabalho, **A sua saúde e segurança no trabalho: uma coleção de módulos**. Impressão: Etigrafe Introduction to Occupational Health and Safety Copyright © 1996. Tradução portuguesa Copyright © 2009.

OLIVEIRA, Maurício de Paula. **Um estudo de caso da gestão de segurança industrial de uma plataforma de petróleo offshore**. Xxf, 2008. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Gestão) – Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2008.

OLIVEIRA, Cristiane Reimberg. **Fundacentro: meio século de segurança e saúde no trabalho**. São Paulo: Fundacentro, 2016

OSHA 2017. Disponível em: https://www.osha.gov/pls/oshaweb/owasrch.search_form?p_doc_type=INTERPRETATIONS&p_toc_level=0). Acesso em 19 de março de 2017.

PARDO, JOHANNA ANDREA RODRIGUEZ; **Metodologia para Análise e Gestão de Riscos em Pavimentos Ferroviários**. Xxf, 2009. Dissertação Mestrado. Universidade Federal deOuro Preto- NUGEO. Minas Gerais, 2009.

RIBEIRO, Marcela G.; PEDREIRA FILHO, Walter dos R.; RIEDERER, Elena E. **Avaliação Qualitativa de Riscos Químicos: Orientações Básicas para o Controle da Exposição a Produtos Químicos em Gráficas**. São Paulo, SP: editora, 2007

SANDERS, M.S.; McCORMICK, E. J. Human Error, Accidents, and Safety. In: SANDERS, M.S.; McCORMICK, E. J. **Human Factors in Engineering and Design**. 7th ed. New York: McGraw-Hill, chap. 20, p. 655 -695, 1993.

SCHNEIDER, R. **Gerência de Riscos na Engenharia de Software**. 2002.

SCHULZ, W.G. Fighting lab fires: explosion and fire at an Ohio State University chemistry lab highlight safety issues in academia. **Chemical & Engineering News**, May 23, 2005.

SHINAR, D., GURION, B.; FLASCHER, O. M. The Perceptual Determinants of Workplace Hazards. **Proceedings of the Human Factors Society**, v.2, p. 1095 - 1099, 1991.

SOARES, Leonardo Marçal Café. **Análise Preliminar de Riscos em Serviços de Terraplenagem em obra de loteamento**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná 2015.

TERNER, G.L.K. **Avaliação da aplicação dos métodos de análise e solução de problemas em uma empresa metal-mecânica**. Xxf, 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2008.

VALENTE, Vivian de Souza. **A importância do estudo dos riscos e dos processos de desenvolvimento de novos materiais em ambiente acadêmico**. Dissertação, Curitiba 2012.

WEISS, A.E. **Key business solutions: essential problem-solving tools and techniques that every manager needs to know**. Grã-Bretanha: Pearson Education Limited, 2011.

ZOCCHIO, A. **Política de Segurança e saúde no trabalho: elaboração, implantação, administração**. São Paulo: LTr, 2000.

APÊNDICES

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO 1 – ROTEIRO DOS QUESTIONÁRIOS APLICADOS NOS LABORATÓRIOS DE QUÍMICA

Prezado, sou discente do mestrado em Engenharia Industrial da UFBA, e estou fazendo uma pesquisa de campo para a dissertação. Preciso de sua atenção para preencher este formulário. Com ele pretendo avaliar os riscos ocupacionais nas atividades realizadas nestes laboratórios e dar andamento a pesquisa da dissertação. Desde já agradeço a colaboração e garanto sigilo das informações pessoais, sendo os dados somente utilizados para tal estudo.

1. Descreva de forma resumida a sua qualificação e a atividade que você realiza neste laboratório.

2. Você conhece os riscos aos quais você se encontra exposto neste laboratório?

3. Você já sofreu algum acidente nestes laboratórios?

4. Você tem conhecimento de algum acidente nestes laboratórios?

5. Quais as condições que você acredita que poderiam causar acidentes nestes laboratórios?

APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO 2 - ROTEIRO DOS QUESTIONÁRIOS APLICADOS NOS LABORATÓRIOS DE QUÍMICA

Prezado, sou discente do mestrado em Engenharia Industrial da UFBA, e estou fazendo uma pesquisa de campo para a dissertação. Preciso de sua atenção para preencher este formulário. Com ele pretendo avaliar os riscos ocupacionais nas atividades realizadas nestes laboratórios e dar andamento a pesquisa da dissertação. Desde já agradeço a colaboração e garanto sigilo das informações pessoais, sendo os dados somente utilizados para tal estudo.

1 – Com base na última pesquisa foram apontados os riscos listados na tabela abaixo. Dos riscos listados a seguir marque quais você reconhece nos laboratórios.

Risco				
Físico	Químico	Biológico	Ergonômico	Acidente
Calor	Vapores		Uso Computador	Quebra de vidraria
Frio	Fumos		Trabalho em turnos	Levantamento de peso
Radiação	Nevoas		Repetitividade	Tomadas sobrecarregadas
Umidade	Gases			Arranjo físico inadequado
				Placas soltas no teto
				Cilindro de gases
				Estoque no corredor

UFBA
UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
ESCOLA POLITÉCNICA

PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA INDUSTRIAL - PEI

Rua Aristides Novis, 02, 6º andar, Federação, Salvador BA
CEP: 40.210-630
Telefone: (71) 3283-9800
E-mail: pei@ufba.br
Home page: <http://www.pei.ufba.br>

