



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

Bernardo Tavares Fernandes Barros

**Implementação de Sistema de Segurança em
Laboratório de Pesquisa**

Rio de Janeiro

2020

Bernardo Tavares Fernandes Barros

Implementação de Sistema de Segurança em Laboratório de Pesquisa

Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Química submetida ao Corpo Docente da Escola de Química, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau Engenheiro Químico.

Orientador:

Prof. Carlos André Vaz Júnior, D.Sc.

Rio de Janeiro

2020

Barros, Bernardo Tavares Fernandes.

Implementação de sistema de segurança em laboratório de pesquisa / Bernardo Tavares Fernandes Barros. Rio de Janeiro: UFRJ/EQ, 2020.

68 p; il.

(Monografia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química, Rio de Janeiro, 2020.

Orientador: Carlos André Vaz Júnior

1. Segurança. 2. Risk Based Process Safety. 3. Análise Preliminar de Risco. 4. Monografia. (Graduação – UFRJ/EQ). 5. Carlos André Vaz Júnior. I. Título.

Implementação de Sistema de Segurança em Laboratório de Pesquisa

Bernardo Tavares Fernandes Barros

Monografia em Engenharia Química submetida ao Corpo Docente da Escola de Química, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau Engenheiro Químico.

Aprovado por:

Karen Signori Pereira, D.Sc.

Natália Ornellas Lobo Rodrigues, Engenheira de
Segurança do Trabalho

Orientado por:

Carlos André Vaz Júnior, D.Sc.

Rio de Janeiro, RJ – Brasil

2020

Resumo da monografia apresentada à Escola de Química como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Engenheiro Químico.

IMPLEMENTAÇÃO DE SISTEMA DE SEGURANÇA EM LABORATÓRIO DE PESQUISA

Bernardo Tavares Fernandes Barros

Rio de Janeiro, 2020

Orientador: Prof. Carlos André Vaz Júnior, D.Sc.

Laboratórios acadêmicos tendem a se limitar a boas práticas de segurança individual. Muitas vezes uma falsa sensação de segurança devido à escala reduzida das operações ou mesmo simples desconhecimento levam a liderança desses laboratórios a ignorar sistemas formais de gestão de segurança. Esse estudo parte da metodologia *Risk Based Process Safety*, desenvolvida para a indústria de processos, e realiza uma análise das condições de segurança em um laboratório universitário da área de Engenharia de Alimentos. Embasado por uma análise de risco conduzida através dos métodos checklist e análise preliminar de riscos, são identificados e discutidos os riscos presentes nas operações do laboratório e apresentadas recomendações. O estudo demonstra a aplicabilidade da metodologia *Risk Based Process Safety* para laboratórios de ensino e pesquisa mediante adaptações simples, reforça a utilidade de análise de risco no desenvolvimento de sistemas de segurança.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	SEGURANÇA DE PROCESSO BASEADA EM RISCO	15
2.1	OS ELEMENTOS DO RBPS	15
2.1.1	Pilar: Compromisso com Segurança de Processo	16
2.1.1.1	Cultura de Segurança de Processo	16
2.1.1.2	Conformidade com Padrões	17
2.1.1.3	Competência em Segurança de Processos	17
2.1.1.4	Engajamento da Força de Trabalho	18
2.1.1.5	Envolvimento de Partes Interessadas	18
2.1.2	Pilar: Entendimento de Riscos e Perigos	18
2.1.2.1	Gestão do Conhecimento do Processo	18
2.1.2.2	Identificação de Perigos e Análise de Risco (HIRA)	18
2.1.3	Pilar: Gerenciamento de Risco	19
2.1.3.1	Procedimentos Operacionais	19
2.1.3.2	Práticas Seguras de Trabalho	19
2.1.3.3	Integridade e Confiabilidade de Ativos	20
2.1.3.4	Gestão de Contratados	20
2.1.3.5	Treinamento e Garantia de Performance	20
2.1.3.6	Gestão de Mudança (MOC)	20
2.1.3.7	Prontidão Operacional	20
2.1.3.8	Condução de Operações	21
2.1.3.9	Gestão de Emergência	21
2.1.4	Pilar: Aprendizagem com Experiência	22
2.1.4.1	Investigação de Incidentes e Acidentes	22
2.1.4.2	Medidas e Métricas	22
2.1.4.3	Auditoria	22
2.1.4.4	Revisão de Gestão e Melhoria Contínua	23
2.2	RBPS EM LABORATÓRIOS ACADÊMICOS	23
2.2.1	Compromisso com Segurança de Processo e seus Elementos	23
2.2.1.1	Cultura de Segurança	23
2.2.1.2	Conformidade com Padrões	24

2.2.1.3	Competência em Segurança	25
2.2.1.4	Engajamento da Força de Trabalho	25
2.2.1.5	Envolvimento de Partes Interessadas	25
2.2.2	Entendimento de Riscos e Perigos e seus Elementos	26
2.2.2.1	Gestão do Conhecimento do Processo	26
2.2.2.2	HIRA	26
2.2.3	Gerenciamento de Risco e seus Elementos	27
2.2.3.1	Procedimentos Operacionais	27
2.2.3.2	Práticas Seguras de Trabalho	27
2.2.3.3	Integridade e Confiabilidade de Ativos	27
2.2.3.4	Gestão de Contratados	28
2.2.3.5	Treinamento e Garantia de Performance	28
2.2.3.6	Gestão de Mudança (MOC)	28
2.2.3.7	Prontidão Operacional	29
2.2.3.8	Condução de Operações	29
2.2.3.9	Gestão de Emergência	29
2.2.4	Aprendizagem com Experiência e seus Elementos	29
2.2.4.1	Investigação de Incidentes e Acidentes	29
2.2.4.2	Medidas e Métricas	30
2.2.4.3	Auditoria	30
2.2.4.4	Melhoria Contínua	30
3	ANÁLISE DE RISCO	31
3.1	DETERMINAÇÃO DE NÍVEIS DE RISCO	31
3.2	MODELOS DE ANÁLISE DE RISCO	31
3.3.1	Checklist	33
3.3.2	Procedimentos Operacionais Padrões (SOP)	33
3.3.3	Job Hazard Analysis (JHA)	35
3.3.4	What If	37
3.3.5	Análise Preliminar de Riscos (APR)	37
4	ESTUDO DE CASO	39
4.1	O LABORATÓRIO	39
4.2	CHECKLIST	45

4.2.1	Análise dos Resultados	46
4.2.1.1	Treinamento e Documentação	46
4.2.1.2	Plano de Emergência	47
4.2.1.3	Equipamento de Proteção	47
4.2.1.4	Perigos Químicos	47
4.2.1.5	Perigos Biológicos	47
4.2.1.6	Segurança Geral	47
4.2.1.7	Descartes	48
4.2.2	Conclusões	48
4.3	APR	48
4.3.1	Análise dos Resultados	49
4.3.1.1	Cenários de Falha de Equipamento	49
4.3.1.2	Cenário de Incêndio	51
4.3.1.3	Cenários Envolvendo a Autoclave	51
4.3.1.4	Cenário de Inalação	52
4.3.1.5	Cenários Biológicos	52
4.3.2	Conclusões	54
5	ANÁLISE DOS RESULTADOS NO CONTEXTO DO RBPS	55
5.1	COMPROMISSO COM SEGURANÇA DE PROCESSO E SEUS ELEMENTOS	55
5.1.1	Cultura de Segurança	55
5.1.2	Conformidade com Padrões	55
5.1.3	Competência em Segurança	56
5.1.4	Engajamento da Força de Trabalho	56
5.2	ENTENDIMENTO DE RISCOS E PERIGOS E SEUS ELEMENTOS	57
5.2.1	HIRA	57
5.3	GERENCIAMENTO DE RISCO E SEUS ELEMENTOS	57
5.3.1	Procedimentos Operacionais	58
5.3.2	Integridade e Confiabilidade de Ativos	58
5.3.3	Treinamento e Garantia de Performance	58
5.4	APRENDIZAGEM COM EXPERIÊNCIA E SEUS ELEMENTOS	59
5.4.1	Investigação de Incidentes e Acidentes	59
5.4.2	Melhoria Contínua	59

6	RECOMENDAÇÕES	61
7	CONCLUSÃO	63

1 INTRODUÇÃO

Em janeiro de 2010 a explosão ocasionada pela perda de controle de uma reação em um laboratório na Texas Tech University causou sérios ferimentos a um aluno. O acidente foi estudado pelo U.S. Chemical Safety and Hazard Investigation Board (CSB) que publicou sua análise e recomendações (Chemical Safety Board, 2011). Os conceitos simples de boas práticas de segurança laboratorial, como o uso de equipamento de proteção individual são frequentemente repetidos em laboratórios pelo mundo, e eram de conhecimento dos estudantes envolvidos no acidente. O que foi identificado pela análise da CSB foram falhas de gestão de segurança de processos. Como em muitos laboratórios, as práticas de segurança não eram padronizadas e devidamente aplicadas, os riscos das operações não eram conhecidos e discutidos pelos operadores, o treinamento das pessoas com acesso ao laboratório era inadequado ou mesmo ausente.

Tendo em vista essa necessidade de implementação de sistemas de segurança de processos em laboratórios acadêmicos, o presente trabalho utiliza a metodologia Risk Based Process Safety (RBPS), desenvolvida pelo Center for Chemical Process Safety (CCPS), e métodos de análise de risco para identificar riscos e cenários acidentais possíveis e assim gerar orientações de segurança para um laboratório de ensino e pesquisa real.

O objetivo desse estudo é determinar a aplicabilidade da metodologia RBPS a laboratórios de pesquisa e gerar sugestões que possibilitem a implementação de um sistema de gestão de segurança no Laboratório de Microbiologia de Alimentos (MicrAlim), da Escola de Química (EQ) da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), com o auxílio de métodos de análise de risco como Checklist e Análise Preliminar de Risco (APR).

O método RBPS é apresentado no capítulo 2, com uma descrição de seus elementos constituintes seguida de uma discussão de quais desses elementos melhor se aplicam a laboratórios.

O capítulo 3 é dedicado a métodos de análise de risco apropriados ao ambiente laboratorial.

O laboratório objeto do estudo é apresentado no capítulo 4 através da aplicação de métodos de análise de risco. Cenários acidentais são levantados e discutidos.

No capítulo 5 os elementos relevantes do RBPS são contextualizados no laboratório em estudo, informados pela análise de risco realizada.

Um sumário das recomendações de segurança ao laboratório é apresentado no capítulo 6.

2 SEGURANÇA DE PROCESSO BASEADA EM RISCO

Segurança de Processo Baseada em Risco (Risk Based Process Safety, ou RBPS) é uma metodologia de segurança introduzida pelo CCPS (Center for Chemical Process Safety) através do livro *Guidelines for Risk Based Process Safety* publicado em 2007. Neste capítulo será apresentado um resumo desta metodologia.

O RBPS usa os recursos disponíveis na organização de acordo com o grau de risco de cada cenário acidental, evitando assim desperdícios. O uso eficiente de recursos, sejam eles financeiros, humanos, ambientais ou quaisquer outros, é intrínseco a uma boa gestão. A segurança de processos deve ser pensada em termos de sustentabilidade empresarial, tornando-se peça chave na gestão da organização.

2.1 OS ELEMENTOS DO RBPS

O RBPS é estruturado em quatro blocos fundamentais (ou pilares), cada um composto por diferentes elementos, totalizando 20 elementos de segurança. A figura 1 apresenta os pilares e elementos do RBPS.

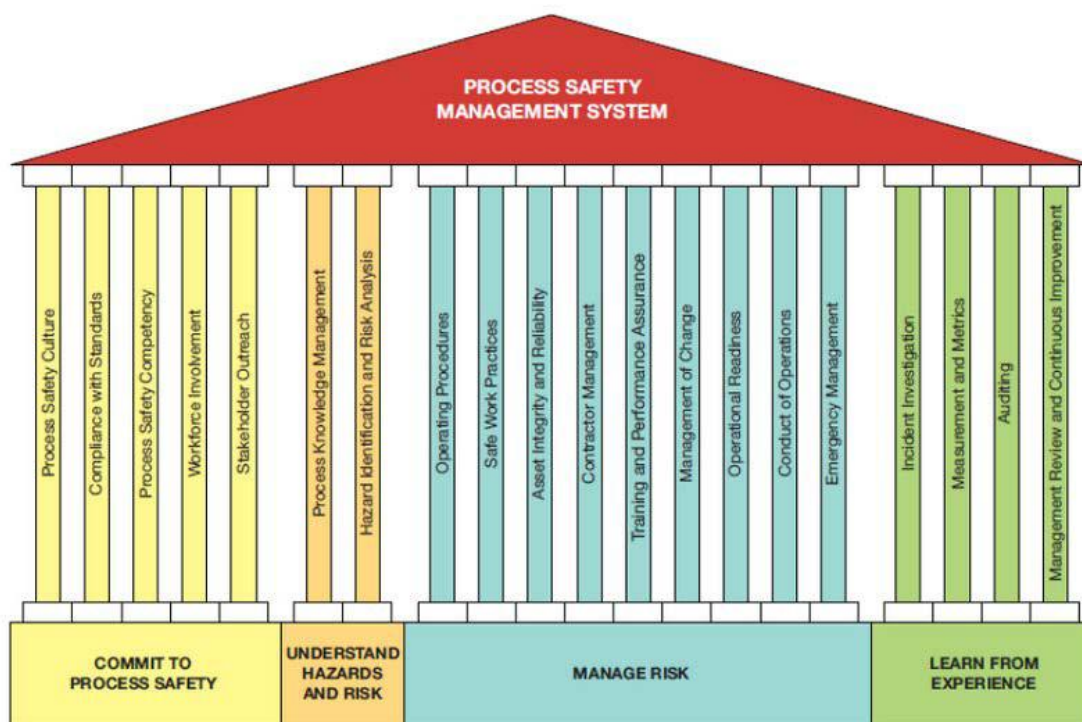


Figura 1 – Elementos do sistema RBPS (Center for Chemical Process Safety, 2014)

Abaixo serão apresentados todos os 20 elementos de forma sucinta, com os elementos mais relevantes para segurança em laboratório sendo revisitados de forma mais aprofundada no fim do capítulo.

2.1.1 Pilar: Compromisso com Segurança de Processo

Esse é o pilar essencial da segurança de processo, pois não há substituto para o compromisso da organização. Esse compromisso deve se dar como um todo, desde a liderança até a força de trabalho.

Os cinco elementos que compõem este bloco são: Cultura de Segurança de Processo, Conformidade com Padrões, Competência em Segurança de Processos, Engajamento da Força de Trabalho e Envolvimento de Partes Interessadas.

2.1.1.1 Cultura de Segurança de Processo

Uma cultura de segurança implica em uma instituição sempre consciente dos riscos e vigilante de suas fraquezas. Para que a cultura seja completamente estabelecida, todos os níveis da organização devem estar comprometidos e decisões devem ser tomadas baseadas em expertise e conhecimento ao invés de posição e cargo.

Deve-se delegar responsabilidades para que os funcionários possam resolver problemas de segurança que ocorram dentro de suas alçadas. Isso promove agilidade de resposta e engajamento de todos com a segurança. Tudo isso é baseado em um foco em aprendizagem e ensino dentro da organização, para perpetuar a cultura de segurança, capacitar os funcionários a tomarem decisões corretas.

Todas essas recomendações sobre transferência de conhecimento, cultura e poder de decisão necessitam de comunicações abertas dentro da organização, de modo que problemas e preocupações sobre segurança possam ser abordados e discutidos livremente.

2.1.1.2 Conformidade com Padrões

Para um melhor entendimento e implementação de medidas de segurança, deve-se buscar e adotar padrões. Esses padrões são práticas recomendadas, normas, regulamentações, leis, etc. Essas fontes podem ser internas, externas, nacionais e internacionais. Dentre essas, o sistema RBPS faz uso dos melhores padrões aplicáveis, muitas vezes indo além da simples conformidade com as exigências legais.

2.1.1.3 Competência em Segurança de Processos

Uma operação competente do ponto de vista da segurança é baseada em três conceitos: “melhora contínua do conhecimento, garantir que a informação apropriada está disponível para aqueles que precisam e aplicação consistente do que foi aprendido” (Center for Chemical Process Safety, 2016).

Dessa forma, esse elemento prevê a manutenção de bases de informação sobre a segurança do processo e o treinamento dos funcionários.

2.1.1.4 Engajamento da Força de Trabalho

É importante reconhecer que os operadores de um processo muitas vezes são os mais expostos aos riscos do mesmo, ao mesmo tempo que tem um conhecimento íntimo do seu funcionamento. Por isso, eles devem ser engajados pelas políticas de segurança, para que se faça uso de sua expertise e para que os riscos possam ser minimizados tanto quanto possível.

Incluir a força de trabalho na segurança do processo muitas vezes exige ir além dos papéis tradicionais de organização e garantir uma comunicação bidirecional entre a liderança e os funcionários.

2.1.1.5 Envolvimento de Partes Interessadas

Muitos cenários acidentais não ficam limitados à organização. Eles repercutem fora dela, na comunidade, junto à mídia e ao governo. Em alguns casos, os acidentes podem envolver diretamente esses atores externos.

A organização deve, preventivamente, procurar agentes que possam ser afetados pela sua operação, como autoridades responsáveis, moradores próximos, grupos profissionais e outras organizações. Deve-se estabelecer um diálogo com essas partes interessadas, fornecendo informações corretas, esclarecimentos e estabelecendo um diálogo sobre segurança.

2.1.2 Pilar: Entendimento de Riscos e Perigos

O entendimento de riscos e perigos permite que os recursos destinados à segurança sejam corretamente empregados, otimizando-os (Center for Chemical Process Safety, 2016). Este bloco é composto por dois elementos: Gestão do Conhecimento do Processo e Identificação de Perigos e Análise de Risco (HIRA).

2.1.2.1 Gestão do Conhecimento do Processo

Conhecimento é aqui entendido como dados sobre o processo, tais como documentos, cálculos, desenhos, especificações, fichas de segurança de produtos (FISPQ), etc. No entanto, conhecimento vai além do simples acúmulo de informação, ela deve ser entendida.

Uma boa gestão implica em catalogar de modo que a informação seja encontrada facilmente e utilizada corretamente.

2.1.2.2 Identificação de Perigos e Análise de Risco (HIRA)

Este elemento visa garantir que riscos a instalações, público, empregados, e/ou meio ambiente estejam dentro da tolerância da organização. Para tanto, um processo metódico deve indicar os perigos e quantificar os riscos associados e documentar os resultados.

2.1.3 Pilar: Gerenciamento de Risco

Gerenciar riscos envolve quatro considerações: “operação prudente, manter o risco num patamar tolerável, manter a integridade dos equipamentos e preparar para (e responder a) acidentes e incidentes” (Center for Chemical Process Safety, 2016).

O bloco de Gerenciamento de Risco é constituído por nove elementos, cada um deles contemplando uma diferente fonte de risco para o processo.

2.1.3.1 Procedimentos Operacionais

Contempla o risco das operações rotineiras da organização, recomendando a compilação de procedimentos operacionais. Estes são instruções escritas que listam o passo a passo de determinada tarefa e a maneira na qual essas devem ser realizadas. Também descrevem riscos, ferramentas e equipamento de proteção e controle envolvidos.

Procedimentos operacionais também devem incluir as consequências de desvios da operação prescrita e instruções para solução de problemas quando o sistema responde de forma inesperada.

Bons procedimentos, e de fácil acesso, promovem a transferência de conhecimento de segurança na instituição e empoderam operadores a tomar boas decisões preventivas e mesmo remediais.

2.1.3.2 Práticas Seguras de Trabalho

Esse elemento contempla perigos associados a circunstâncias fora da rotina do processo como definida pelos procedimentos operacionais. Esse elemento é implementado por permissões de trabalho e regras secundárias ao processo, como autorizações de acesso, limites ao uso de equipamentos ou veículos em certas áreas, proibição de consumo de alimentos, entre outros.

2.1.3.3 Integridade e Confiabilidade de Ativos

Esse elemento abrange os equipamentos e visa garantir que eles estejam instalados de acordo com especificações e em condições adequadas de funcionamento. Também se prescrevem inspeções e testes regulares para avaliar esses equipamentos.

2.1.3.4 Gestão de Contratados

Esse elemento contempla funcionários terceirizados. Cuidados especiais devem ser adotados com esses funcionários não familiarizados ao processo para que eles não sejam expostos a perigos nem introduzam riscos ao processo.

2.1.3.5 Treinamento e Garantia de Performance

Para mitigar o risco gerado por funcionários, deve-se estabelecer um programa de treinamento contemplando minimização de riscos e resposta de emergência. Todos os funcionários devem não apenas ser treinados, mas demonstrar a competência de aplicar o que foi ensinado. Para tanto, o treinamento deve ser testado e reforçado periodicamente.

2.1.3.6 Gestão de Mudança (MOC)

Para garantir que mudanças no processo não introduzam novos perigos ou aumentem os existentes, deve-se realizar processos de revisão da operação e autorização da mudança antes da implementação. O pessoal afetado deve ser notificado da mudança e documentos relacionados devem ser prontamente atualizados.

2.1.3.7 Prontidão Operacional

Momentos de mudança na operação, como um startup, são especialmente suscetíveis a acidentes e incidentes. Esse elemento visa mitigar esses riscos,

independente do motivo de parada. Para tanto, uma avaliação de segurança deve ser realizada antes da partida e o processo deve ser observado até que seja estabelecido o regime de operação.

Realização de uma análise pré-startup também garante que sejam realizadas uma HIRA para novos processos e uma MOC para processos que sofreram mudanças.

2.1.3.8 Condução de Operações

Condução de Operações contempla o risco oriundo da gestão da organização. É um elemento abrangente, que inclui valores e estruturas administrativas e foca no elemento humano do processo.

Ela abarca a cultura da organização, enfatizando valores como vigilância, atenção a detalhes e postura de questionamento e aprendizado para criar uma cultura organizacional que busca a excelência e minimiza variações. Também enfatiza a importância de “planejar antes de agir e em seguida agir conforme o planejado” (Center for Chemical Process Safety, 2016).

Quanto a gestão de funcionários, esse elemento prescreve a documentação e monitoramento das práticas destes para que eles sigam procedimentos escritos e práticas seguras de trabalho. Também se sugere formalizar a comunicação entre os funcionários e treiná-los para reconhecer perigos.

Esse elemento também inclui procedimentos considerados mais corriqueiros da organização do processo, como a garantia de boa iluminação, etiquetas e placas.

2.1.3.9 Gestão de Emergência

O último elemento desse bloco visa o preparo para situações de emergência. Um plano deve ser desenvolvido baseado no HIRA e mantido atualizado. É necessária uma equipe de resposta de prontidão, treinada e com autoridade para responder a emergências.

Uma gestão de emergência requer o seguinte: “planejar para emergências, prover recursos para executar o plano, praticar o plano, treinar e informar funcionários,

autoridades, vizinhos e comunicar partes interessadas em caso de acidentes ou incidentes” (Center for Chemical Process Safety, 2016).

2.1.4 Pilar: Aprendizagem com Experiência

Aprender com a experiência inclui monitorar fontes de informações internas e externas e agir baseado nisso. Dessa forma, melhores práticas podem ser adotadas e deficiências detectadas, e assim, corrigidas. Isso também envolve adoção e revisão de métricas estabelecidas para facilitar uma autoavaliação.

Esse bloco é composto por quatro elementos: Investigação de Incidentes e Acidentes, Medidas e Métricas, Auditoria e Revisão de Gestão e Melhoria Contínua.

2.1.4.1 Investigação de Incidentes e Acidentes

Esse elemento descreve um processo formal de investigação de incidentes e acidentes, passando pelo pessoal e documentação envolvidos. A investigação visa identificar eventos recorrentes e fazer recomendações de mudanças.

2.1.4.2 Medidas e Métricas

Esse elemento prescreve o uso de indicadores de performance e eficiência para medir de forma quantitativa e qualitativa o gerenciamento RBPS, sua implementação e seus benefícios.

2.1.4.3 Auditoria

Auditorias são avaliações exaustivas e periódicas do sistema RBPS, sua performance e eficiência. Uma auditoria integra outros elementos desse pilar para consolidar o que pode ser aprendido do sistema RBPS tal como implementado e oferecer sugestões para melhoria da gestão.

2.1.4.4 Revisão de Gestão e Melhoria Contínua

A avaliação rotineira dos sistemas de gestão e sua performance ocupa um espaço similar ao das auditorias, porém com maior frequência e menos formalidade. O objetivo é permitir flexibilidade e agilidade de resposta a falhas, ineficiências e insuficiências identificadas, melhorando a cultura de segurança da organização.

2.2 RBPS EM LABORATÓRIOS ACADÊMICOS

O sistema RBPS consiste em vinte elementos, mas é importante perceber que esses não são independentes. Muitos elementos se sobrepõem e complementam. Ainda que para uma gestão segura todos devam estar presentes e em constante diálogo, alguns podem ser destacados individualmente. A determinação desses elementos prioritários deve ser feita pela liderança em função das circunstâncias da organização.

O presente estudo aborda o uso do RBPS em um laboratório de pesquisa. O RBPS foi desenvolvido visando uso em empresas e indústrias e essa hipótese fundamental está fortemente integrada ao método. Mesmo assim os princípios fundamentais dos elementos podem ser utilizados para nortear qualquer programa de gestão de segurança. Dessa forma, os elementos devem ser revisitados e contextualizados para sua aplicação em tal ambiente.

2.2.1 Compromisso com Segurança de Processo e seus Elementos

2.2.1.1 Cultura de Segurança

O primeiro elemento em qualquer método é forçosamente a Cultura de Segurança, pois essa representa a diferença entre o que está planejado e o que é realmente implementado em um processo. Ela pode ser definida pelas perguntas “Como fazemos as coisas por aqui”, “O que esperamos aqui” e “Como nos comportamos quando ninguém está olhando” (Center for Chemical Process Safety, 2007).

Um aspecto muito importante da cultura de segurança é que a organização mantenha um sentimento de vulnerabilidade. Uma organização que se considera imune a acidentes e incidentes perde vigilância e se torna mais propensa a lapsos de segurança.

Laboratórios são muito suscetíveis a problemas de cultura. Aspectos de segurança muitas vezes são desconsiderados tanto pela liderança como pelos funcionários. Isso ocorre por diferentes razões: pode haver pouco sentimento de vulnerabilidade, elevada confiança em função da pequena escala ou mesmo total desconhecimento de práticas e gestão de segurança. Ainda que acidentes graves sejam mais raros do que em indústrias, isso não pode servir de argumento para que medidas de segurança sejam relaxadas e ignoradas. (Olewski & Snakard, 2017).

A rotatividade de alunos, supervisão limitada e horários variáveis dificultam a comunicação e com isso a manutenção de uma cultura de segurança. Por outro lado, a implementação desta traz benefícios interessantes para o ambiente acadêmico. Uma vez que a cultura de segurança enfatiza um ambiente de questionamento e aprendizado onde o conhecimento é passado aos operadores para que estes possam tomar decisões corretas e seguras, tanto a cultura de segurança como os objetivos de ensino e pesquisa do laboratório acabam se sobrepondo.

2.2.1.2 Conformidade com Padrões

Conformidade com Padrões é seguir regras institucionais e legais que regem o laboratório, mas o elemento ultrapassa as obrigações regimentais e legais. Também é importante a conformidade com padrões de segurança mesmo quando estes não são exigências legais. Laboratórios acadêmicos muitas vezes não são submetidos a credenciamentos, inspeções, selos de qualidade ou outras medidas de conformidade externas. Por isso é importante que haja uma consciência da gestão do laboratório, o que pode mesmo ser descrito como uma consciência cultural, para que padrões de qualidade sejam identificados e implementados.

2.2.1.3 Competência em Segurança

A Competência em Segurança é o elemento que compila e distribui informações sobre a segurança do processo e seus componentes. Ao acumular conhecimento gerado na operação, a competência se encaixa bem no processo de pesquisa realizado em um laboratório, registrando resultados e desenvolvendo entendimento baseado neles. Ao distribuir conhecimento, esse elemento se torna um sistema aprendizagem e favorece o aspecto de ensino do laboratório acadêmico.

O componente mais importante da competência é a base de dados sobre o processo, seus componentes e os riscos associados. Essa base de dados deve ser mantida atualizada e os operadores devem não apenas ter acesso, mas serem estimulados a consultá-la.

2.2.1.4 Engajamento da Força de Trabalho

Em um laboratório acadêmico, parte da força de trabalho é composta de estudantes e uma de suas funções principais é a formação desses estudantes. O elemento de Engajamento envolve treinamento, o que acaba sendo um processo de ensino. Ele também prega que responsabilidades sejam transferidas para os operadores, o que é desejável na formação dos estudantes.

O engajamento da força de trabalho é especialmente importante em laboratórios, onde muitas vezes os alunos realizam operações sem supervisão direta. Para que as práticas previstas de segurança se realizem, é necessário que esses alunos tenham abraçado a cultura de segurança do laboratório.

2.2.1.5 Envolvimento de Partes Interessadas

Não será abordado por envolver entidades administrativas acima da liderança do laboratório.

2.2.2 Entendimento de Riscos e Perigos e seus Elementos

2.2.2.1 Gestão do Conhecimento do Processo

Esse elemento funciona de maneira similar em laboratórios ou em indústrias, já que diz respeito a gestão de bases de dados com as informações técnicas e de segurança dos equipamentos e materiais envolvidos no processo. Documentos como manuais, FISPQ, cálculos e especificações devem ser guardados e usados como referência para a identificação de perigos. Para uma aplicação inicial ao laboratório, essa base de dados acaba por compor a base preconizada pela Competência em Segurança.

2.2.2.2 HIRA

A Análise de Risco identifica e entende os perigos presentes e seus riscos associados. Mesmo em casos em que uma HIRA não seja exigida para conformidade com padrões, realizá-la permite que se compreendam as questões de segurança e concentrem-se esforços nos aspectos de maior risco da operação. Especialmente em laboratórios, onde recursos podem ser escassos e segurança é muitas vezes relegada frente a outras prioridades, um bom entendimento dos riscos permite que estes sejam tratados da melhor forma possível.

Uma análise de riscos foca em três aspectos (Center for Chemical Process Safety, 2007):

- Perigo: O que pode dar errado?
- Consequências: O quão ruim pode ser?
- Frequência: Com qual frequência pode ocorrer?

Toda análise de risco é sujeita a definições da instituição (ou regulamentação) responsável. Um cenário acidental pode ser considerado inaceitável em qualquer condição devido à alta severidade, ou ser aceitável dependendo da frequência. Essa combinação de severidade e frequência é o que se chama risco, e quais riscos são ou não aceitáveis é uma decisão subjetiva.

2.2.3 Gerenciamento de Risco e seus Elementos

2.2.3.1 Procedimentos Operacionais

Como o laboratório pode apresentar alta rotatividade, e o elemento de engajamento pede que os operadores sejam treinados, um acervo de Procedimentos Operacionais pode ser especialmente útil. Criar e disponibilizar tais procedimentos é uma questão de competência em segurança e ajuda a fomentar uma cultura de segurança.

Procedimentos operacionais também protegem a competência quando os alunos saem do laboratório, uma vez que o procedimento preserva o conhecimento relativo à operação que o aluno realizava.

A maior dificuldade de implementação desse elemento é o tempo necessário para criar os procedimentos e a adesão aos mesmos. Sem uma cultura de segurança desenvolvida, a tendência é de que os procedimentos sejam ignorados no dia a dia.

2.2.3.2 Práticas Seguras de Trabalho

Esse elemento é de difícil aplicação pois o trabalho no laboratório é por sua natureza variável. O requisito de permissões e o uso de restrições tornam as operações difíceis e burocráticas. O aspecto de regras secundárias é muitas vezes contemplado em normas e assim pode ser deixado para Conformidade com Padrões.

2.2.3.3 Integridade e Confiabilidade de Ativos

Um aspecto importante para laboratórios, especialmente no que tange à manutenção de equipamentos e instalações e ao armazenamento de insumos, elementos que podem introduzir perigos consideráveis ao ambiente. Esse elemento requer manutenção periódica de equipamentos, a gestão de listas de materiais e o uso de instalações apropriadas.

Ainda que partes desse elemento sejam contempladas pelos padrões utilizados para laboratório e que parte dos problemas possíveis nesse elemento estejam fora do

escopo da liderança do laboratório, os perigos envolvidos fazem com que seja necessária atenção especial ao elemento.

2.2.3.4 Gestão de Contratados

Não será abordado por envolver entidades administrativas acima da liderança do laboratório.

2.2.3.5 Treinamento e Garantia de Performance

Treinamento qualifica um operador a realizar sua função e responder a acidentes e incidentes. É muito comum que laboratórios não apresentem um processo formal de treinamento, com o conhecimento sendo passado conforme ele parece necessário. Isso não apenas pode ser prejudicial para a qualidade da operação como também é muito nocivo a práticas de segurança, já que elas frequentemente só são lembradas após um acidente ou incidente.

As atividades realizadas por um operador são usualmente divididas em três categorias conforme elas são baseadas em habilidade, regras ou conhecimento (Center for Chemical Process Safety, 2007). Habilidades são as práticas básicas que devem ser dominadas pelo operador, como utilizar uma placa de aquecimento. Regras são as atividades descritas nos procedimentos operacionais, como o passo a passo de uma filtragem. Conhecimentos são atividades complexas que exigem reflexão, como diagnosticar resultados inesperados. O treinamento para cada tipo de atividade deve ser considerado separadamente.

O treinamento também é importante ao reforçar os elementos humanos de segurança, como cultura e engajamento.

2.2.3.6 Gestão de Mudança (MOC)

Um laboratório apresenta mudanças nas operações e procedimentos com grande frequência. Muitos experimentos são realizados em diferentes condições, novas pesquisas são iniciadas etc. Por isso, a formalização de uma Gestão de Mudança é difícil sem que se criem desafios burocráticos. Enquanto algumas

mudanças, como a instalação de novos equipamentos, obviamente exigem um procedimento de segurança especial, a determinação de quais os requisitos para que tais procedimentos sejam empregados é nebulosa. Para procedimentos experimentais, mudanças realizadas sem o devido cuidado podem levar a acidentes e incidentes imprevistos e por isso tais mudanças devem ser submetidas a análise de risco.

2.2.3.7 Prontidão Operacional

Não se aplica às operações de laboratório.

2.2.3.8 Condução de Operações

Esse elemento interliga diversos outros, como Cultura de Segurança e Treinamento e Garantia de Performance. Para uma maior simplicidade, assim facilitando uma primeira implementação de sistema de segurança no laboratório, esse elemento pode ser relevado.

2.2.3.9 Gestão de Emergência

A implementação de planos de Gestão de Emergência é mesmo citada em vários padrões para a segurança de laboratórios. Esse elemento é importantíssimo para minimizar os danos e perdas de um eventual incidente ou acidente e deve ser implementado, mas o desenvolvimento de um plano detalhado de emergência fica fora do escopo deste trabalho.

2.2.4 **Aprendizagem com Experiência e seus Elementos**

2.2.4.1 Investigação de Incidentes e Acidentes

Muitos laboratórios não tem um processo formal para lidar com acidentes e incidentes. Eventos considerados de menor importância muitas vezes não são registrados, operadores podem não reportar incidentes e nem são estimulados a fazê-

lo. Ao apurar-se incidentes e acidentes passados, o laboratório gera conhecimento sobre perigos e suas frequências que podem ser utilizados em uma HIRA. A documentação sobre essas investigações ajuda a compor o corpo de informações que é a Competência em Segurança.

2.2.4.2 Medidas e Métricas

Esse é um elemento intensivo, necessitando levantamentos periódicos e coleta frequente de dados que precisam então ser analisados. Ele gera um esforço burocrático grande e, num primeiro momento da implementação de um sistema de segurança, pode ser ignorado.

2.2.4.3 Auditoria

Da mesma forma que Medidas e Métricas, Auditorias periódicas geram uma carga de trabalho grande para um laboratório, com ganhos menores que outros elementos. Uma implementação mais factível seria o uso de auditorias a nível departamental, ou mesmo da universidade como um todo, mas isso inclui entidades além da liderança do laboratório.

2.2.4.4 Melhoria Contínua

A Melhoria Contínua é um elemento importante para o comprometimento da liderança com a cultura de segurança. Esse elemento representa o foco pela liderança em manter o processo seguro, respondendo a questões e dificuldades, adotando novos padrões e regularmente conferindo a situação das operações no que diz respeito à segurança. Talvez o mais importante componente desse elemento é a ideia de continuidade: não basta que seja feita uma análise de risco e que padrões sejam implementados, a segurança deve estar sempre na mente da organização.

3 ANÁLISE DE RISCO

Uma análise de risco (HIRA) não é apenas um elemento do RBPS, mas um estudo metódico de um processo visando determinar os riscos aceitáveis e fornecer recomendações para minimizar os riscos inaceitáveis, viabilizando a operação.

3.1 DETERMINAÇÃO DE NÍVEIS DE RISCO

Conforme mencionado, risco é definido como a frequência de um cenário acidental ocorrer, multiplicada por sua severidade. Para isso é necessário desenvolver uma escala numérica para frequência e para a severidade das consequências decorrentes. Os valores e faixas das escalas de risco, frequência e severidade são subjetivos, atribuídos pela instituição ou pelo órgão regulador responsável pelo processo e refletem o que este considera aceitável.

Uma vez definidos os valores de severidade e frequência é montada uma matriz de risco, na qual o valor do risco é obtido multiplicando a severidade pela frequência. Esses valores de risco são então utilizados para que sejam determinadas as medidas a serem adotadas.

Os quadros 1, 2 e 3 representam possíveis faixas e valores para frequência, severidade e risco. Os quadros 1 e 3 foram construídos com base em documentos da American Chemical Society (ACS) (American Chemical Society, 2015), o 2 é baseado em um artigo de David J. Leggett (Leggett, 2012). Desses valores foi montada o quadro 4, que será utilizada para as análises de risco nesse trabalho.

3.2 MODELOS DE ANÁLISE DE RISCO

Existem diversas metodologias para se realizar uma análise de risco, algumas das quais serão discutidas nesse capítulo. A escolha dessas metodologias foi baseada em recomendações da ACS para realização de HIRA em laboratórios químicos (American Chemical Society, 2015).

Quadro 1 - Graus de Severidade

Severidade		Impacto	
Faixa	Valor	Ferimentos	Danos a Propriedade e Performance
Mínima	1	Sem ferimentos	Menores
Pequena	2	Leves	Moderados
Moderada	3	Moderados ou múltiplos	Parada nas operações
Alta	4	Hospitalização, sequelas	Incêndio, vazamentos
Crítica	5	Risco de morte	Explosão

Fonte: Adaptado de (American Chemical Society, 2015)

Quadro 2 - Níveis de Frequência

Frequência	Valor	Frequência
Ausente	0	Impossível, não se aplica
Remoto	1	Possível, mas improvável em operação normal
Rara	2	Já aconteceu em situações similares
Possível	3	Ao menos um nos últimos 3 anos na universidade
Provável	4	Ao menos um por ano nesse departamento
Certo	5	Ao menos um por ano nesse laboratório

Fonte: Adaptado de (Leggett, 2012)

Quadro 3 - Faixas de Risco

Risco	Valor	Descrição
Baixo	1 a 5	Risco Aceitável Monitorar e Gerenciar
Médio	6 a 7	Risco Tolerável Ações corretivas e controles adicionais
Alto	8 a 10	Risco Tolerável com Controle e Supervisão Ações corretivas e monitoramento frequente
Crítico	11+	Risco Intolerável

Fonte: Adaptado de (American Chemical Society, 2015)

Quadro 4 - Matriz de Risco

Matriz de Risco		Severidade				
		1	2	3	4	5
Frequência	5	5	10	15	20	25
	4	4	8	12	16	20
	3	3	6	9	12	15
	2	2	4	6	8	10
	1	1	2	3	4	5
	0	0	0	0	0	0

Fonte: Do autor

3.3.1 Checklist

O método de checklist consiste no uso de listas extensivas de perigos, equipamentos, procedimentos e materiais. Ao se empregar essas listas, os perigos inerentes ao processo são identificados, assim como falhas de segurança, tal qual ausência de equipamentos de proteção ou sinalização.

Checklists tanto fazem as análises futuras mais rápidas como permitem que sejam realizadas por pessoas com menor domínio do processo, uma vez que a própria lista conduz a análise e orienta as respostas com opções limitadas e mais objetivas. Porém, isso pode introduzir falhas caso a checklist não seja mantida atualizada conforme são introduzidas mudanças no processo.

Uma checklist tradicional apresenta perguntas com respostas 'sim', 'não' e 'não se aplica'. O método de checklist é muito utilizado em conjunção com outros métodos, já que é simples e capaz de identificar perigos que podem ser esquecidos.

O método pode ser modificado com a adição de avaliação de frequência e severidade, de modo que a própria checklist forneça valores de risco. Isso introduz complexidade e subjetividade à lista, mas permite que ela forneça informações de risco. (American Chemical Society, 2015)

3.3.2 Procedimentos Operacionais Padrão (SOP)

O objetivo desse método é desenvolver um documento que apresente os procedimentos de determinada operação e que este possa ser utilizado para introduzir novos operadores à função. O método é intrinsecamente ligado ao elemento de Procedimentos Operacionais do RBPS.

Um SOP deve ser redigido por alguém que conheça bem o processo e o funcionamento do laboratório. Ele deve ser totalmente revisto caso haja mudanças na operação. O método em si é intensivo em conhecimento e tempo, e exige referência a regulamentações pertinentes. (American Chemical Society, 2015)

O SOP não é um método de análise de risco por definição, mas colabora na detecção e gerenciamento de cenários acidentais. O quadro 5 apresenta um exemplo de SOP para uma operação em laboratório.

Quadro 5 – Exemplo de ficha de SOP

Procedimento Operacional Padrão
Uso de Monóxido de Carbono para Gerar Complexos Metálicos sob Pressão
Sumário
Monóxido de Carbono será utilizado para criar complexos metálicos através de reações conduzidas em ambiente pressurizado numa capela.
Perigos Potenciais
O CO é extremamente inflamável e tóxico, incolor e inodoro (imperceptível). Também há risco de explosão.
Questões Regulatórias
A National Fire Protection Association exige que volumes de CO maiores que uma garrafa sejam armazenados com ventilação mecânica contínua.
Controles de Engenharia
Usar uma capela. O laboratório deve ter sprinklers. Instalar controle de fluxo, para que ele feche em caso de falhas.
Controles de Operadores
Os operadores devem ler esse SOP e pesquisar referências sobre acidentes com CO. Não trabalhar sozinho. Utilizar a capela. Verificar os mecanismos de segurança. Ao fim do trabalho, fechar todas as válvulas.
Procedimento
Descrição do procedimento
Equipamento de Proteção Individual
Utilizar óculos de segurança e jaleco.
Armazenamento
O CO deve ser armazenado em capela ou gabinete a gás ventilado. Operar com os menores volumes possíveis.
Descartes
Descrição da política de descartes do laboratório.
Vazamentos
Caso apresente sintomas de exposição, busque assistência médica imediata. Em caso de vazamento, todos os trabalhos devem ser interrompidos. Se for seguro, feche a válvula principal para interromper o vazamento. O laboratório deve ser evacuado.
Procedimentos de Emergência
A saída de emergência mais próxima fica _____. Em caso de incêndio, não tente combatê-lo se não tiver treinamento. Telefone de emergência é _____.

Fonte: Adaptado de (American Chemical Society, 2015)

3.3.3 Job Hazard Analysis (JHA)

Um JHA é um documento que descreve uma operação, listando os perigos e riscos associados e orientações para mitigá-los. Idealmente, um JHA deve ser desenvolvido concomitante com o planejamento de uma nova prática. (American Chemical Society, 2015)

Sendo um documento de referência para o operador, o JHA apresenta semelhanças a checklists e SOPs. As diferenças entre os métodos consistem em:

- Checklist serve para conferir a presença ou estado de equipamentos, materiais e comportamentos,
- SOP fornece um termo para informar operadores de riscos, regulações e procedimentos associados à operação,
- JHA é um passo a passo da operação, incluindo recomendações de segurança.

Em um laboratório acadêmico, o JHA pode ser desenvolvido pelo estudante e seu orientador em conjunto, fazendo da própria análise uma forma de treinamento que familiariza o estudante com o laboratório e suas funções. Para operações que já tenham um JHA, este serve de material para o treinamento de novos alunos e como referência metodológica para a operação.

O quadro 6 apresenta um exemplo de JHA para uma operação de neutralização.

Quadro 6 – Exemplo de ficha de JHA

Atividade	Neutralização de solução aquosa de 250 mL de solução feita de 200 mL de ácido acético glacial, sulfato de zinco II heptaidratado (10 g) e cloreto de potássio (35 g).		
Equipamento	Placa de aquecimento com agitação, agitador magnético, capela, termômetro, gelo, solução de NaOH 6 M, béquer de 500 mL, pHmetro EPI: óculos de segurança, luvas, jaleco		
Passo	Perigos	Risco	Controles
1. Adicionar o agitador ao béquer. Verter a solução no béquer.	Inalação, vazamento, contato cutâneo	Baixo a Moderado	Trabalhe na capela tão fechada quanto possível Utilizar o EPI
2. Colocar béquer em banho de gelo sobre a placa de agitação (não esquentar). Aplicar agitação moderada.	Como acima	Baixo a Moderado	Como acima
3. Utilizando o pHmetro, adicionar a solução de NaOH até obter um pH entre 6 e 8. Monitorar a temperatura com o termômetro.	Reação exotérmica	Moderado	Como acima Um béquer grande facilita a dissipação de calor Para evitar respingos, adicionar com auxílio de um bastão de vidro Se a temperatura alcançar 90°C, esperar esfriar Se a temperatura sair do controle, fechar a capela e notificar um supervisor
Comentários	Rejeitos só podem ser descartados na pia se apresentarem pH neutro. Nunca utilizar base em estado sólido para neutralização. Ácido acético glacial é inflamável.		

Fonte: Adaptado de (American Chemical Society, 2015)

3.3.4 What If

Uma análise What If é baseada em perguntas e suposições de cenários para identificar falhas possíveis e os riscos associados ao processo. What If é uma análise fácil que exige pouco treinamento, sendo útil para pequenas organizações. Ela também é interessante para laboratórios devido a sua estrutura didática de perguntas e respostas. (American Chemical Society, 2015) O quadro 7 apresenta um exemplo de análise What If.

A análise começa com a pessoa mais familiarizada com o processo descrevendo o passo a passo das operações. O grupo então apresenta seus questionamentos e suas preocupações. As questões devem contemplar desvios como: (American Chemical Society, 2015)

- Erro humano (erros na concentração de soluções, ao abrir/fechar válvulas, contaminações etc)
- Falha de equipamento (quebra de vidros, explosões, riscos de equipamentos cortantes etc)
- Perda de utilidades (falta de luz, água, ar comprimido etc)
- Variações em parâmetros críticos (temperatura, pressão, vazão etc)
- Resposta a incidentes e acidentes (exposição de pessoas a líquido ou a gás etc)

3.3.5 Análise Preliminar de Riscos (APR)

O método APR (em inglês Preliminary Hazard Analysis) é muito utilizado para identificar riscos e suas fontes, normalmente sendo realizado antes da implementação de um novo processo ou instalação.

O APR usa perigos presentes para determinar um cenário específico. Assim, a partir de perigos como um agente inflamável, uma condição de vazamento ou uma atividade com máquinas pesadas identificados em um processo são postuladas causas (um furo em um tanque, uma faísca elétrica) e suas consequências (vazamento de material tóxico, explosão). Com o cenário completo é possível valorar o risco associado e fornecer recomendações para mitigá-lo. Um exemplo de um elemento de uma ficha de APR é apresentado no quadro 8.

Quadro 7 – Exemplo de ficha de What If

Pergunta (What If?)	Resposta (Cenário)	Consequências	Recomendações
Utilizado sem ventilação	Acúmulo de vapores chega à ignição	Explosão, incêndio	Uso de capela
Utilizado sem ventilação	Exposição a vapores tóxicos	Danos à saúde	Uso de capela
Falha de exaustão na capela	Acúmulo de vapores chega à ignição com uma placa de aquecimento	Explosão, incêndio	Alimentação elétrica ligada à exaustão
Falha de utilidades para a exaustão	Acúmulo de vapores	Danos à saúde	Conectar exaustão a um gerador
Placa de aquecimento superaquece	Reação foge ao controle	Danos à saúde	Monitorar a temperatura
Placa de aquecimento não esquenta	Reação não ocorre	Perda de materiais e tempo	Monitorar a temperatura

Fonte: Adaptado de (American Chemical Society, 2015)

Quadro 8 – Exemplo de ficha de APR

Cenário	Causas	Consequências	Recomendações
Vazamento	Perfuração de linha Corrosão de equipamentos Válvula aberta	Perda de material Nuvem tóxica Nuvem inflamável Contaminação do rio	Válvulas de segurança para isolar seção com vazamento Sistemas de proteção contra corrosão Verificar válvulas após uso EPI apropriado para evitar intoxicação Minimizar estoques para reduzir potencial vazamentos Afastar linhas e armazenamento do rio

Fonte: Adaptado de (Center for Chemical Process Safety, 2008)

4 ESTUDO DE CASO

Nesse capítulo será realizada uma análise de risco em um laboratório de pesquisa, embasada pelo conhecimento apresentado nos capítulos anteriores.

4.1 O LABORATÓRIO

O estudo de caso foi desenvolvido no Laboratório de Microbiologia de Alimentos (MicrAlim), da Escola de Química (EQ) da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ).

O laboratório se encontra no campus do Fundão, no primeiro andar do bloco E do prédio do Centro de Tecnologia, um prédio de dois andares com salas de aula, escritórios de docentes, secretarias e laboratórios de pesquisa.

O espaço físico do laboratório consiste em uma sala central e duas laterais. Uma das salas laterais é dedicada à autoclave. Na outra ficam os gabinetes de biossegurança (BSC), a incubadora e as estufas, além de espaço de bancada e gavetas para equipamentos. A sala central contém as pias, as geladeiras, o bico de Bunsen, mais bancadas e mais armários de materiais e equipamentos. Essas instalações são apresentadas nas fotos 1 a 5 a seguir.

O laboratório trabalha com linhagens microbiológicas de *Escherichia coli*, *Salmonella enterica* subsp. *enterica*, *Staphylococcus aureus* e *Aspergillus flavus*. As pessoas com acesso ao laboratório são alunos de graduação e pós graduação além de técnicos laboratoriais.

4.2 ANÁLISE DE RISCO

Para a análise de risco foram considerados os métodos sugeridos pela ACS como apresentados no capítulo 3.

Métodos como SOP e JHA são muito intensivos em conhecimento do processo e tempo devido a quantidade de procedimentos existente no laboratório. Ao contrário, o checklist foi escolhido por sua fácil implementação. Para complementar a checklist, o método What If poderia ser utilizado, mas foi preferido a APR.



Figura 1 Autoclave



Figura 2 Geladeiras



Figura 3 Gabinete de Biossegurança (BSC)



Figura 4 Bancada

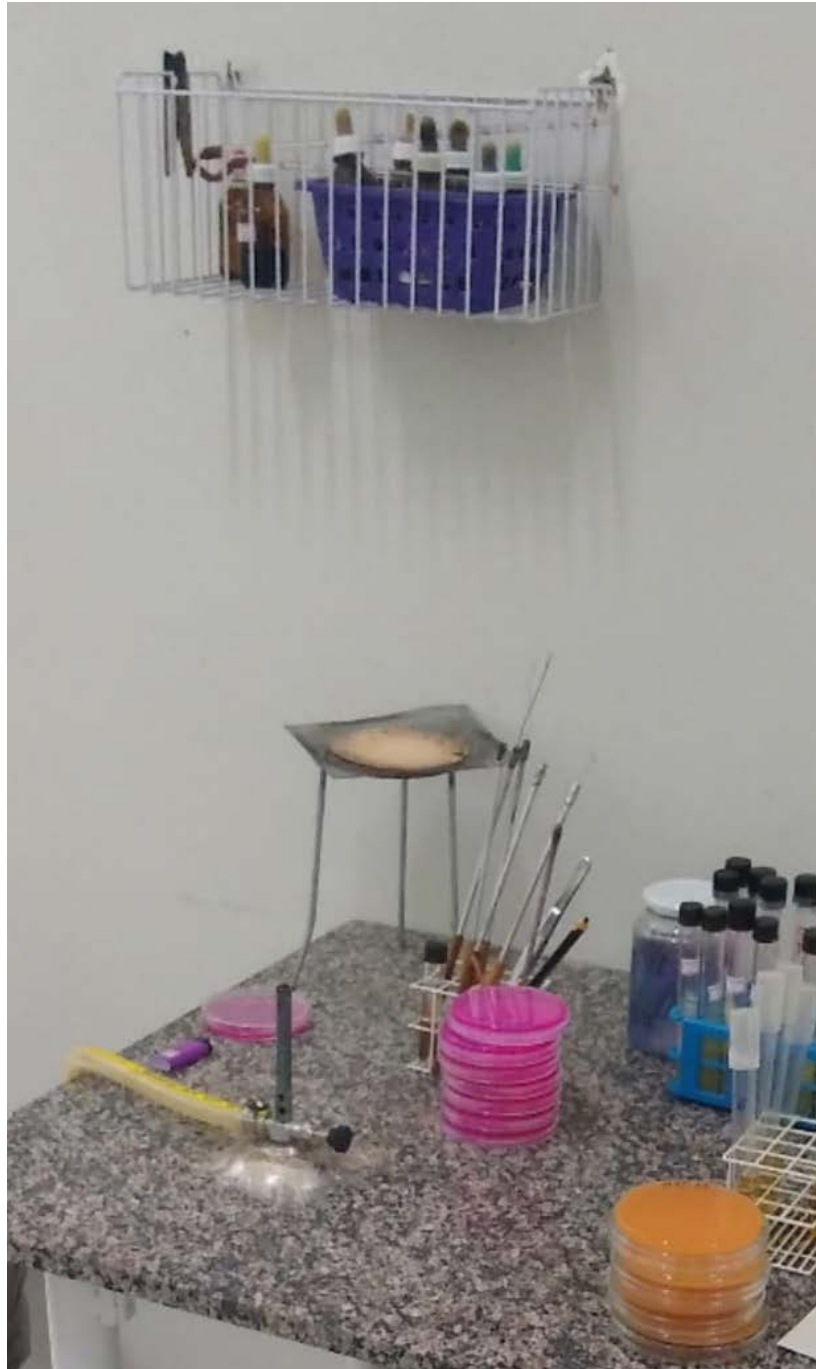


Figura 5 Bico de Bunsen

4.3 CHECKLIST

Para um primeiro entendimento da situação do laboratório no que diz respeito à segurança, foi utilizado o método Checklist. Essa escolha foi feita uma vez que a estrutura predefinida de uma checklist funciona muito bem quando o avaliador não é familiarizado com o processo.

A checklist proposta pela ACS em *Identifying and Evaluating Hazards in Research Laboratories* (American Chemical Society, 2015) foi utilizada como base para a análise. Essa checklist inclui elementos não pertinentes ao laboratório em análise, como riscos radioativos e foca principalmente em riscos de substâncias químicas, pouco relevantes para a análise em questão. Por esse motivo, a checklist foi adaptada e reduzida.

As perguntas foram feitas diretamente para a professora responsável pelo laboratório. As respostas à checklist estão no quadro 9.

Quadro 9 - Checklist aplicada ao laboratório

(continua)

CHECKLIST	SIM	NÃO	N/A
Treinamento e Documentação			
Lista atualizada de materiais perigosos no almoxarifado?	X		
FISPQ de todos os materiais acessível?		X	
Análise de risco do local de trabalho realizada?		X	
Funcionários receberam treinamento de segurança?		X	
Funcionários cientes dos riscos presentes?	X		
Funcionários sabem se proteger de/detectar a presença ou vazamento de material perigoso?	X		
Plano de Emergência			
Procedimentos e telefones de emergência visíveis?		X	
Funcionários conhecem rotas de evacuação, localização de extintores?	X		
Materiais de primeiros socorros disponíveis?	X		
Antídotos necessários estão disponíveis?			X
Chuveiro e lava olhos disponíveis e não obstruídos?		X	
Chuveiro e extintores testados no último ano?		X	
Lava olhos testado no último mês?		X	
Saída de emergência sinalizadas e desobstruídas?		X	
Equipamento de Proteção			
Uso de sapatos fechados e calças compridas?	X		
Jalecos disponíveis e em uso?	X		
Cabelos compridos presos?	X		
Luvras disponíveis e em uso?	X		

(continuação)

Óculos de segurança disponíveis e em uso?		X	
Protetores auditivos disponíveis e em uso?			X
Máscaras disponíveis e em uso?	X		
Capelas funcionando?			X
Gabinete de segurança biológica (BSC) funcionando?	X		
Pipetas mecânicas?	X		
Perigos Químicos			
Produtos químicos propriamente sinalizados?			X
Produtos químicos propriamente separados por classe e armazenados de forma segura?			X
Recipientes grandes (mais de 4 litros) armazenados próximo ao chão?			X
Perigos Biológicos			
Sinalização de biossegurança visível?		X	
Material biológico armazenados dentro do laboratório ou em refrigeradores trancados?	X		
Autoclave funcionando?		X	
Pia para lavagem de mãos?	X		
Janelas com telas ou fechadas?	X		
Desinfetante para mãos e superfícies disponível?	X		
Segurança Geral			
Proibido fumar, comer e beber?	X		
Fiação isolada e fora dos caminhos?	X		
Porta mantida fechada, trancada caso ninguém esteja presente?	X		
Proibido comida e bebida nos refrigeradores?	X		
Descartes			
Descarte pelo ralo apenas para material autorizado?	X		
Recipientes de descarte claramente indicados como perigosos e com conteúdo sinalizado?		X	
Recipientes de descarte mantidos fechados?			X
Descarte apropriado para cortantes e perfurantes?			X
Descarte biológico descontaminado antes de disposição final?	X		

Fonte: Do autor, adaptada de (American Chemical Society, 2015)

4.3.1 Análise dos Resultados

4.3.1.1 Treinamento e Documentação

A seção de Treinamento e Documentação mostra que os funcionários estão cientes dos riscos presentes, mas não receberam treinamento formal. Da mesma forma, não foi realizada uma análise de risco. Essas lacunas indicam a falta de um sistema de segurança de processos no laboratório.

4.3.1.2 Plano de Emergência

Quase todos os itens de Plano de Emergência retornaram negativos. Muitos deles são problemas estruturais, como a ausência de lava olhos ou de uma saída de emergência distinta. Outros podem ser resolvidos facilmente pois são problemas de sinalização.

4.3.1.3 Equipamento de Proteção

Na seção de Equipamento de Proteção, o laboratório teve bons resultados, com apenas uma resposta não.

4.3.1.4 Perigos Químicos

A seção de Perigos Químicos da checklist esclareceu que não há produtos químicos perigosos no laboratório. De fato, as substâncias utilizadas são basicamente água e etanol para limpeza e preparo de amostras, uma vez que o laboratório foca em estudos microbiológicos.

4.3.1.5 Perigos Biológicos

O laboratório mais uma vez teve bons resultados na seção de Perigos Biológicos, que são especialmente importantes dado a presença de microrganismos infecciosos. As únicas faltas foram de sinalização e a autoclave inoperante, mas esse requisito é suprido com o uso de outras autoclaves de laboratórios vizinhos.

4.3.1.6 Segurança Geral

Os tópicos sob Segurança Geral lidam com problemas estruturais e de regras simples. A checklist não detectou problemas nessa seção.

4.3.1.7 Descartes

A seção de Descartes em geral tem um caráter mais ambiental, mas sua importância para segurança aumenta quando se trata de descartes biológicos. Mais uma vez, a única falta do laboratório foi de sinalização.

4.3.2 Conclusões

A checklist detectou problemas recorrentes de sinalização, ainda que o laboratório já seja sinalizado. Também foi indicado a falta de um sistema de segurança de processo, o que levaria ao treinamento dos funcionários, a realização de uma análise de risco e talvez mesmo sanasse os problemas de sinalização. Também foram detectados problemas estruturais, de mais difícil resolução, como a falta de lava olhos e saída de emergência.

Ainda assim, a checklist tal como foi feita não conseguiu detectar diversas fontes de risco identificadas pela APR, como a presença de bico de Bunsen, ou que nem todos os funcionários sabiam operar todos os equipamentos, o que dificulta a resposta a acidentes. Essas falhas da checklist, como já discutido no capítulo 3, se devem a sua natureza limitada, uma checklist maior poderia encontrar mais riscos, mas provavelmente ainda não seria completa.

4.4 APR

Com as informações da checklist e o observado no laboratório, foi elaborada uma APR para apresentar e classificar os riscos de um modo formal e fornecer orientações para minimizá-los, apresentada no quadro 7. Os valores de severidade, frequência e risco foram baseados nos quadros 1 a 4 do capítulo 3.

Quadro 10 – APR realizada no laboratório

Nº	Cenário Acidental	Causas	Consequências	Frequência	Severidade	Risco	Recomendações
1	Quebra de vidraria com ferimentos	Quebra de vidraria com o uso	Perda de equipamento Ferimentos (cortes) Risco de contaminação	3	2	6	Atenção do operador
2	Curto circuito	Problemas elétricos	Perdas de equipamento Incêndio Choques elétricos	3	4	12	Manutenção periódica Fiação isolada e fora do caminho
3	Propagação de chama	Chama do bico de Bunsen	Queimaduras Incêndio	2	4	8	Bico afastado de material inflamável
4	Vazamento de gás	Vazamento do bico de Bunsen	Nuvem Explosiva	2	5	10	Uso de bico eletrônico
4	Material superaquecido	Material quente da autoclave	Queimaduras	2	2	4	Esperar o resfriamento Treinamento no uso da autoclave
5	Explosão	Sobreprensão da autoclave	Explosão Queimaduras Severas perdas patrimoniais	1	5	5	Manutenção periódica Treinamento no uso da autoclave
6	Inalação	Particulados do meio de cultura	Problemas respiratórios	2	2	4	Uso de máscara
7	Contaminação por agentes biológicos	Exposição a microrganismo patogênico	Possível surto na comunidade Adoecimento do operador	2	3	6	Seguir orientações de biossegurança NB-2

Fonte: Do autor

4.4.1 Análise dos Resultados

4.4.1.1 Cenários de Falha de Equipamento

Os dois primeiros cenários apresentados na APR são cenários acidentais genéricos, aplicáveis a diversos laboratórios. Eles abordam falhas de equipamentos, seja uma sobrecarga ou curto circuito elétrico ou uma quebra de vidraria. Devido a sua natureza, eles muitas vezes implicam perda de equipamento ou mesmo de material.

Há poucas opções para prevenção de quebra de vidraria, por outro lado esse é um acidente em geral de baixa severidade. Já problemas elétricos podem mesmo iniciar um incêndio. De fato, problemas elétricos são a principal causa de incêndios residenciais pelo país e ocasionaram 656 incêndios no Brasil em 2019 (Associação Brasileira de Conscientização para os Perigos da Eletricidade, 2020).

A própria UFRJ foi palco de sete incêndios na última década: Museu Nacional em 2018 (Agência Brasil, 2019), Hospital Universitário Clementino Fraga Filho em 2018 (G1, 2018), Alojamento em 2017 (TJ UFRJ, 2017), Reitoria em 2016 (UFRJ, 2016), Centro de Ciências da Saúde em 2014 (UFRJ, 2019), Faculdade de Letras em 2012 (Prefeitura Universitária UFRJ, s.d.) e Palácio Universitário em 2011 (Federação Nacional dos Policiais Federais, 2012). Desses eventos, cinco foram causados por problemas elétricos.

Problemas com fiações subdimensionadas para o uso atual, múltiplos equipamentos utilizando a mesma tomada ou instalações sem a devida manutenção são as fontes comuns de sobrecarga e curto circuito. Aparelhos de grande demanda, com funções de aquecer ou refrigerar, são os principais perigos nessas redes elétricas. Riscos de problemas elétricos podem ser mitigados com revisões das instalações por pessoal qualificado, sendo manutenção periódica necessária, assim como novas avaliações quando novos equipamentos elétricos forem instalados.

4.4.1.2 Cenário de Incêndio

O terceiro cenário acidental leva em consideração o bico de Bunsen presente no laboratório e utilizado para esterilização. Dado seu amplo uso em laboratórios em

escolas e universidades, a frequência de acidentes envolvendo bicos de Bunsen é baixa, mas estes podem causar danos consideráveis. Esses acidentes podem basicamente ser separados em duas categorias, uma para incêndios, em geral envolvendo operadores manuseando líquidos inflamáveis, e outra para vazamento de gás e formação de nuvem explosiva.

Acidentes com incêndio são relevantes para um laboratório microbiológico devido ao uso de etanol e do bico de Bunsen em processos de esterilização. Exemplos de acidentes em condições similares ao do laboratório em estudo ocorreram em Berkeley (UC Berkeley, s.d.) e em UCLA (Occupational Safety and Health Administration, s.d.). Já o risco de nuvens explosivas é intrínseco ao equipamento, e pode ocorrer por problemas na linha de alimentação ou caso a válvula do bico seja deixada aberta (University of Minnesota, 2017).

Uma alternativa ao bico de Bunsen, especialmente para minimizar riscos de nuvem explosiva, é a instalação de um bico de Bunsen de segurança, uma versão eletrônica do equipamento com sistemas de controle automáticos. Modelos comerciais desses bicos incluem precauções como reignição automática ou fechamento automático do gás caso a chama seja extinta, um timer para evitar que o bico seja deixado aberto e detectores de temperatura para evitar queimaduras quando o equipamento está quente.

4.4.1.3 Cenários Envolvendo a Autoclave

A autoclave é um equipamento que utiliza vapor pressurizado para esterilização. Por utilizar altas temperaturas, a autoclave pode ocasionar queimaduras no operador. Ainda que raro, há também o risco de uma falha catastrófica do equipamento devido à alta pressão com vazamento de vapor ou mesmo uma explosão.

Para minimizar os riscos da autoclave, o equipamento deve passar por inspeções e manutenção periódicas, e o pessoal que o opera deve ser devidamente treinado e utilizar EPI apropriado.

4.4.1.4 Cenário de Inalação

Sendo este um laboratório de microbiologia, é comum o preparo de meio de cultura que é utilizado nos procedimentos. Esse processo envolve particulados que podem ser inalados e podem causar irritações no trato respiratório. O uso de EPI apropriado, como máscaras, minimiza esse risco.

4.4.1.5 Cenários Biológicos

O último cenário contempla os riscos biológicos decorrentes da operação com microrganismos patogênicos. Como referência para biossegurança em laboratórios podemos utilizar o *Biosafety in Microbiological and Biomedical Laboratories* (BMBL) do Centers for Disease Control and Prevention (CDC), o *Laboratory Biosafety Manual* da Organização Mundial de Saúde (WHO) e o Diretrizes Gerais para o Trabalho em Contenção com Agentes Biológicos do Ministério da Saúde. Todos classificam riscos biológicos em 4 níveis, utilizando critérios de transmissibilidade e virulência. A natureza do trabalho e se o patógeno é endêmico também devem ser considerados.

Ainda que haja diferenças nas classificações (e recomendações) das três fontes, essas são sutis o bastante para que, no escopo desse trabalho, elas sejam tratadas como um único sistema.

Atualmente, o laboratório trabalha com culturas de *Escherichia coli*, *Salmonella enterica* subsp. *enterica*, *Staphylococcus aureus* e *Aspergillus flavus*. Todos esses agentes são usualmente classificados como de risco biológico 2 (Risk Group Database, s.d.) devido à patogenicidade, classificando assim o laboratório no nível de biossegurança (NB) 2.

O NB-2 vale para laboratórios de pesquisa, saúde ou diagnóstico que lidam com agentes patogênicos com transmissibilidade e severidade limitadas. Além de boas práticas microbiológicas, esses ambientes exigem sinalização de risco biológico. Barreiras primárias, como EPIs, e barreiras secundárias, como pias, cabines de segurança biológica (BSC) e equipamentos de descontaminação (autoclaves), se fazem necessárias. Alguns dos requisitos para um laboratório NB-2 são:

- Uso de luvas descartáveis obrigatório
- Uso de óculos de proteção obrigatório
- Mãos devem ser lavadas antes do manuseio de material biológico e antes da saída do laboratório
- Comidas e bebidas não podem ser consumidas nem armazenadas no laboratório
- É proibido pipetar com a boca
- Deve-se ter cuidado com blocos de notas, celulares e demais materiais que entram e saem do laboratório para evitar contaminação
- Descontaminar superfícies ao fim do dia ou após vazamentos
- São necessários treinamento dos membros do laboratório e um plano de biossegurança
- Presença de pia para lavagem de mãos
- Ventilação mecânica ou janelas com telas
- Sinalização de saídas de emergência
- Presença de autoclaves, que devem ser utilizadas antes de lavagem ou descarte de material (ou outro método de descontaminação); ou plano apropriado de descarte de material biológico
- Sinalização de risco biológico com informações de contato na porta
- Um gabinete de segurança biológica (BSC) para procedimentos que possam gerar aerossóis, respingos ou com grande quantidade ou concentração de material
- Incidentes ou acidentes que possam resultar em exposição a material infectante devem ser registrados e seguidos de avaliação médica, tratamento e monitoramento.
- Jalecos e EPI não devem sair do laboratório
- Óculos de proteção devem ser descontaminados

Desses itens, o laboratório não tem a sinalização na porta, nem um plano de biossegurança que contemple objetos que entram e saem do laboratório ou que acompanhe incidentes e acidentes. A autoclave não está funcionando, mas o laboratório usa a de laboratórios vizinhos.

4.4.2 Conclusões

A APR parte dos perigos identificados e, elaborando cenários acidentais, é capaz de quantificar os riscos associados. Essa valoração é útil para esclarecer quais os cenários mais relevantes e, eventualmente, os que sejam considerados muito severos e assim inaceitáveis.

Através da APR, foi possível identificar como o cenário mais relevante para o laboratório o de incêndio decorrente de problemas elétricos. De fato, esse cenário já foi realidade na universidade diversas vezes nos últimos anos, e aponta para a necessidade de redobrada atenção com instalações e equipamentos elétricos. Os outros riscos considerados altos pela análise realizada envolvem o bico de Bunsen. Sendo uma chama exposta, o bico sempre apresenta um risco associado. Idealmente, ele deveria ser substituído por processos de esterilização sem o uso de chama, mas também há opções para manter o bico e reduzir os riscos, como discutido.

A análise também fornece recomendações para minimização dos riscos. Quando possível as recomendações indicam equipamentos e instalações. Essas são preferíveis a recomendações baseadas em comportamento humano por serem muitas vezes mais simples em implementação e mais confiáveis.

Algumas recomendações, no entanto, vão além de simples ações ou instrumentos: elas são recomendações de procedimentos mais complexos ou de sistemas de segurança. Manutenção periódica ou a adoção de recomendações de biossegurança exigem um compromisso constante do laboratório, implementação de procedimentos e uma continuidade que implica a adoção de uma cultura de segurança.

5 ANÁLISE DOS RESULTADOS NO CONTEXTO DO RBPS

Uma vez realizadas as análises de risco no laboratório, é possível relacionar o conhecimento obtido sobre este e suas operações à metodologia RBPS e seus elementos.

5.1 COMPROMISSO COM SEGURANÇA DE PROCESSO E SEUS ELEMENTOS

5.1.1 Cultura de Segurança

O principal alicerce de uma cultura de segurança é o comprometimento, tanto da liderança como dos funcionários. O interesse por parte da liderança do laboratório de participar desse estudo já é um indicativo de um compromisso com a cultura de segurança.

O grande inimigo da cultura de segurança é o descaso com o assunto, muitas vezes segurança só é lembrada após um acidente. Por isso, para que a cultura de segurança seja implementada e mantida, é importante que o laboratório adote uma política de melhoria contínua e busque de forma ativa formas de aprimorar suas medidas de segurança.

As recomendações desse trabalho, assim como as feitas por padrões nacionais e internacionais, mesmo que implementadas, só se realizam plenamente na cultura de segurança. Métodos e sinalizações só ganham efeito se forem efetivamente seguidos. Essa atenção à segurança tem de ser renovada constantemente, assim como padrões e práticas tem de ser reavaliados periodicamente, para a criação de um ambiente seguro para todos.

5.1.2 Conformidade com Padrões

Laboratórios que trabalham primariamente com agentes e riscos biológicos tem padrões mais bem estabelecidos do que laboratórios com focos em processos químicos. Isso é benéfico, pois os padrões, na forma das orientações da WHO, da CDC e do Ministério da Saúde, fornecem um guia para a gestão e minimização de

riscos. As análises realizadas apontaram que vários dos requisitos dos padrões aplicáveis ao laboratório já são adotados, como discutido anteriormente.

5.1.3 Competência em Segurança

A competência em segurança significa a organização e manutenção de uma base de dados de segurança, perigos e riscos das operações. Essa base de dados serve para informar ações futuras e preparar operadores no seu dia a dia e deve estar disponível para consulta. Ela deve ser atualizada com novas informações conforme as situações do laboratório mudarem e igualmente documentos que não sejam mais pertinentes devem ser removidos para facilitar o seu uso.

Para o laboratório, essa base de dados deve inicialmente incluir documentos como:

- A lista de requisitos de biossegurança para o laboratório (no caso, para NB-2)
- Resumos de cada operação realizada no laboratório, com substâncias utilizadas, procedimentos e quantidades, como uma SOP
- Manual dos equipamentos presentes
- Informações de segurança e patogenicidade dos microrganismos utilizados
- Procedimentos e boas práticas microbiológicas, como medidas de esterilização
- Planos de emergência, além de telefones para contato
- Documentos que identificam riscos presentes, como uma APR

5.1.4 Engajamento da Força de Trabalho

Não foi feito um levantamento com os funcionários do laboratório para mensurar o comprometimento destes com a segurança. Como a cultura de segurança só se completa com a colaboração da liderança e dos funcionários, é importante frisar a necessidade de ações que levem o interesse em segurança mostrado pela liderança aos funcionários.

Como a maioria dos funcionários são alunos realizando pesquisa, uma forma de incluí-los na cultura de segurança é incluir questões de segurança no desenvolvimento de experimentos, como desenvolver uma lista de perigos. Essa prática também tem benefícios para os objetivos educacionais do laboratório, ao promover pesquisa e questionamento.

Da mesma forma, reuniões periódicas permitem que os funcionários compreendam os procedimentos realizados pelos outros no laboratório e seus perigos, levando a uma maior prontidão e mantendo questões de segurança na mente tanto dos funcionários como da liderança.

5.2 ENTENDIMENTO DE RISCOS E PERIGOS E SEUS ELEMENTOS

5.2.1 HIRA

A análise de riscos, assim como a realizada nesse estudo, informa o laboratório na adoção de melhores práticas de segurança e compõe a base de dados requerida para a competência em segurança. O procedimento do HIRA deve ser refeito quando houver mudanças no laboratório, suas práticas e instalações.

Para um laboratório, onde a maioria dos funcionários é rotativa e tem conhecimento limitado das operações, a liderança é a mais habilitada a realizar e manter o HIRA. Seja um dos professores ou técnicos responsáveis, eles tem o melhor entendimento e experiência com o laboratório e várias técnicas de análise de risco exigem mais conhecimento de causa do que treinamento com o método.

5.3 GERENCIAMENTO DE RISCO E SEUS ELEMENTOS

O mais amplo e simultaneamente o mais específico dos pilares do RBPS é o Gerenciamento de Riscos. Os elementos que constituem esse pilar são uma lista das fontes de perigo em uma organização, e, devido à inspiração industrial do RBPS, pouco aplicáveis a laboratórios. Ao mesmo tempo, o princípio de gestão de risco é o coração do RBPS, de modo que uma flexibilização e reinterpretação dos elementos desse bloco se faz necessária.

5.3.1 Procedimentos Operacionais

O método SOP, uma das recomendações da ACS (American Chemical Society, 2015) para segurança em laboratórios, nada mais é do que uma aplicação da ideia de procedimentos operacionais. A documentação gerada por este método, quando compilada, aumenta a competência em segurança e pode ser usada para auxiliar no preparo de novos funcionários. Os próprios funcionários podem realizar o SOP dos seus experimentos com uma ficha fornecida pelo laboratório, engajando-os na cultura de segurança.

5.3.2 Integridade e Confiabilidade de Ativos

Considerando os resultados da APR realizada, riscos decorrentes dos equipamentos, instalações e materiais são especialmente relevantes para o laboratório. A manutenção apropriada e periódica desses ativos é muito importante para a segurança do ambiente e do pessoal do laboratório. É responsabilidade da liderança manter um calendário de manutenção.

5.3.3 Treinamento e Garantia de Performance

Talvez o mais importante para um laboratório acadêmico, onde operações podem variar e apresentar resultados inesperados, seja que os operadores estejam aptos a identificar e minimizar os perigos eventuais das operações. Por isso o treinamento dos funcionários é essencial para a gestão de riscos no laboratório.

Como foi constatado pela checklist, os funcionários do laboratório não recebem treinamento formal de segurança. De modo informal, alguns funcionários recebem algumas orientações, mas como não há uma estrutura por trás disso é fácil de se imaginar que haja lacunas nos conhecimentos de procedimentos de segurança e emergência deles. É importante que novos funcionários sejam familiarizados com as instalações e operações realizadas, mesmo aquelas que não se espera que eles realizem. Eles devem ser informados dos perigos presentes e como minimizar os riscos nas suas ações.

Procedimentos como SOP antes que um experimento seja realizado servem para informar os funcionários. Da mesma forma, a consulta à base de dados da competência em segurança auxilia no treinamento. Mas ainda assim esses elementos não substituem uma introdução formal do funcionário ao laboratório e às práticas devidas. A liderança deve realizar tal apresentação, e deve compor uma lista de tópicos a serem abordados para padronizar o processo e evitar lapsos.

5.4 APRENDIZAGEM COM EXPERIÊNCIA E SEUS ELEMENTOS

5.4.1 **Investigação de Incidentes e Acidentes**

O laboratório deve compilar acidentes e incidentes ocorridos para que possa utilizar esses dados para informar um HIRA e obter um melhor entendimento de perigos e riscos das suas operações.

Manter essa base de dados e extrair dela essas informações é responsabilidade da liderança, mas informar à liderança os acidentes e incidentes compete aos funcionários. É muito comum que eventos considerados menores, como quebra de material ou mesmo pequenos ferimentos não sejam informados. Abordar segurança em reuniões periódicas é uma boa forma de estimular que esses acidentes e incidentes sejam reportados.

5.4.2 **Revisão de Gestão e Melhoria Contínua**

É essencial para uma cultura de segurança que ela seja sustentada. A simples adoção de boas práticas em um momento não implementa a cultura de segurança. Ela deve receber atenção constante e melhoria contínua. Novos padrões são desenvolvidos e padrões antigos são atualizados, da mesma forma as operações do laboratório mudam com o tempo. As práticas de segurança só têm efeito se estiverem alinhadas com os riscos presentes no laboratório. Por isso, bases de dados, HIRA, planos de emergência, equipamentos, tudo exige um calendário de revisão e manutenção. É a implementação dessa agenda de segurança que ajuda a realizar a cultura de segurança na organização.

6 RECOMENDAÇÕES

Além dos componentes humanos, o próprio espaço físico do laboratório também é um elemento de segurança através de sua conformidade com padrões. Isso vai desde sinalização e exigências de biossegurança até disponibilidade de EPI ou arranjo espacial dos equipamentos.

O laboratório já é bem sinalizado, mas algumas sinalizações recomendadas para um laboratório NB-2 estão ausentes. A sinalização de risco biológico na porta, com nome do agente patogênico e telefone de um responsável não está presente. Telefones de emergências devem ser afixados nas paredes e rotas e saídas de emergência precisam ser sinalizadas.

Não há problemas no que diz respeito a armazenamento inapropriado de substâncias. Os equipamentos são seguros e tem manutenção apropriada, mas o bico de Bunsen poderia ser substituído por um mais seguro para a minimização de riscos.

Os descartes são devidamente esterilizados e destinados e os funcionários tem acesso a EPI apropriada.

No que tange os funcionários, o treinamento pode ser melhorado. O preenchimento de fichas como SOP ou JHA em colaboração dos funcionários com a liderança promove o aprendizado sobre o processo e seus riscos, além de gerar documentação de segurança que pode ser utilizada posteriormente.

Os funcionários também devem ser familiarizados com operações e equipamentos que eles não utilizam, para eventuais emergências. As fichas SOP geradas podem ser distribuídas para informar os funcionários sobre operações das quais eles não participam.

Uma vez estabelecidos os métodos utilizados para documentar riscos de operações, esses documentos podem ser utilizados para treinamento de novos funcionários. Quando novos processos forem implementados no laboratório o ato de gerar esses documentos é uma oportunidade para a reflexão sobre a segurança e para a familiarização dos operadores com o novo processo.

As instalações do laboratório assim como a colaboração da liderança com o estudo já é um bom indicativo do comprometimento com a segurança. É importante que a liderança fomente a cultura de segurança, tendo questões de segurança sempre em mente. Manter documentação de segurança atualizada, discutir questões de

segurança em reuniões do laboratório, treinar novos funcionários, tudo isso gera um espaço em que a segurança é importante e respeitada.

Uma maneira de facilitar a melhoria contínua é requerer que funcionários registrem quaisquer incidentes e acidentes para que sejam discutidos em reuniões de modo que o conhecimento acumulado possa ser analisado. Tal compilação permite identificar, ao longo do tempo, problemas recorrentes que podem assim ser minimizados.

7 CONCLUSÃO

Como aferido pela CSB em sua análise do acidente na Texas Tech, a simples adesão a boas práticas laboratoriais não é suficiente para evitar incidentes e acidentes em laboratórios de ensino e pesquisa (Chemical Safety Board, 2011). Muitos destes laboratórios pecam ao não ter uma política definida de gestão de segurança.

Ao mesmo tempo, não há um padrão geral e abrangente para segurança em laboratórios, exceto talvez pelos padrões para biossegurança. A natureza mutável, individual e vanguardista dos processos realizados em laboratórios torna o desenvolvimento de tais padrões difícil. A maioria dos padrões de segurança disponíveis foram desenvolvidos pensando no ambiente industrial, e devem ser implementados em laboratórios com atenção e sofrendo adaptações conforme necessário.

Com isso, conclui-se que deve haver um esforço por parte da liderança de cada laboratório para implementar sistemas compreensivos de segurança e aperfeiçoá-los sempre que possível. Nessa empreitada metodologias como a Segurança de Processo Baseada em Risco se mostram um ótimo guia. Ainda que a metodologia RBPS não seja definitiva para segurança laboratorial, ela pode ser adaptada para esses ambientes e serve como poderosa ferramenta de partida no desenvolvimento de sistemas de segurança.

O processo de análise de risco, que é inclusive um dos elementos do RBPS, deve ser destacado em especial. A análise de risco, com sua ampla gama de ferramentas, é versátil o suficiente para ser aplicável em laboratórios, podendo identificar todo o tipo de riscos presentes. Desse modo, ela age como componente essencial no desenvolvimento de sistemas de segurança para estes.

REFERÊNCIAS

Agência Brasil. (Setembro de 2018). *UFRJ tem histórico de incêndios nos últimos anos*. Acesso em 03 de Julho de 2020, disponível em Agência Brasil: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2018-09/ufrj-tem-historico-de-incendios-nos-ultimos-anos>

Agência Brasil. (04 de Abril de 2019). *Incêndio no Museu Nacional começou em ar-condicionado do auditório*. Acesso em 03 de Julho de 2020, disponível em Agência Brasil: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2019-04/incendio-no-museu-nacional-comecou-em-ar-condicionado-do-auditorio>

American Chemical Society. (2012). *Creating Safety Culture in Academic Institutions: A Report of the Safety Culture Task Force of the ACS Comitee on Chemical Safety* (1ª ed.). Washington, DC. Acesso em 27 de Julho de 2019, disponível em <https://www.acs.org/content/dam/acsorg/about/governance/committees/chemicalsafety/academic-safety-culture-report.pdf>

American Chemical Society. (2015). *Identifying and Evaluating Hazards in Research Laboratories*. Acesso em 23 de Fevereiro de 2019, disponível em <https://www.acs.org/content/dam/acsorg/about/governance/committees/chemicalsafety/publications/identifying-and-evaluating-hazards-in-research-laboratories.pdf>

Associação Brasileira de Conscientização para os Perigos da Eletricidade. (2020). *Anuário Estatístico de Acidentes de Origem Elétrica 2020*.

Association of Public Health Laboratories. (Abril de 2015). *A Biosafety Checklist: Developing a Culture of Biosafety*. Acesso em 27 de Julho de 2019, disponível em https://www.aphl.org/aboutAPHL/publications/Documents/ID_BiosafetyChecklist_42015.pdf

Association of Public Health Laboratories. (5 de Maio de 2016). *Risk Assessment Best Practices*. Acesso em 27 de Julho de 2019, disponível em <https://www.aphl.org/programs/preparedness/Documents/APHL%20Risk%20Assessment%20Best%20Practices%20and%20Examples.pdf>

Association of Public Health Laboratories. (s.d.). *Clinical Laboratory Biosafety Risk Management Program Assessment Checklist*. Acesso em 27 de Julho de 2019, disponível em https://www.aphl.org/programs/preparedness/Biosafety-and-Biosecurity/Documents/Clinical_Lab_Assessment_Checklist_Final.pdf

Center for Chemical Process Safety. (2007). *Guidelines for Risk Based Process Safety*. Center for Chemical Process Safety e Wiley-Interscience.

Center for Chemical Process Safety. (2008). *Guidelines for Hazard Evaluation Procedures* (3ª ed.). Center for Chemical Process Safety e Wiley-Interscience.

Center for Chemical Process Safety. (2014). *Risk Based Process Safety Overview*. Nova York, Estados Unidos: Center for Chemical Process Safety. Acesso em 18 de Junho de 2019, disponível em https://www.aiche.org/sites/default/files/docs/embedded-pdf/risk_based_process_safety_overview.pdf

Center for Chemical Process Safety. (2016). *Introduction to Process Safety for Undergraduates and Engineers*. Wiley.

Centers for Disease Control and Prevention. (2009). *Biosafety in Microbiological and Biomedical Laboratories* (5ª ed.). US Department of Health and Human Services. Acesso em 21 de Maio de 2019, disponível em <https://www.cdc.gov/labs/pdf/CDC-BiosafetyMicrobiologicalBiomedicalLaboratories-2009-P.PDF>

Centers for Disease Control and Prevention. (17 de Janeiro de 2012). *Human Salmonella Typhimurium Infections Associated with Exposure to Clinical and Teaching Microbiology Laboratories (Final Update)*. Acesso em 27 de Julho de 2019, disponível em <https://www.cdc.gov/salmonella/2011/lab-exposure-1-17-2012.html>

Centers for Disease Control and Prevention. (5 de Junho de 2014). *Human Salmonella Typhimurium Infections Linked to Exposure to Clinical and Teaching Microbiology Laboratories (Final Update)*. Acesso em 27 de Julho de 2019, disponível em <https://www.cdc.gov/salmonella/typhimurium-labs-06-14/index.html>

Centers for Disease Control and Prevention. (19 de Julho de 2017). *Human Salmonella Typhimurium Infections Linked to Exposure to Clinical and Teaching Microbiology Laboratories*. Acesso em 27 de Julho de 2019, disponível em <https://www.cdc.gov/salmonella/typhimurium-07-17/index.html>

Chemical Safety Board. (19 de Outubro de 2011). *Texas Tech University Chemistry Lab Explosion*. Acesso em 28 de Julho de 2019, disponível em <https://www.csb.gov/texas-tech-university-chemistry-lab-explosion/>

Federação Nacional dos Policiais Federais. (25 de Julho de 2012). *Três pessoas foram indiciadas pelo incêndio no campus da UFRJ*. Acesso em 03 de Julho de 2020, disponível em FENAPEF: <https://fenapef.org.br/39198/>

G1. (23 de Maio de 2018). *Bombeiros combatem incêndio no Hospital Universitário da UFRJ, no Fundão*. Acesso em 03 de Julho de 2020, disponível em G1: <https://g1.globo.com/rj/rio-de-janeiro/noticia/bombeiros-combatem-incendio-na-ilha-do-fundao.ghtml>

Leggett, D. J. (Setembro/Outubro de 2012). Lab-HIRA: Hazard Identification and Risk Analysis for the Chemical Research Laboratory. Part 2. Risk Analysis of Laboratory Operations. *Journal of Chemical Health & Safety*, 25-36.

Mannan, S. (Ed.). (2012). *Lee's Loss Prevention* (4ª ed.). Butterworth-Heinemann.

Ministério da Saúde. (2006). *Classificação de Risco dos Agentes Biológicos*. Brasília: Ministério da Saúde. Acesso em 20 de Julho de 2019, disponível em <http://www.fiocruz.br/biosseguranca/Bis/manuais/classificacaoderiscodosagentesbiologicos.pdf>

Ministério da Saúde. (2006). *Diretrizes Gerais para o Trabalho em Contenção com Agentes Biológicos*. Brasília: Ministério da Saúde. Acesso em 20 de Julho de 2019, disponível em <http://www.fiocruz.br/biosseguranca/Bis/manuais/contencaocomagentesbiologicos.pdf>

Nolan, D. P. (2015). *Safety and Security Review for Process Industries* (4^a ed.). Elsevier.

Occupational Safety and Health Administration. (s.d.). *Accident: 202541223 - Employee Is Burned In Laboratory Fire*. Acesso em 03 de Julho de 2020, disponível em OSHA: https://www.osha.gov/pls/imis/accidentsearch.accident_detail?id=202541223

Olewski, T., & Snakard, M. (Setembro de 2017). Challenges in Applying Process Safety Management at University. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 49, Parte B, pp. 209-214. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jlp.2017.06.013>

Prefeitura Universitária UFRJ. (s.d.). *Incêndio na Letras não afeta aulas*. Acesso em 03 de Julho de 2020, disponível em [prefeitura.ufrj](http://www.prefeitura.ufrj.br/index.php/pt/noticias-antiores-sala-de-imprensa/127-incendio-na-letras-nao-afeta-aulas):

Risk Group Database. (s.d.). Acesso em 04 de Outubro de 2019, disponível em American Biological Safety Association: <https://my.absa.org/tiki-index.php?page=Riskgroups>

TJ UFRJ. (15 de Novembro de 2017). *Como tá o alojamento da UFRJ?* Acesso em 03 de Julho de 2020, disponível em youtube: <https://www.youtube.com/watch?v=klOz-Rn6fg4>

UC Berkeley. (s.d.). *Lesson Learned - Ethanol Fire Burns Researcher*. Acesso em 03 de Julho de 2020, disponível em Berkeley Environment, Health & Safety: <https://ehs.berkeley.edu/lessons-learned/lesson-learned-ethanol-fire-burns-researcher>

UFRJ. (10 de Novembro de 2016). *Laudo aponta alteração termoelétrica como causa de incêndio na UFRJ*. Acesso em 03 de Julho de 2020, disponível em UFRJ: <https://ufrj.br/noticia/2016/11/11/laudo-aponta-alteracao-termoeletrica-como-causa-de-incendio-na-ufrj>

UFRJ. (10 de 01 de 2019). *Nota sobre incêndio em aparelhos de ar-condicionado no CCS*. Acesso em 03 de Julho de 2020, disponível em UFRJ:
<https://ufrj.br/noticia/2019/01/10/nota-sobre-incendio-em-aparelhos-de-ar-condicionado-no-ccs>

University of Minnesota. (17 de Julho de 2017). *Gas Leak in Lab*. Acesso em 03 de Julho de 2020, disponível em JST Chemistry and CEMS Joint Safety Team:
<http://www.jst.umn.edu/content/gas-leak-lab>

World Health Organization. (2004). *Laboratory Biosafety Manual* (3^a ed.). Genebra: World Health Organization. Acesso em 10 de Julho de 2019, disponível em
<https://www.who.int/csr/resources/publications/biosafety/Biosafety7.pdf>