



# **Gestão de Segurança de Planta Piloto de Produtos Amiláceos**

**Daniel Longo Castilho  
Vitor Pellegrini de Godoy**

## **Projeto Final em Engenharia Química**

**Orientadores:**

**Prof. Carlos André Vaz Junior, *D.Sc.***

**Thaís Justo Borges, *M.Sc.***

**Outubro de 2020**

# **Gestão de Segurança de Planta Piloto de Produtos Amiláceos**

*Daniel Longo Castilho*

*Vitor Pellegrini de Godoy*

Projeto Final em Engenharia Química submetido ao corpo docente da Escola de Química, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de bacharel em Engenharia Química.

Aprovado por:

---

Prof. Eveline Lopes Almeida, *D.Sc.*

---

Prof. Antônio Carlos de Oliveira Ribeiro, *D.Sc.*

Orientado por:

---

Prof. Carlos André Vaz Junior, *D.Sc.*

---

Thaís Justo Borges, *M.Sc.*

Rio de Janeiro, RJ – Brasil

Outubro de 2020

Castilho, Daniel Longo. Godoy, Vitor Pellegrini de.

Estudo de caso sobre a gestão de segurança da Planta Piloto de Produtos Amiláceos/ Daniel Longo Castilho. Vitor Pellegrini de Godoy. Rio de Janeiro: UFRJ/EQ, 2020.

v, 72 p.; il.

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

Orientadores: Carlos André Vaz Junior e Thaís Justo Borges

1. Segurança de processos 2. Laboratório de alimentos 3. Cultura de segurança 4.

Monografia (Graduação UFRJ/EQ) 5. Carlos André Vaz Junior, Thaís Justo Borges I.

Título

## AGRADECIMENTOS

Aos nossos pais, pelo amor e pela dedicação na nossa criação, pelo incentivo aos estudos e cujos esforços nos permitiram ingressar em uma universidade pública. Agradeço pelas muitas vezes em que compreenderam a nossa ausência em datas comemorativas por conta deste objetivo. Obrigado por se fazerem presentes diariamente, ainda que longe fisicamente.

Aos meus avós, pelas muitas vezes em que fizeram a função de pais na ausência deles enquanto trabalhavam. A minha tia e a minha prima, pelo carinho e acolhimento em São José dos Campos.

Aos nossos amigos, pelo apoio demonstrado ao longo de todo o período em que nos dedicamos ao curso e a este trabalho. Seria muito mais difícil passar pelas dificuldades desses últimos anos sem a companhia de vocês.

Aos professores, aos servidores e aos permissionários que se esforçam diariamente para proporcionar um ensino de qualidade e condições para que os alunos possam se desenvolver como pessoas e profissionais.

Aos nossos orientadores, pelo interesse genuíno em nosso aprendizado, pela paciência ao longo do processo de elaboração do trabalho, pelo conhecimento compartilhado e pelo tempo dedicado às leituras e correções.

Resumo do Projeto Final apresentado à Escola de Química como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de bacharel em Engenharia Química

### **Gestão de Segurança de Planta Piloto de Produtos Amiláceos**

Daniel Longo Castilho

Vitor Pellegrini de Godoy

Outubro, 2020

Orientadores: Prof. Carlos André Vaz Junior, *D.Sc.*

Thaís Justo Borges, *M.Sc.*

Nas últimas décadas, a *Chemical Safety and Hazard Investigation Board* (CSB) investigou inúmeros acidentes na indústria e em laboratórios químicos nos Estados Unidos. Muitos desses acidentes causaram a morte de milhares de pessoas, além de impactar de forma imensurável diversos ecossistemas e comunidades vizinhas. Uma gestão de segurança ineficaz, assim como uma cultura de segurança fraca – na qual nem a empresa, nem os colaboradores prezam por processos padronizados e medidas de segurança básicas – foram propulsores de inúmeras catástrofes que poderiam ter sido prontamente evitadas. Este trabalho apresenta a base teórica de segurança de processos – como a Segurança de Processos Baseada em Risco (RBPS), Indicadores e Análise e Quantificação de Erro Humano a partir do método SPAR-H - a fim de aplicá-la e de sugerir medidas de segurança para a Planta Piloto de Cereais, Raízes e Tubérculos localizada na Escola de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), que ainda está em fase de estruturação. A planta piloto já possui uma análise de riscos que aborda inúmeros riscos possíveis no processo de produção de pães, biscoitos, bolos, massas alimentícias, farinha e amido – a qual é comentada e aprofundada de acordo com a teoria de segurança apresentada. Por se tratar de um laboratório, a severidade de acidentes é muito menor comparada à escala industrial. Contudo, é importante reforçar que a preocupação com a segurança dos processos e dos colaboradores é muito importante. Uma cultura de segurança forte é capaz de influenciar positivamente os alunos que frequentarão o espaço e que, futuramente, farão parte da indústria química.

Palavras-chave: *segurança de processos, planta piloto de processamento de alimentos, cultura de segurança.*

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	1
2 OBJETIVOS.....	3
3 REVISÃO DE SEGURANÇA DE PROCESSOS.....	4
3.1 Segurança de Processo Baseada em Risco.....	7
3.1.1 Comprometimento com a segurança de processos.....	8
3.1.2 Entendimento de Perigos e de Riscos.....	12
3.1.3 Gestão de Risco.....	13
3.1.4 Aprendizado com a experiência.....	16
4 REVISÃO DE INDICADORES (MARCADORES) DE SEGURANÇA.....	18
5 AVALIAÇÃO DE RISCO.....	28
5.1 Análise e quantificação de erro humano baseado no método SPAR-H.....	28
5.1.1 Primeira etapa: Categorizar o Evento de Falha Humana (EFH) como Diagnóstico e/ou Ação.....	28
5.1.2 Segunda etapa: Avaliar os Fatores de Desempenho Humano (FDH).....	29
5.1.3 Terceira etapa: Cálculo da Probabilidade de Erro Humano.....	37
6 ESTUDO DE CASO: ANÁLISE DE RISCO.....	39
6.1 Descrição do laboratório.....	39
6.2 Análise Qualitativa de Risco.....	42
6.2.1 Área de Moagem.....	42
6.2.2 Área de Processamento de Massa.....	45
6.2.3 Área Quente.....	47
6.2.4 Depósito.....	50
7 ESTUDO DE CASO: SPAR-H.....	52
7.1 Aplicação do Método RBPS para o laboratório.....	66
8 CONCLUSÃO.....	71
REFERÊNCIAS.....	72

## 1 INTRODUÇÃO

Os laboratórios - presentes nas diversas universidades ao redor do globo - são ambientes laborais fundamentais no sentido de assegurar aos alunos e aos pesquisadores o desenvolvimento da prática laboratorial, além da aplicação de metodologias experimentais e da análise de resultados.

As atividades práticas auxiliam a ilustrar fenômenos e teorias, permitem a coleta de dados, facilitam a comprovação de hipóteses, favorecem o desenvolvimento de habilidades analíticas, tal como introduzem os alunos num ambiente completamente novo e desafiador. A garantia da segurança das atividades executadas torna-se, desse modo, imprescindíveis para o processo de aprendizagem e para formação acadêmica sólida.

Por se configurarem como locais de trabalho - onde seus colaboradores despendem grande parte de seus dias - é necessário que os laboratórios apresentem condições de funcionamento ideais a fim de resguardar o bem-estar físico e mental do trabalhador, assim como garantir a qualidade de vida de todos os indivíduos envolvidos (MÜLLER, 2004).

Apesar da preocupação crescente acerca da saúde no ambiente de trabalho, o meio laboral ainda representa riscos à segurança dos trabalhadores. Muitos desses riscos, ao contrário do que muitos imaginam, não estão restritos a grandes catástrofes, mas sim há pequenas exposições diárias que comprometem a saúde física do colaborador - como lesões e intoxicações - e podem, até mesmo, acometer a saúde psicológica do indivíduo - gerando ansiedade crônica, síndrome de “burnout”, etc (MÜLLER, 2004).

Nos laboratórios, encontram-se equipamentos, maquinários multifuncionais, soluções, microrganismos, amostras, bem como uma grande variedade de reagentes químicos que, juntos, podem ser considerados riscos em potencial e, portanto, precisam ser estudados com cautela. Para que a segurança e a qualidade das atividades executadas em laboratório sejam garantidas, é necessário o estabelecimento de regras e de procedimentos de segurança – com o intuito de desenvolver uma cultura de segurança forte -, além de um monitoramento arrojado que avalie todos os riscos possíveis (STEHLLING, et al., 2012).

Contemporaneamente, pode-se observar relatos na mídia sobre acidentes em laboratórios. Em 2010, houve uma explosão em um laboratório da Universidade Texas Tech em virtude de deficiências no seu sistema de gestão de segurança. No laboratório, dois alunos trabalhavam na síntese de um novo composto, derivado do perclorato de hidrazina

de níquel, de caráter explosivo. Inicialmente, os investigadores do departamento de química da universidade inferiram que a equipe estabeleceu, de forma verbal apenas, o limite de segurança de 100 mg para a produção da substância. Contudo, após análises mais profundas, a CSB (*Chemical Safety and Harzard Investigation Board*) identificou que não havia qualquer sistema formal que alertasse e verificasse se os alunos cumpriam tal limite (CSB, 2011).

Assim, a CSB descobriu que os graduandos trabalhavam na síntese de 10 g do composto e acreditavam que, se mantivessem a hidrazina imersa num solvente, sua explosão poderia ser evitada. Os alunos perceberam que o perclorato de hidrazina de níquel possuía uma série de aglomerados e, por esse motivo, resolveram macerá-lo antes de fazer testes. A pressão durante a maceração levou a explosão do composto, ferindo gravemente um dos estudantes (CSB, 2011).

O acidente evidenciou grande deficiência no gerenciamento de segurança da faculdade – não havia procedimentos que garantissem a segurança dos alunos no laboratório, sobretudo, durante o manuseio de substâncias perigosas. Desse modo, a CSB indicou que a universidade documentasse acidentes e incidentes que ocorressem em qualquer laboratório do campus, a fim de que se possa aprender com essas experiências e evitar qualquer outro evento semelhante (CSB, 2011).

Além disso, a CSB recomendou que a universidade empregasse medidas mais rígidas acerca da adoção de procedimentos e de protocolos de segurança no laboratório, assim como do uso de equipamentos de proteção individual e treinamento da equipe de acordo com as necessidades avaliadas (CSB, 2011).

Desse modo, torna-se evidente a necessidade de desenvolver um monitoramento e uma cultura de segurança mais arrojados dentro do ambiente das universidades de forma geral, principalmente no espaço de pesquisa em laboratório – um dos locais de maiores riscos na estrutura de ensino e de grande importância para a construção e difusão do conhecimento na contemporaneidade.

## 2 OBJETIVOS

O trabalho inicia-se com a apresentação da base teórica de segurança de processos que será, posteriormente, aplicada no estudo da gestão de segurança da Planta Piloto de Cereais, Raízes e Tubérculos da Escola de Química.

A seguir, será abordada, no capítulo 3, a metodologia RBPS (Segurança de Processos Baseada em Risco) que evidencia a necessidade de conhecer e de gerenciar os riscos associados aos processos na indústria. Já no capítulo 4, o tema indicador será mais aprofundado, uma vez que é um elemento muito amplo nas diretrizes do RBPS e possui grande aplicabilidade no laboratório em questão.

O capítulo 5 trata da avaliação de risco associada aos processos. Em seguida, escolheu-se adentrar na metodologia SPAR-H, a qual quantifica a probabilidade de erro humano, aplicada à fritadeira - equipamento pertencente à planta piloto. Assim, expõe-se uma teoria mais objetiva, baseada em cálculos, que também será utilizada no estudo de caso do laboratório.

A partir da base teórica, no capítulo 6 e 7 objetiva-se comentar a análise de risco consultada referente à planta piloto - assim como aplicar as metodologias supracitadas para sugerir medidas de segurança que possam garantir uma gestão eficiente de seu espaço.

Vale ressaltar que as sugestões de segurança a serem levantadas não são imposições à equipe do laboratório e podem ser adotadas de acordo com as atividades executadas no espaço pelos colaboradores.

### 3 REVISÃO DE SEGURANÇA DE PROCESSOS

Até meados da década de 70, a segurança na indústria química era relegada a segundo plano, uma vez que a produção e a maximização do lucro eram as protagonistas no desenvolvimento das companhias. Suas diretrizes e normas eram restritas ao âmbito das empresas, com ínfima interferência externa (COSTA, 2016).

Após acidentes – químicos e petroquímicos - catastróficos de grande repercussão entre os anos de 1970 e 1990 surgiram os primeiros sinais de insatisfação da população, de algumas autoridades governamentais e de setores da própria indústria com a ausência de normas rígidas e de fiscalização no espaço industrial.

Os acidentes, por exemplo, de Flixborough na Inglaterra em 1974, de Seveso na Itália em 1976 e de Bophal na Índia em 1984 caracterizaram-se por extrapolar as divisas da fábrica, gerando efeitos, a médio e a longo prazo nas comunidades vizinhas, assim como no meio ambiente em seus entornos (ESTRADA, 2008).

O acidente de Flixborough (Figura 1), na fábrica Nypro de produção de caprolactama, foi consequência de uma modificação no projeto mal gerenciada, que – em virtude do rompimento de uma tubulação provisória mal instalada, utilizada como “bypass” para conectar os reatores 4 e 6, enquanto o reator de número 5 estava em manutenção - promoveu o vazamento de 30 toneladas de ciclohexano. O vapor inflamável provocou uma grande explosão que levou, além da completa destruição da planta industrial, impactos na população local, levando à morte de 28 pessoas e causando ferimentos em mais de 100 pessoas (CETESB, 2020).

Figura 1 - Acidente de Flixborough



Fonte: (RSE , 2017)

Já o acidente de Seveso (Figura 2), numa planta industrial produtora de triclorofenol, colaborou para o crescente diálogo e a preocupação acerca da segurança na indústria química, uma vez que – em decorrência da ruptura de um disco de segurança de um reator em alta temperatura, tal como da ausência de um sistema de resfriamento eficaz - uma nuvem extremamente tóxica contaminou pessoas, animais e o solo na vizinhança da unidade industrial.

Toda a vegetação próxima à fábrica morreu imediatamente – em decorrência do seu contato com compostos clorados - e, no total, 1.807 hectares foram afetados. Centenas de pessoas foram evacuadas de suas casas e, as quais moravam nas proximidades da planta, perderam suas casas em virtude da contaminação – a área ficou isolada por anos. Além disso, de imediato, centenas de pessoas apresentaram problemas de pele (denominada cloroacne) e os efeitos na saúde, a longo prazo, ainda estão sendo avaliados (CETESB, 2020).

A União Europeia, após o ocorrido, elaborou e aplicou regulamentos industriais mais rígidos com o intuito de evitar grandes acidentes, controlar riscos, buscando um alto nível de proteção para o ser humano e o meio ambiente (ESTRADA, 2018 *apud* INTERFACEHS, 2006).

Figura 2 - Acidente de Seveso



Fonte: Domínio público

Vale adicionar, ainda, que o acidente de Bhopal na Índia – onde houve o vazamento de toneladas de um gás tóxico de uma fábrica de defensivos agrícolas da empresa norte-americana Union Carbide – foi considerado um dos acidentes industriais

mais catastróficos da história, resultando na morte de 8.000 pessoas na mesma semana da ocorrência e em milhares de mortes e doenças subsequentes (DINIZ NETO, 2016).

Esse evento deu-se em decorrência de um vazamento de metil isocianato e do aumento de pressão dentro de seu tanque. Os dispositivos de segurança, que poderiam ter prevenido o acidente, haviam sido desligados três semanas antes, e os sistema de barreira remanescentes indicavam valores incorretos de medição. Assim, o acidente de Bhopal (Figura 3), por ter apresentado consequências gravíssimas aos seus colaboradores, à comunidade ao seu entorno e a todo o ecossistema próximo, observadas ainda por décadas após o ocorrido, gerou grande insatisfação popular (Figura 4) – que também passou a reivindicar medidas de segurança mais severas na indústria química.

Figura 3 - Acidente de Bhopal



Fonte: Domínio Público

Figura 4 - Demandas populares por justiça em Bhopal/Fonte: Domínio Público



Assim, após décadas de desvalorização da segurança de processos, esta passou, também, a protagonizar o cotidiano das empresas. Nesse sentido, a segurança de processos está intimamente relacionada ao processo de produção, às instalações/equipamentos presentes, sobretudo, na indústria química e na petroquímica, e possui, como objetivo, evitar catástrofes tais como as supracitadas. As instalações/equipamentos necessitam sofrer inspeções e manutenções regularmente, além de apresentarem alarmes e controles, procedimentos operacionais, análise de risco de processos, a fim de evitar qualquer evento que comprometa a integridade dos trabalhadores, da empresa e da comunidade em seu entorno.

### 3.1 Segurança de Processo Baseada em Risco

No contexto o qual evidencia que, na ausência de um gerenciamento vivo e de constantes verificações, toda a cadeia produtiva pode sofrer prejuízos em decorrência da gestão de segurança do processo, O Centro de Segurança de Processos Químicos (“ (CCPS, 2015) – *Center for Chemical Process Safety*) desenvolveu o *Risk Based Process Safety* (RBPS) (Segurança de Processo Baseada em Risco) - que visa fornecer suporte a organizações que almejam atingir excelência operacional relacionada à segurança de processos (CCPS, 2015).

A estruturação do modelo baseia-se, principalmente, no entendimento dos riscos associados ao processo em questão, na compreensão das demandas e dos recursos para a implementação de um processo seguro (CCPS, 2015).

O RPBS lista três questionamentos que devem ser considerados quando se trabalha no processo de compreensão do risco associado a cada atividade, tal como na forma elegida para gerenciá-la. Eles são:

- O que pode dar errado?
- Quão grave pode ser?
- Com que frequência pode acontecer?

Com o objetivo de alcançar uma metodologia eficaz, esta deve ser pautada numa série de fundamentos que guiarão a forma como as atividades serão realizadas.

Para isso, O RPBS define como sistema de gestão: “Um grupo de atividades, formalmente estabelecida e documentada, elaborada para produzir resultados específicos de

forma consistente e sustentável.” (CCPS, 2015). Tal definição está em consonância com o que se entende como necessário para obter o resultado esperado quando organizações estiverem em operação - atividades realizadas de forma segura, com todos os processos anteriormente estudados e os seus riscos avaliados, a fim de garantir que as tarefas sejam feitas de forma padronizada.

É importante notar que o CCPS (2015) enfatiza que a aplicação do RBPS é aceitável a qualquer operação envolvendo a produção, o uso e o manuseio de substâncias ou energias perigosas, estando a cargo de cada organização definir fisicamente quais áreas e quais fases do processo produtivo deverão estar relacionadas à Segurança de Processos Baseadas em Risco.

O sistema de gestão RBPS (Segurança de Processo Baseada em Risco) é composto por quatro pilares (Figura 5), os quais englobam todas as informações necessárias para a implementação dessa gestão em um processo.

Figura 5 - Blocos e Pilares do RBPS



Fonte: (CCPS, 2015) adaptado

### 3.1.1 Comprometimento com a segurança de processos

De acordo com as diretrizes da RBPS:

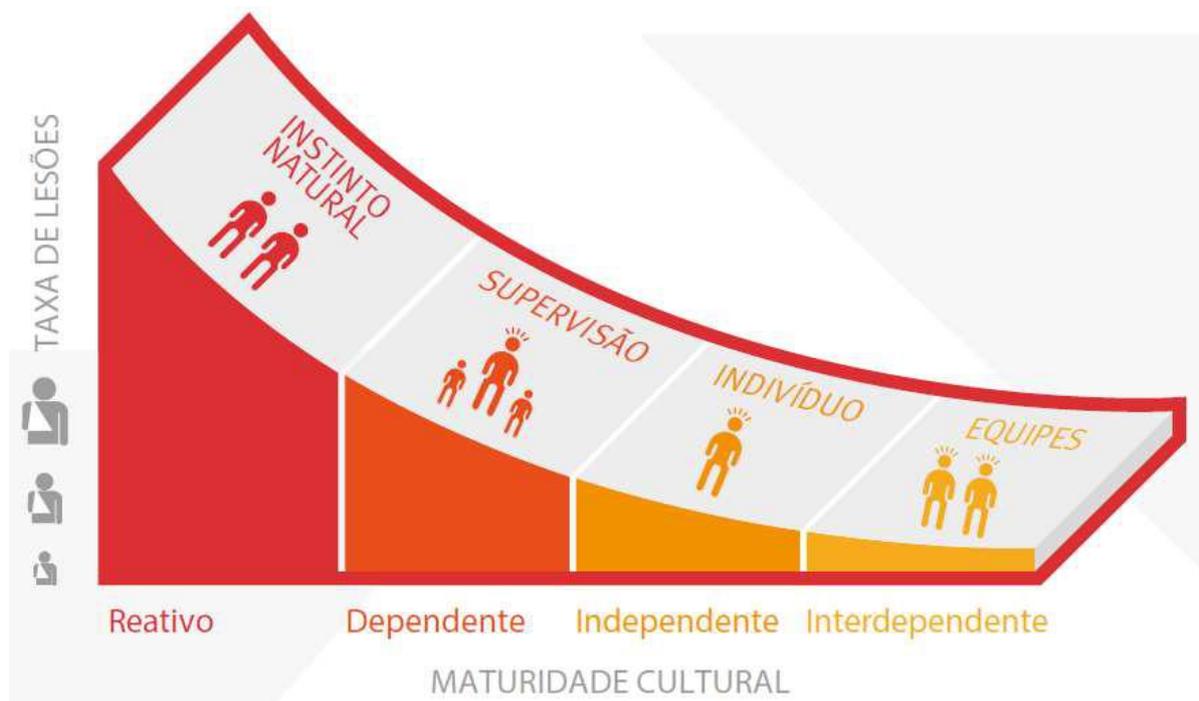
“Um colaborador que está convencido que a organização apoia incondicionalmente a segurança como um dos principais valores estabelecido, tende a realizar as tarefas corretas, desempenhando-as da forma correta, nos momentos certos, mesmo quando não está sendo supervisionado” (CCPS, 2015).

Esse trecho evidencia que, quando um trabalhador cumpre com seu papel acreditando que, de fato, suas atitudes são importantes e impactam toda a coletividade, este potencializa a cultura de segurança da empresa, tal como influencia os outros trabalhadores a se comportarem de forma semelhante.

Organizações que investem na construção de uma cultura de segurança sólida observam uma queda significativa na taxa de ocorrência de incidentes e de lesões provenientes de acidentes de processo. Uma das pioneiras e mais bem-sucedidas organizações neste âmbito é a DuPont que comprovou, num estudo abrangente, a correlação direta entre a cultura de segurança da empresa e a taxa de acidentes/incidentes (DuPont, 2016).

A DuPont, uma das maiores empresas químicas na contemporaneidade, identificou, na década de 90, uma cultura de segurança imatura em sua organização, o que levava a um grande número de acidentes e de incidentes, provocando, conseqüentemente, a diminuição do seu lucro e de sua produtividade. Para resolver tal problema, realizou uma pesquisa em toda companhia e, com seus resultados, desenvolveu a Curva de Bradley DuPont (Figura 6) – a qual correlaciona a cultura de segurança de determinado grupo com sua segurança, produtividade e lucratividade. Desse modo, o objetivo final da DuPont era garantir zero acidentes na empresa (DuPont, 2016).

Figura 6 - Curva de Bradley DuPont



Fonte: (DuPont, 2018)

A métrica da curva relaciona a taxa de lesões ocorridas com o nível de maturidade cultural relativo à segurança em que a força tarefa se encontra. Conforme a cooperação entre os indivíduos aumenta, bem como suas atitudes em prol de um comportamento seguro, menor a chance de um acidente ocorrer.

De acordo com a DuPont (2018), existem quatro níveis de maturidade cultural:

- Estágio Reativo: É aquele no qual os instintos naturais do indivíduo ainda se sobrepõem às práticas de segurança em tese estabelecidas no local. Os trabalhadores não se responsabilizam por sua segurança, assim como acreditam que acidentes ocorrem naturalmente. Isso pode ocorrer em virtude de uma deficiência no treinamento e de uma precária comunicação acerca do comportamento seguro esperado de cada indivíduo. Pode-se citar como exemplo de uma situação na qual um colaborador pode ser classificado como reativo é quando, mesmo após treinamentos e debates sobre segurança, a ideia de que a ocorrência de um acidente se dá, sobretudo, por uma questão de sorte ou azar - ainda que na presença uma gestão de segurança atuante no ambiente laboral. Esse comportamento é um indicador de que este indivíduo é capaz de se envolver, tal como envolver outras pessoas em um acidente.

Um plano de ação que visa uma maior aproximação do indivíduo com os procedimentos de segurança é fundamental para que haja a reversão deste quadro. Caso os resultados esperados não sejam atingidos, é importante avaliar a necessidade da permanência deste colaborador no grupo no sentido de garantir a segurança do restante da equipe.

- Estágio Dependente: Observa-se uma maior familiaridade da equipe com os conceitos de segurança, tal como uma maior adesão aos comportamentos seguros. Contudo, o cumprimento das normas de segurança ainda ocorre de forma burocrática, ou seja, o trabalhador está apenas cumprindo regras elaboradas por pessoas que possuem cargos de destaque na empresa. Esta cultura permite que as regras sejam seguidas apenas sob supervisão, de forma não genuína e sem que haja reflexões sobre os impactos e os benefícios das regras para a saúde do trabalhador e de toda a coletividade.

- Estágio Independente: Evidencia um nível cultural mais avançado - que está relacionado à compreensão da necessidade do gerenciamento de segurança implementado. Os indivíduos não acreditam na ideia de sorte ou azar para que um acidente ocorra e, dessa forma, assumem a responsabilidade pelas consequências de suas atitudes, além de valorizar as medidas implementadas pelo resguardo de sua saúde. A redução de incidentes é potencializada, no entanto, este comportamento possui, ainda, um caráter individual - os indivíduos acreditam que, caso cada colaborador siga as normas de segurança, o ambiente se tornará seguro.

- Estágio Interdependente: Esse estágio é alcançado por uma organização quando esta possui uma cultura de segurança sólida e sustentável. Neste patamar, os indivíduos não apenas compreendem a importância das medidas implementadas como uma forma de resguardar toda a equipe dos riscos do processo, mas também se identificam como potencializadores da cultura de segurança, tal como se sentem responsáveis por tomar atitudes relativas à segurança. Os trabalhadores edificam melhorias, debatendo ativamente sobre o tema, objetivando proteger a todos no ambiente laboral. Para atingir tal estágio, é necessário dedicar esforços na criação de um ambiente que estimule a construção de um local seguro, composto por comportamentos seguros. Tais comportamentos seguros são definidos por Jones David como:

*“A combinação de um grupo de valores e comportamentos que determinam a maneira com que segurança é gerenciada” (Oliveira, 2003).*

### **3.1.2 Entendimento de Perigos e de Riscos**

Enquanto o pilar anterior pauta-se em elementos que darão base para a construção do comportamento seguro, o pilar “Entendimento de Perigos e de Riscos”, apesar de apresentar uma quantidade menor de elementos em sua composição, é a diretriz que auxiliará na estruturação do processo técnico de análise, assim como servirá de base para a tomada de decisão pautada na avaliação de risco do local estudado (CCPS, 2015).

Em primeira análise, um processo não pode ser considerado completamente seguro sem que haja o completo entendimento de seu funcionamento por todos os colaboradores da equipe. Também é essencial o conhecimento acerca de sua execução, tal como a compreensão dos principais riscos e dos perigos associados em caso de anormalidades - seja um risco advindo de uma falha de equipamento, seja um risco comportamental.

O gerenciamento do conhecimento abrange todos os documentos que contenham parâmetros e especificações técnicas, desenhos, cálculos, além de instalação de equipamentos. É importante ressaltar que a gestão do conhecimento não é resumida ao armazenamento do máximo de informações disponíveis sobre determinado processo, mas também abrange a compreensão e a utilização de tais informações, representando um importante ativo para a organização.

O sistema de gestão deve focar em proteger tais informações, uma vez que o conhecimento técnico acumulado por uma entidade é a peça chave e a força motriz para o seu sucesso a longo prazo. Vale lembrar que todos estes fundamentos serão de pouca utilidade caso estejam inacessíveis para os colaboradores. É necessário que os trabalhadores possam aplicá-los no sentido de obter melhorias no processo.

Além disso, a confiabilidade de tais informações é igualmente essencial, uma vez que conhecimentos divergentes e desatualizados podem ser tão prejudiciais quanto uma informação não disponível - o que pode levar a erros que causem acidentes de processo.

A partir de um sólido conhecimento do processo e de suas especificações, a ferramenta de avaliação de risco das atividades é de extrema importância para direcionar ações preventivas, com o objetivo de evitar a ocorrência de incidentes e acidentes. A organização, portanto, deve avaliar todos os riscos ocupacionais de segurança de suas

atividades e de seus produtos a fim de identificar os perigos existentes, tal como implementar os controles operacionais para esses riscos.

Na avaliação de risco, os fatores humanos abrangem todas as condições que podem influenciar a conduta dos trabalhadores. De acordo com o CCPS (2015), no contexto do ambiente de trabalho, fatores humanos podem ser definidos como o ambiente organizacional e as características humanas individuais que influenciam o comportamento do colaborador. Uma gestão cuidadosa dos fatores humanos pode ser capaz de reduzir o número de acidentes, garantindo, dessa forma, o bem-estar dos trabalhadores.

### **3.1.3 Gestão de Risco**

O gerenciamento de risco tem como objetivo a implementação dos procedimentos de segurança no local de trabalho. Um satisfatório gerenciamento de segurança não dependerá somente da eficácia e do bom uso das ferramentas de gestão aqui listadas, mas também será suportado pelos fundamentos dos dois blocos supracitados. Isso ocorre uma vez que não se edifica um ambiente seguro somente com a utilização de protocolos e de normas (CCPS, 2015).

As atividades serão realizadas por indivíduos - estes responsáveis pela implementação de teorias com o objetivo de promover melhorias em campo. Tais melhorias serão alcançadas quando os colaboradores estiverem conscientes e informados sobre o seu papel no ambiente. É necessário, portanto, que os trabalhadores se comprometam na construção de um processo seguro por meio da difusão da cultura de segurança. É fundamental, também, que se sigam os padrões estabelecidos para mitigar os riscos envolvidos no processo.

No local de trabalho, a padronização de atividades visa objetivos específicos, como por exemplo: eficiência, segurança e qualidade. Nesta metodologia, acredita-se que existe uma forma correta de realizar cada atividade - que deve ser procedimentada e padronizada a fim de que a operação seja realizada sempre da mesma maneira. Tal atitude reduzirá a probabilidade de erro ou de divergência do resultado esperado, garantido a confiabilidade ao processo.

Vale ressaltar ainda que, se uma atividade é realizada sempre da mesma forma, os riscos de segurança envolvidos também serão sempre os mesmos - permitindo que as ações

para minimizá-los já estejam traçadas. Por outro lado, se uma atividade for realizada de formas diversas, vários riscos que comprometam a segurança do processo poderão surgir. Nesse sentido, sem que haja o mapeamento de tais riscos, bem como o desenvolvimento de ações a serem tomadas para mitigá-los, a probabilidade de que um acidente ocorra é maior.

Dessa maneira, torna-se evidente a necessidade de os colaboradores serem contemplados com informações atualizadas e completas a fim de executarem de forma segura suas atividades. Assim, o trabalhador deve compreender sua função no ambiente de trabalho, tal como a forma certa de executá-la - isso abrange o entendimento dos equipamentos de segurança necessários, o conhecimento das ferramentas a serem utilizadas e a familiaridade com possíveis anomalias inerentes ao processo.

Outro fator importante no gerenciamento de risco é a integridade e a acessibilidade dos ativos da empresa. Tal atenção visa garantir que os equipamentos funcionem de maneira adequada, conforme suas especificações, com o intuito de evitar acidentes. Para assegurar a integridade dos ativos, manutenções preventivas - como testes e inspeções - são fundamentais. Esta rotina garante que defeitos sejam detectados antes que danifiquem o equipamento, o que poderá ocasionar, além do prejuízo financeiro, um acidente de processo.

É importante notar ainda que, a partir de uma avaliação de risco dos processos da organização, os maquinários e os sistemas de barreiras mais essenciais e críticos serão evidenciados, e, assim, os esforços para uma manutenção mais frequente e cuidadosa serão voltados para estes maquinários.

A fim de que se atinja a confiabilidade dos equipamentos, um plano de manutenção - desenvolvido por indivíduos qualificados, para cada instrumento, deverá ser elaborado - contendo a frequência de cada revisão, os materiais necessários para os diversos tipos de manutenção e, sobretudo, quem deverá realizá-la.

É usual observar a inutilização de equipamentos por tempo indeterminado em virtude de sua manutenção inexistente, tal como do mau uso do instrumento. A manutenção preventiva é custosa, porém a manutenção corretiva é ainda mais dispendiosa. Uma revisão eficaz resultará na disponibilidade total da máquina até a próxima revisão, tornando-se imprescindível para as organizações.

Ademais, é preciso pontuar que o gerenciamento de risco não será adequadamente executado sem que haja treinamentos e testes de aptidão aplicados aos colaboradores. O

treinamento é a instrução para trabalhos e tarefas que requerem método e consiste, em sua grande maioria, no ensino teórico. O objetivo do treinamento é oferecer aos trabalhadores o conhecimento necessário para que sejam atingidos os padrões de performance esperados.

É importante que os colaboradores sejam treinados e, especialmente, testados de forma periódica a fim de avaliar se a teoria apresentada nos treinamentos foi assimilada corretamente. Para a segurança do funcionário e da empresa, é importante que todos os treinamentos sejam padronizados, ou seja, que todos os colaboradores que executem atividades semelhantes recebam os mesmos treinamentos – estes treinamentos sempre em consonância com suas ocupações dentro do espaço de trabalho.

Além disso, é preciso que haja o registro formal dessa metodologia - com um documento que contenha as assinaturas do professor e dos treinados. Como supracitado, o conhecimento dos trabalhadores deve ser avaliado em testes periódicos e, caso haja a falta de entendimento sobre algum fundamento, novos treinamentos devem ser ministrados.

A administração dos contratados também é um ponto fundamental no gerenciamento de risco da empresa. Ocasionalmente, terceiros prestarão serviços no espaço da empresa, assim, para garantir a segurança de todos, a empresa deve ser responsável por alertar pessoas externas sobre os riscos existentes no ambiente, tal como reafirmar o comportamento seguro praticado no local. As pessoas externas também devem ser acompanhadas pelos funcionários locais em suas atividades.

Assim, no sentido de garantir uma gestão de risco eficaz, no Brasil, destaca-se a Norma Regulamentadora (NR) 6 e 12. A NR6 possui como objetivo orientar os trabalhadores para a utilização de Equipamentos de Proteção Individual (EPI's) com o intuito de assegurar sua integridade física.

“A empresa é obrigada a fornecer aos empregados, gratuitamente, EPI adequado ao risco, em perfeito estado de conservação e funcionamento, nas seguintes circunstâncias:

- a) sempre que as medidas de ordem geral não ofereçam completa proteção contra os riscos de acidentes do trabalho ou de doenças profissionais e do trabalho;
- b) enquanto as medidas de proteção coletiva estiverem sendo implantadas; e,
- c) para atender a situações de emergência” (MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO, 2010).

Já a NR12, visa garantir que maquinários e equipamentos sejam seguros para os colaboradores da empresa, impedindo, desse modo, acidentes durante o processo produtivo. Além disso, a NR 12 exige informações completas sobre todo o ciclo de vida de máquinas e

equipamentos, incluindo transporte, instalação, utilização, manutenção e até mesmo sua eliminação ao final da vida útil.

“Esta Norma Regulamentadora e seus anexos definem referências técnicas, princípios fundamentais e medidas de proteção para garantir a saúde e a integridade física dos trabalhadores e estabelece requisitos mínimos para a prevenção de acidentes e doenças do trabalho nas fases de projeto e de utilização de máquinas e equipamentos de todos os tipos, e ainda à sua fabricação, importação, comercialização, exposição e cessão a qualquer título, em todas as atividades econômicas, sem prejuízo da observância do disposto nas demais Normas Regulamentadoras – NR aprovadas pela Portaria nº 3.214, de 8 de junho de 1978, nas normas técnicas oficiais e, na ausência ou omissão destas, nas normas internacionais aplicáveis” (MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO, 2011).

“Entende-se como fase de utilização a construção, transporte, montagem, instalação, ajuste, operação, limpeza, manutenção, inspeção, desativação e desmonte da máquina ou equipamento” (MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO, 2011).

### **3.1.4 Aprendizado com a experiência**

O último pilar do RBPS possui uma abordagem diferente dos pilares que o antecede – que apresentaram ferramentas de caráter preventivo no planejamento da gestão de segurança para determinado ambiente. Como o próprio pilar é denominado, “Aprendendo com a experiência”, neste estágio, as saídas dos elementos do pilar são baseadas nos acontecimentos decorrentes da rotina de trabalho da organização (CCPS,2015).

O primeiro elemento é a Investigação de Incidentes e Acidentes, cujo processo envolve documentar as ocorrências, realizar a rastreabilidade do momento analisado e cruzar com dados passados para identificar se há recorrência dos incidentes e/ou acidentes.

Para cada investigação, tem-se como objetivo principal entender como o desdobramento dos eventos gerou um incidente ou acidente, tal como quais as medidas devem ser aplicadas para que um cenário semelhante não ocorra novamente.

É importante que o fluxo do processo de investigação seja bem definido, com seus objetivos bem claros a fim de que o trabalho de investigação seja padronizado, o que facilitará consultas futuras. Uma consistente Avaliação de Risco suportará este trabalho visto que é esperado que esta contemple os potenciais riscos de cada operação e atividade.

O elemento “Métricas e Medidas” visa, mediante o acompanhamento de indicadores (também denominados marcadores) auxiliar na tomada de decisão com base nos objetivos

pré-estabelecidos. Esse pilar evidencia se há necessidade de correção na rota, assim como se a gestão de segurança aplicada é, de fato, eficaz.

Aqui, torna-se necessário que haja um maior aprofundamento no próximo capítulo sobre indicadores e sua relação com eventos de segurança (acidentes e incidentes).

O terceiro elemento, “Auditoria”, tem como objetivo avaliar de forma profunda e crítica o gerenciamento de segurança implementado. Esse pilar analisa se a gestão está seguindo as condutas pautadas nas diretrizes do RBPS. A finalidade principal de tal medida é identificar possíveis falhas ou pontos que possam ser aperfeiçoados no processo por meio de uma avaliação externa. A auditoria analisará, por exemplo, se a equipe valoriza a cultura de segurança, se as avaliações de risco possuem a abrangência requerida, se os indicadores selecionados são, de fato, relevantes ao processo, etc.

O último elemento, “Revisão da Gestão e Melhoria Contínua”, visa analisar a eficiência do processo e propor medidas para que este seja, cada vez mais, aprimorado. Em longo prazo, este exercício é fundamental para assegurar que o gerenciamento se mantenha ativo e importante no ambiente de trabalho.

Além disso, este elemento permite que o processo não se torne mecanizado, realizado de forma automática, sem qualquer critério. Conforme o processo evolui, algumas medidas antes tão necessárias podem tornar-se irrelevantes para o desenvolvimento de determinadas atividades - muitas vezes, novas rotinas e indicadores precisam ser criados para acompanhar os novos objetivos da empresa. A melhoria contínua tem como principal função moldar a gestão do laboratório de acordo com a evolução dos resultados.

## 4 REVISÃO DE INDICADORES (MARCADORES) DE SEGURANÇA

Um dos alicerces para o desenvolvimento de um monitoramento de segurança de processos eficaz é a escolha dos indicadores (marcadores) a serem aplicados e acompanhados em determinada organização. Para que haja a indicação de possíveis mudanças na empresa, tal como o monitoramento da segurança de seus processos, a medição e a análise da tendência de dados são essenciais para qualquer tomada de decisão (LAPA, 2017).

A redução dos riscos, por meio da avaliação e da implementação de diferentes estratégias de gerenciamento de riscos, com a finalidade de diminuir a frequência e as consequências dos acidentes é um dos pilares de um monitoramento de risco arrojado.

Previamente ao processo de análise de dados, a escolha dos indicadores a serem acompanhados, bem como seus perfis e suas características precisam ser determinados para garantir o controle adequado do processo como um todo.

Conforme o CCPS (2019), para melhorar continuamente o desempenho em segurança de processo, é essencial que as companhias, nas indústrias químicas e de petróleo, implementem indicadores de segurança de processo proativos e reativos.

Assim, de acordo com o Comitê de Indicadores de Segurança de Processo do CCPS (2019), os marcadores podem ser divididos em duas categorias:

- Indicadores Reativos: Indicadores que medem os impactos de acidentes e de quase acidentes (denominados incidentes).

- Indicadores Proativos: Grupo de indicadores que evidenciam o desempenho dos principais processos. São capazes de detectar resultados e condutas negativas de forma precoce, com o objetivo de eliminar os riscos e, assim, evitar possíveis acidentes. Os indicadores proativos são a melhor ferramenta para mensurar a cultura de segurança da empresa – o quanto a organização possui, incorporada na gestão de suas diferentes áreas, a cultura de segurança (DINIZ NETO, 2019).

É de extrema importância que a organização escolha marcadores de acordo com o seu estágio de maturidade e que estes sejam, de fato, relevantes para a empresa, a fim de que haja ganhos potenciais ao longo do processo. Para além de aspectos teóricos acerca da

relevância do indicador para a organização, é necessário considerar que, caso a empresa carregue seu sistema com indicadores de baixa relevância ao processo, sua equipe pode tornar-se resistente aos indicadores que são verdadeiramente importantes, com alta eficiência e eficácia (DINIZ NETO, 2019).

As características desses indicadores devem ser as seguintes: (CCPS, 2019)

- Confiável: É necessário que sejam estimáveis, ou seja, mensuráveis a partir de uma escala objetiva ou independente.

- Repetitivo: Condições que sejam semelhantes devem produzir resultados similares. Colaboradores treinados de forma diferente, ao analisar a mesma situação, precisam obter o mesmo resultado.

- Consistente: As unidades de medida e o entendimento acerca do indicador devem ser mesmas em toda a empresa – fato necessário para que haja a comparação de indicadores de uma área com a de outra da companhia.

- Independente das Influências Externas: O indicador não é manipulável para apresentar determinado resultado.

- Relevante: Como já supracitado, o indicador deve ser, de fato, importante para a gestão de segurança da empresa.

- Comparável: O indicador pode ser comparado com outros indicadores que possuem características similares.

O alinhamento dos indicadores escolhidos com as características supracitadas é fundamental para a eficácia do monitoramento de segurança - que possui como objetivo tornar o ambiente de trabalho seguro para todos os colaboradores, além de gerar informação para o estabelecimento de padrões, metas e comparabilidade de resultados.

A escolha dos indicadores relevantes para a organização deve ser feita a partir do levantamento dos riscos de processo, tal como pautada nos objetivos da empresa. Assim, a consistência dos dados e a independência de influências externas são fundamentais e devem contemplar todos os marcadores selecionados.

Existem diversas formas de caracterizar um indicador, como por exemplo, quanto ao tipo de situação a qual ele se referencia. Existem marcadores que visam avaliar situações e consolidar conhecimento a fim de prevenir acidentes, assim como existem marcadores que analisam acidentes com o intuito de edificar ferramentas e barreiras para preveni-los.

Os diferentes tipos de indicadores complementam-se na análise de um acidente em sua totalidade, verificando desde seus indícios preliminares de ocorrência, até as consequências posteriores do acidente. Isso tudo com a finalidade de construir mecanismos de defesa, barreiras e alertas que sinalizem a predisposição de um processo de gerar um acidente, tal como, aparelhar o processo contra falhas que coloquem a segurança e a estrutura do meio em risco.

Até 2006, muitas organizações utilizavam padrões diferentes para reportar indicadores proativos e reativos, o que gerou a necessidade, com o objetivo de permitir uma visão sistêmica a nível global de resultados de eficiência e eficácia em segurança de processos, de standardizá-los.

Para além da escolha de diferentes perfis de indicadores, com o objetivo de garantir um monitoramento de segurança completo, é necessário estabelecer o formato de análise visual que facilite o desdobramento de segurança pela empresa de forma clara e didática. Para isso, utiliza-se muito a Pirâmide de Bird.

#### Teoria de Bird

Segundo GERMAIN, *et al.* (2007), Frank E. Bird Jr. foi um importante intelectual da área de segurança do trabalho que buscava aliar produtividade, qualidade e segurança ao processo. Bird trabalhou durante toda sua carreira profissional na área de segurança e liderou vários estudos e projetos com foco em incidentes e acidentes de trabalho. O estudioso foi reconhecido, sobretudo, pelo desenvolvimento de uma disposição gráfica didática dos eventos de segurança no ambiente de trabalho que, posteriormente, foi denominada de Pirâmide de Bird.

A Pirâmide de Bird é uma ferramenta essencial para o monitoramento de segurança que correlaciona, proporcionalmente, os acontecimentos dentro do ambiente de trabalho e suas gravidades, a fim de caracterizá-los e preveni-los.

Frank E. Bird Jr - após analisar diversos casos de acidentes de trabalho reportados por seguradoras - concluiu que os acidentes graves, de alto custo humano e material, são sempre precedidos por ocorrências leves, de baixo impacto, as quais já anunciavam a vulnerabilidade do processo como um todo.

Na década de 30, Bird estabeleceu uma razão matemática entre a ocorrência de acidentes graves com lesões significativas, de acidentes com pequenas lesões, de acidentes com danos a propriedade e de incidentes/quase acidentes (1-10-30-600)

Tal razão foi transformada no fundamento para a criação da Pirâmide de Bird (Figura 7) (MARSDEN, 2018).

Figura 7 - Pirâmide de Bird



Fonte: RIZZI (2019)

1:10 – Para cada acidente grave, existem dez ocorrências de acidentes que provocaram lesões leves em colaboradores.

1:10:30 – Para cada acidente sério, existem dez ocorrências de acidentes que provocaram lesões leves em colaboradores e trinta acidentes sem lesões, mas com danos materiais.

1:10:30:600 – Para cada acidente grave, existem dez ocorrências de acidentes leves, trinta ocorrências de acidentes apenas com danos materiais e seiscentas ocorrências de incidentes.

Como um exemplo prático acerca da diferença entre acidente e incidente, pode-se imaginar uma situação em que um trabalhador opere uma fritadeira industrial com o termostato danificado. Nesse caso, o óleo pode superaquecer e ser projetado para fora da fritadeira ou, até mesmo, em casos mais extremos, causar um incêndio.

Caso ocorra um incêndio no ambiente, sem que nenhum colaborador fique ferido - tal conjuntura classifica-se como acidente - uma vez que há dano material na fritadeira e, possivelmente em outros equipamentos próximos a ela. Se o óleo se projetar na direção do trabalhador e queimá-lo ou, numa situação mais crítica, o incêndio provocar ferimentos nos colaboradores, esta situação também se caracteriza como acidente, haja vista que há dano humano – e, no cenário de incêndio, também material.

Por outro lado, se a falha no termostato não provocar danos materiais ou danos humanos (o óleo não se projetar na direção do trabalhador, por exemplo), este cenário seria considerado um incidente.

Assim, o incidente é definido pela CCPS (2019) como um evento indesejado que, sob circunstâncias ligeiramente diferentes, poderia resultar em danos às pessoas, danos à propriedade, equipamento ou ambiente ou perda de processo. Também pode ser denominado de quase acidente.

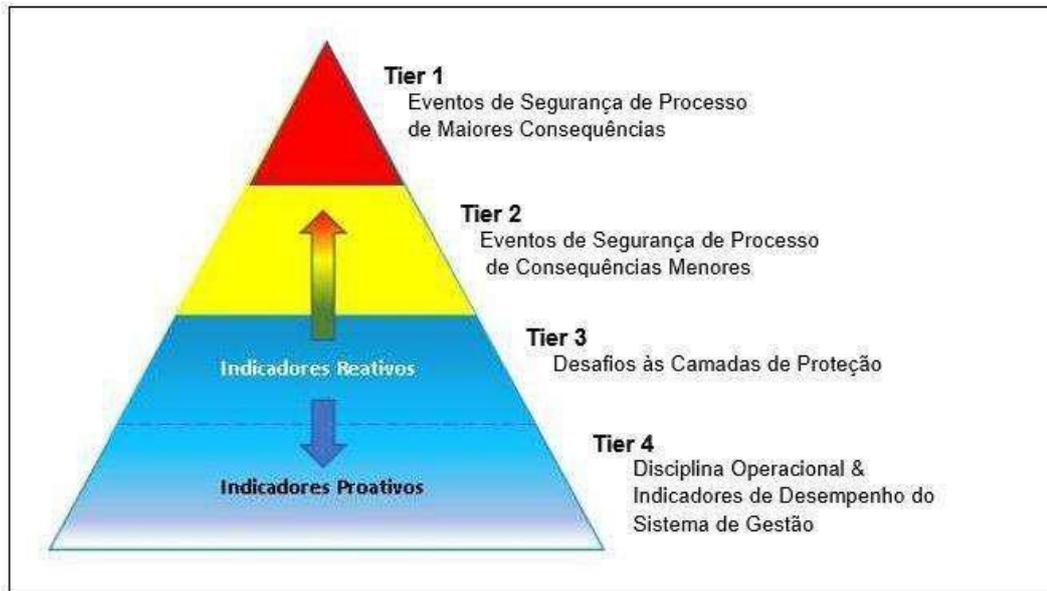
Tal pirâmide é formulada com a ênfase na segurança do trabalho. Contudo, quando se trata da segurança de **processos**, existem algumas alterações nas camadas (também chamadas de TIER), como por exemplo:

- Base (TIER 1): Corresponde a qualquer ação insegura que possa resultar em incidentes e acidentes. Possui o viés comportamental.
- Terceira Camada (TIER 2): É composta por incidentes ou quase acidentes.
- Segunda Camada (TIER 3): Fundamentada em acidentes de baixa gravidade.
- Primeira Camada/Topo (TIER 4): Abrange acidentes graves – podem ser letais.

A seguir, aprofundamos os indicadores, com base na segurança de **processos**, que compõem as camadas da Pirâmide de Bird conforme as diretrizes da CCPS (2019).

### TIER 1 e TIER 2

Figura 8 - O Triângulo do Acidente: TIERs e seus correspondentes tipos de indicadores



Fonte: (CCPS, 2019)

São compostos por acidentes que promovem dano material e/ou humano no ambiente de trabalho - como eventos de segurança com consequências danosas aos trabalhadores, ao patrimônio da empresa, ao meio ambiente e/ou ao ecossistema e à população próxima.

A segunda camada e o topo diferenciam-se quanto a gravidade do acidente. Os acidentes da segunda camada estão relacionados a situações de baixa gravidade com consequências leves. Já o topo consiste em acidentes de alta gravidade com consequências graves ou mortais para os trabalhadores do local e/ou alto dano material para empresa, bem como para o meio ambiente e para a população ao redor.

De acordo com a CCPS (2019), alguns critérios mais específicos podem ser utilizados para identificar os eventos de processo de TIER 1 e TIER 2. Tais como:

- Envolvimento do Processo: O processo – inclui-se, nessa definição, os equipamentos e tecnologias empregados na produção, como reatores, tanques, caldeiras, sistema de resfriamento, etc. – está diretamente relacionado aos danos causados.

- Perda de Contenção Primária (LOPC): É a liberação não planejada de energia e de substâncias químicas de contenção primária – incluindo materiais atóxicos e não inflamáveis, como vapor d'água, nitrogênio, gás carbônico, ar comprimido, etc. – ainda que não cause danos humanos e materiais é considerado um evento de TIER 1 ou TIER 2 – a diferenciação entre TIER 1 e 2 será feita de acordo com a quantidade de material liberado – existem limites pré-estabelecidos/pontos de corte para cada substância (DINIZ NETO, 2019).

- Localização: O acidente ocorre em qualquer localidade que está relacionada ao processo, como por exemplo na etapa produção do ativo, em toda a cadeia de distribuição, no armazenamento de produtos e, até mesmo, em plantas piloto de uma instalação.

- Liberação Aguda: As liberações agudas ocorrem em 1 hora ou menos; no entanto, caso haja dificuldade em se determinar o tempo da liberação, deve-se considerar o período de uma hora. Calcula-se a taxa de liberação do material em função do tipo de evento iniciador (furo, ruptura, fissura). Assim, calcula-se a quantidade de substância liberada definindo o período de 1 hora. Se a quantidade de material liberado for superior ao seu limite pré-estabelecido, tal cenário é considerado um evento de TIER 1. Se quantidade de material liberado for menor que o “ponto de corte” para aquela substância, trata-se de um evento de TIER 2 (DINIZ NETO, 2019).

As consequências de eventos de TIER1 são, por exemplo:

- Afastamento de qualquer funcionário da empresa e/ou sua fatalidade;
- Incêndios e/ou explosões que resultem em danos materiais na faixa de 100.000 dólares para a empresa
- Liberações agudas acima do “ponto de corte” – como já supracitado;

Já os eventos de TIER 2 incluem consequências menos severas, como:

- Lesão de funcionário reportável – lesão mais grave do que lesões que necessitam apenas de primeiros-socorros, porém sem afastamento do funcionário.
- Danos materiais entre 2.500 e 100.000 dólares;
- Liberação aguda abaixo do ponto de corte.

Com esses critérios, é possível inferir se determinado evento de segurança deve ou não ser contabilizado como acidente ocorrido no processo, tal como classificá-lo como

TIER 1 ou 2. Assim, garante-se que apenas eventos relacionados diretamente ao processo em questão são considerados, contabilizados e desdobrado pela empresa.

Os indicadores do Topo são considerados os mais reativos e indicam, sobretudo, grande fragilidade no gerenciamento de segurança da planta. Aliados aos indicadores da camada 2, 3 e 4, fornecem a análise do desempenho da organização com um todo.

Utilizando todas as informações acerca dos eventos de segurança TIER 1 e 2, pode-se definir marcadores simples, que indicam, de forma ajustada, a taxa de tais eventos.

Taxa de eventos de segurança tipo TIER 1:

$$\left( \frac{\text{Soma do total de eventos TIER1 ocorridos na organização}}{\text{Total de horas trabalhadas}^*} \right) \times 200.000$$

\*O total de horas trabalhadas refere-se às horas trabalhadas apenas dos colaboradores que estão diretamente expostos à acidentes na fábrica/planta industrial.

### TIER 3

É composta por incidentes no local de trabalho. Os indicadores dessa camada fornecem uma oportunidade adicional a fim de corrigir falhas e evitar que um acidente ocorra de fato.

O aumento do número de incidentes é um fator indicativo de que o local está propenso a ocorrência de um acidente na área. Pode-se considerar o incidente como o último sinal de alerta antes de que, efetivamente, ocorra o acidente. Indicadores dessa camada possibilitam o rastreamento e a correção das deficiências em toda a estrutura de trabalho - seja ela física ou cultural – e funcionam como ferramentas para a descoberta de situações e comportamentos de risco, sendo, portanto, considerados indicadores reativos.

Alguns exemplos de incidentes possíveis, em diferentes processos analisados, são: escorregões em decorrência de falhas do processo sem queda ou escoriações, queda de material próximo a funcionários sem danos à saúde e ao material, resultados de testes fora dos limites aceitáveis e acionamento dos sistemas de segurança quando uma variável do processo está fora do padrão esperado (DINIZ NETO, 2019).

### TIER 4

A base, por compreender ações/attitudes inseguras que podem ter consequências perigosas – como incidentes e acidentes - é pautada, principalmente, por marcadores os quais são capazes de prever essas consequências. Os atos e as condições inseguras/não adequadas encontrados no local de trabalho são observados e, desse modo, indicadores são desenvolvidos e aplicados a fim de evitar esses cenários. Os indicadores da base são marcadores proativos que, como já citado, devem gerar informação, bem como desdobrá-la, a fim de edificar um padrão comportamental que garanta a segurança de todos na empresa.

Estes são indicadores de fragilidades na estrutura de segurança do processo que, invariavelmente, contribuirão para que incidentes e acidentes ocorram. Os marcadores ajudam na identificação destas fragilidades, de oportunidades, de novos pontos de exposição no processo e, portanto, acumulam informações a fim de otimizar o monitoramento de segurança da empresa.

É necessário ressaltar que, por existirem muitos indicadores proativos que podem ser adotados e monitorados, é importante que a empresa selecione os marcadores que possuam componentes que sejam, de fato, relevantes para o gerenciamento de risco do processo.

Como exemplo de atos inseguros que podem compor a base de compilação da pirâmide, têm-se: Andar e digitar no celular concomitantemente, não utilizar todos os equipamentos de proteção individual necessários para determinada atividade, realizar trabalhos em altura sem a devida ancoragem, abrir ou operar equipamentos sem o treinamento adequado, tal como executar atividades sem as obrigatórias 11 horas de repouso entre jornadas.

Por se relacionar ao comportamento humano, os indicadores do TIER 4 são subjetivos e, portanto, mais difíceis de serem aplicados e monitorados. Para além da subjetividade humana, há desvios comportamentais dos colaboradores, assim como da companhia. Os trabalhadores, por insegurança ou por medo de serem repreendidos, por exemplo, podem não relatar atos inseguros praticados por eles mesmos, tal como por outros colegas colaboradores.

A combinação de indicadores proativos e reativos é, geralmente, a melhor opção para a obtenção de um panorama da eficiência da segurança do processo. É importante utilizar marcadores reativos, os quais fornecem informações de incidentes e acidentes –

eventos já materializados - conjuntamente com os marcadores proativos – aqueles que evidenciam condutas inadequadas, de forma preventiva, a fim de evitar tais eventos.

## 5 AVALIAÇÃO DE RISCO

A avaliação de risco no sentido de promover uma gestão de segurança eficaz consiste em identificar as tarefas críticas no local de trabalho, assim como estudar a severidade dos riscos presentes e desenvolver estratégias para evitá-los. Uma das metodologias que auxiliam na avaliação de risco, calculando probabilidades de falhas humanas no processo, é o método SPAR-H.

### 5.1 Análise e quantificação de erro humano baseado no método SPAR-H

O objetivo do método SPAR-H é fornecer ao analista de segurança informações que o ajudem a estimar probabilidades de falha humana em processos e eventos na planta de interesse – na qual os riscos presentes em procedimentos já foram previamente identificados e registrados (NUERG-6883, 2005).

O método de análise da confiabilidade humana consiste no cumprimento de cinco etapas – após a descrição das tarefas que serão analisadas.

1. Categorizar o Evento de Falha Humana (EFH) como Diagnóstico e/ou Ação.
2. Avaliar os fatores modeladores da performance humana – que levam ao evento de falha – a partir da análise de Fatores de Desempenho Humano (FDH).
3. Utilizar a Probabilidade de Erro Humano (PEH), bem como os Fatores de Desempenho Humano (FDHs) definidos em tabela com o objetivo de correlacionar os valores FDH's à PEH.
4. Avaliar se há dependência entre eventos.

#### 5.1.1 Primeira etapa: Categorizar o Evento de Falha Humana (EFH) como Diagnóstico e/ou Ação

É necessário, em primeiro plano, que o analista classifique o EFH como diagnóstico e/ou Ação.

O evento de falha humana (EFH) é categorizado como diagnóstico quando abrange todo o processo cognitivo – desde interpretar e compreender a informação ou evento, até a decisão de agir –, ou em ação quando a falha é identificada na ação em si – como apertar um botão, por exemplo -.

Comumente, os EFHs envolvem conjuntamente o Diagnóstico (processo cognitivo que leva ao erro) e a Ação (execução que leva ao erro); raramente a ação ocorre sem que

haja um processo cognitivo que embase a decisão da ação tomada. Assim, a análise do erro deve incluir ambas as categorias e, caso o diagnóstico e/ou a ação seja desconsiderado, o analista deve incluir uma justificativa que explique o motivo da predominância de determinada categoria sobre a outra. (NUREG-1792, 2004)

### **5.1.2 Segunda etapa: Avaliar os Fatores de Desempenho Humano (FDH)**

Após a categorização do EFH, o analista de segurança deve reconhecer os fatores que influenciam na performance do indivíduo – positivamente e negativamente – que englobam qualquer característica inerente ao ser humano, como a personalidade, nível de cansaço/energia, além de particularidades do trabalho desempenhado pelo indivíduo – demanda de tarefas, tempo para realizá-las, treinamento, etc (CCPS, 2019).

É importante ressaltar que o método SPAR-H utiliza-se da ciência cognitiva para modelar o comportamento humano e, desse modo, prever o impacto do comportamento para a falha do processo em análise. Para além do estudo comportamental, o SPAR-H também analisa fatores do contexto laboral os quais impactam nas tomadas de decisões pelo operário e que, conseqüentemente, podem levar a diversas falhas.

Existem diversas condições que podem influenciar a conduta do trabalhador, desde fatores considerados mais simples e que, muitas vezes, não são facilmente percebidos, tal como fatores mais complexos que precisam ser estudados de forma cautelosa. Ruídos no ambiente de trabalho que impeçam a escuta de alarmes, pouco tempo para realizar uma tarefa ou, até mesmo, a necessidade de efetuar tarefas concomitantemente, treinamento pouco eficiente e pouco completo para desempenhar determinada função na empresa, além do estresse físico e mental inerente ao trabalhador são alguns elementos que podem gerar um EFH e que, portanto, serão avaliados nessa etapa do procedimento.

Cada FDH deve ser analisado com o objetivo de concluir se este, de fato, impacta no EFH estudado. Além disso, apenas os FDHs com informações suficientes e completas - para que seja observada sua factual relevância para o EFH - devem ser considerados no cálculo da Probabilidade de Erro Humano (PEH). O analista do SPAR-H deve examinar a complexidade do EFH e atribuir os FDHs adequados.

O método SPAR-H enumera 8 fatores operacionais (FDH) que influenciam a performance do trabalhador, tais como:

- a) Tempo disponível
- b) Nível de estresse e estressores
- c) Complexidade da tarefa
- d) Experiência e treinamento para a função
- e) Procedimentos
- f) Ergonomia e interface Homem-Máquina
- g) Aptidão para o trabalho/tarefa
- h) Processos de trabalho

a) Tempo Disponível (NUERG-6883, 2005)

É o tempo disponível (Figura 9) para realizar determinada tarefa relativo ao tempo necessário para completar a tarefa. É importante que o operador possua tempo hábil para diagnosticar um problema bem como para agir a fim de mitigá-lo. O tempo disponível é classificado de 5 formas, tais como:

- Tempo inadequado: o tempo disponível é menor do que o requerido para realizar determinada atividade.

- Tempo pouco adequado: o tempo disponível é igual ao tempo requerido para realizar determinada atividade.

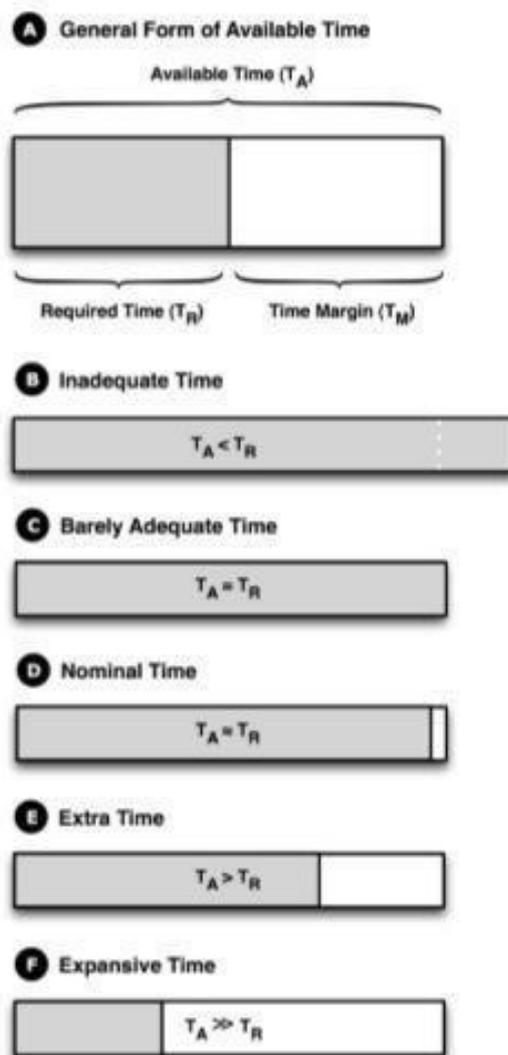
- Tempo nominal: O tempo disponível é um pouco maior do que o tempo requerido para realizar determinada atividade. Há uma pequena margem de tempo (TM) nessa classificação.

- Tempo extra: O tempo disponível para a realização da tarefa é maior do que o tempo requerido. A margem de tempo extra (TM) é menor que o tempo requerido para realizar a atividade, porém maior que zero.

- Tempo expansivo: O tempo disponível para a realização da tarefa é muito maior do que o tempo requerido. A margem de tempo extra (TM) é maior do que o próprio tempo requerido pela tarefa.

Informação insuficiente: Utilizar essa classificação caso não haja informação suficiente para categorizar o tempo disponível.

Figura 9 - Avaliação do tempo disponível



Fonte: (Galyean, 2011)

b) Nível de Estresse e Estressores (NUERG-6883, 2005)

De acordo com a Organização Mundial da Saúde, o estresse é o estado gerado pela percepção de estímulos que provocam excitação emocional e, ao perturbarem a homeostasia, levam o organismo a disparar um processo de adaptação caracterizado pelo aumento da secreção de adrenalina, com várias consequências sistêmicas (SANTOS, 2005).

A definição de estresse utilizada no método SPAR-H refere-se ao nível de condições e circunstâncias indesejadas que prejudicam o funcionário a realizar uma tarefa

em questão. O estresse pode ser mental, físico e até mesmo gerado por uma carga de trabalho excessivo ou por fatores ambientais.

Os fatores ambientais são categorizados como estressores e podem se manifestar, no ambiente de trabalho, na forma de calor e ruídos excessivos, má ventilação, presença de radiação, etc. Estes fatores podem induzir um nível de estresse significativo no trabalhador, impactando no comportamento e na performance do indivíduo.

O estresse, em pequenas doses, pode provocar o aumento nos níveis de foco e concentração do trabalhador, ocasionando, assim, em uma melhor performance no desempenho de determinada atividade. Já níveis maiores de estresse prejudicam a performance do operário e impactam negativamente no desenvolvimento de tarefas.

No método SPAR-H, o estresse é classificado em quatro categorias, tais como:

- Extremo: É um nível de estresse extremamente destrutivo que deteriora rapidamente a performance do indivíduo. Ocorre quando o estressor se apresenta subitamente e persiste por longos períodos de tempo. Essa categoria também se relaciona quando o indivíduo sente que há uma ameaça a sua integridade física, mental e ao seu status no meio laboral.

- Alto: Abrange situações em que é percebido uma ameaça que pode representar em grande perigo para a saúde dos trabalhadores e em significativas perdas materiais para a planta. Essa classificação diferencia-se do estresse extremo uma vez que os estressores normalmente não persistem por longos períodos de tempo.

- Nominal: Pequeno nível de estresse que impacta positivamente na performance.

- Informação insuficiente: Utilizar essa classificação caso não haja informação suficiente para categorizar o estresse.

c) Complexidade da Tarefa (NUERG-6883, 2005)

Essa categoria refere-se a dificuldade em realizar determinada tarefa em um específico contexto laboral. A complexidade abrange tanto a tarefa em si quanto o ambiente de trabalho no qual o operário está inserido;

É evidente que, quanto mais difícil for a tarefa, mais complexo será realizá-la e atentar-se aos seus detalhes e, portanto, maior a chance de ocorrer um EFH.

A complexidade engloba o esforço mental o qual é requerido na performance do trabalhador para realizar determinada ação; a necessidade de realizar cálculos mentais e a indispensabilidade de memorizar processos, além da importante capacidade de compreender o processo como um todo e de agir embasado em conhecimentos prévios e não em treinamentos ofertados pela empresa.

Ademais, a complexidade pode incluir os esforços físicos, como ações de elevado grau de dificuldade, em virtude da necessidade de performar difíceis padrões de movimento na rotina de trabalho. De modo geral, um encargo de grande complexidade demanda maior habilidade e compreensão do trabalhador a fim de obter êxito ao efetivá-lo.

No método SPAR-H, a complexidade é classificada em quatro categorias, tais como:

- Complexidade alta: Quando a tarefa é muito difícil de ser efetuada. Há grande ambiguidade no processo em questão e muitas variáveis envolvidas nos procedimentos com diagnósticos concorrentes. Pode-se exemplificar essa categoria com o acidente catastrófico da refinaria BP Texas City em 2005, onde tornou-se evidente a complexidade elevada das tarefas realizadas pelos operadores – devido a cortes no orçamento da empresa, a equipe trabalhadora foi reduzida. No dia da explosão da refinaria, apenas um operador da sala de controle supervisionava, sozinho, três unidades da refinaria. O erro humano não foi o principal causador do acidente, porém contribuiu para a catástrofe (CSB, 2008).

- Complexidade moderada: Tarefa moderadamente difícil de ser executada. Há certo grau de ambiguidade no processo, bem como existem algumas variáveis que podem apresentar diagnósticos concorrentes.

- Nominal: A tarefa não é difícil de ser executada. Há pouca ambiguidade no processo e poucas variáveis envolvidas.

- Diagnóstico óbvio: Tarefa muito simples, sem ambiguidades, com diagnóstico evidente. É difícil que o operador cometa qualquer tipo de erro executá-la. O diagnóstico óbvio ocorre, em muitos casos, quando a validação e a convergência de informações são acessadas facilmente pelo operador. Essas informações podem incluir indicadores automáticos e informações sensoriais (cheiro, sons e vibrações).

- Informação insuficiente: Utilizar essa classificação caso não haja informação suficiente para categorizar a complexidade.

d) Experiência e Treinamento (NUERG-6883, 2005)

Relaciona-se à experiência e ao treinamento do operador. Inclui-se, nessa categoria, os anos de experiência do trabalhador, a frequência de treinamentos na empresa, o período de tempo entre os treinamentos, se o indivíduo e sua equipe já foram preparados para possíveis acidentes na planta. Outra consideração importante é se o cenário em questão é novo ou não, tal como se a equipe já esteve envolvida em uma situação semelhante, seja durante o treinamento ou durante a própria operação da planta.

Esse FDH é dividido em quatro níveis:

- Pouca experiência/treinamento: Menos de seis meses de experiência ou treinamento. Esse nível de experiência/treinamento não garante um nível de conhecimento e de entendimento suficiente para executar as tarefas de forma adequada, além de não expor os operadores a situações anormais.

- Nominal: Mais de seis meses de experiência ou treinamento. Esse nível de experiência/treinamento garante que os operadores estão aptos para realizar as tarefas diárias de forma satisfatório, bem como assegura que os indivíduos já foram expostos a situações anômalas.

- Muita experiência/treinamento: Vasta experiência na área de atuação. Possui grande entendimento dos processos e completo domínio das tarefas mesmo durante cenários adversos.

- Informação insuficiente: Utilizar essa classificação caso não haja informação suficiente para categorizar a experiência.

e) Procedimentos (NUERG-6883, 2005)

Esse FDH faz referência à existência e a utilização de procedimentos operacionais formais para as diversas tarefas a serem executadas na planta. Em muitos casos, não existem procedimentos padrão para determinados encargos ou estes existem, porém são incompletos e/ou defasados, tornando mais laborioso a execução da tarefa em questão.

Os procedimentos são classificados em quatro categorias:

- Ausência de disponibilidade: O procedimento necessário para a execução de uma tarefa em particular não está disponível. Contudo, essa categoria deve ser utilizada apenas quando analista compreenda que a ausência de procedimentos pode gerar o EFH. Como exemplo da ausência de procedimento, destaca-se o acidente no laboratório da Universidade Texas Tech, como já citado na introdução, no qual não havia procedimentos formais que determinassem a quantidade limite a ser produzida da substância explosiva.

- Incompleto: Informações essenciais/importantes não estão presentes no procedimento.

- Disponível, porém defasado: O procedimento está disponível porém não foi formulado de forma satisfatória. Podem existir problemas de elaboração, ambiguidades e diversos outros fatores que dificultem sua utilização pelo trabalhador.

- Nominal: Os procedimentos estão disponíveis e potencializam a performance de forma positiva.

- Diagnóstico guiado pelos sintomas: Os procedimentos auxiliam o operador e sua equipe a diagnosticar corretamente eventos adversos. Além disso, ajudam os trabalhadores a manter a planta segura, sem a necessidade de diagnosticar exatamente o evento e de compreender completamente o que precisa ser feito para mitigar a situação.

- Informação insuficiente: Utilizar essa classificação caso não haja informação suficiente para categorizar os procedimentos.

#### f) Ergonomia e Interface Homem-Máquina (NUERG-6883, 2005)

A ergonomia está relacionada ao equipamento, displays e controles, interface, além da quantidade e qualidade da informação disponível proveniente da instrumentação. Para além dos equipamentos em si, a ergonomia também abrange a forma como os funcionários interagem com o maquinário. A adequação ou inadequação de softwares também estão inclusos nesse FDH.

É importante ressaltar que equipamentos de difícil compreensão, manuseio, ou até mesmo, que não sejam adequados para o procedimento em análise, dificultam a performance do operador e podem levar a um EFH.

A ergonomia e a IHM (Interface Homem-Máquina) são classificadas em cinco categorias:

- Errôneo: A instrumentação requerida falha em diagnosticar eventos. Os equipamentos não são confiáveis e, portanto, são ignorados pelos trabalhadores.

- Pobre: O design da planta dificulta a realização de tarefas.

Na refinaria BP Texas City, após análises do acidente, evidenciou-se que o painel de controle, da sala de controle, não estava configurado para informar os operadores acerca do perigo eminente. O painel não mostrava os fluxos de dentro e de fora da torre na mesma tela, assim como não era capaz de calcular o total de líquido na torre de destilação (CSB, 2008).

- Nominal: O design da planta não impacta negativamente na performance dos trabalhadores, mas não potencializa, de forma positiva, o desempenho no ambiente de trabalho.

- Bom: O design da planta influencia positivamente a performance dos operadores. Os equipamentos fornecem as informações necessárias para a execução de tarefas, são de fácil acesso e possuem uma interface que facilita o seu acesso.

- Informação insuficiente: Utilizar essa classificação caso não haja informação suficiente para categorizar a ergonomia.

g) Aptidão para o Trabalho/Tarefa (NUERG-6883, 2005)

Esse FDH refere-se à capacidade mental e física do indivíduo para realizar determinada função. Algumas condições que podem reduzir a capacidade do trabalhador para executar tarefas são: Cansaço, presença de doença, uso de drogas (legais ou ilegais), excesso de confiança, problemas pessoais e distrações.

A aptidão para o trabalho é dividida em quatro categorias:

- Não apto: O indivíduo não é capaz de realizar as tarefas requeridas em decorrência de alguma doença ou de alguma incapacidade física ou mental.

- Pouco apto: O indivíduo é capaz de realizar suas tarefas, porém sua performance não é ideal. A performance pode ser afetada caso o operador apresente febre ou esteja trabalhando por longos períodos de tempo, por exemplo. O trabalhador também pode executar sua função de forma indesejada caso se sinta extremamente confiante com suas habilidades.

- Nominal: O indivíduo é capaz de executar seus encargos de forma satisfatória.

- Informação insuficiente: Utilizar essa classificação caso não haja informação suficiente para categorizar a aptidão para o trabalho.

h) Processos de Trabalho (NUERG-6883, 2005)

O processo está relacionado à organização no ambiente de trabalho, a presença ou ausência de uma cultura de segurança na empresa, ao planejamento do trabalho e à comunicação com a equipe. A forma como a tarefa é planejada, comunicada e executada pode afetar positivamente ou negativamente a performance do indivíduo.

Caso o trabalho seja mal planejado e a comunicação do que deve ser executado pelo operador não seja feita de forma completa e correta, o trabalhador pode não compreender inteiramente sua função. Os processos de trabalho incluem também a administração, gestão, organização, supervisão do trabalho em questão.

Esse FDH é dividido quatro categorias:

- Pobre: A performance é negativamente afetada pelos processos de trabalho.
- Nominal: A performance não é significativamente afetada pelos processos de trabalho, seja positivamente ou negativamente.
- Bom: Os processos empregados na planta impactam positivamente na performance dos trabalhadores. A comunicação entre a equipe é satisfatória, o trabalho é organizado e supervisionado.
- Informação insuficiente: Utilizar essa classificação caso não haja informação suficiente para categorizar o processo de trabalho.

### 5.1.3 Terceira etapa: Cálculo da Probabilidade de Erro Humano

A equação para o cálculo da probabilidade de erro humano pode ser expressa da seguinte forma: (NUERG-6883, 2005)

$$PEH = \frac{PEHN \times FDHs}{PEHN \times (FDHs- ) + 1} \quad (5.1)$$

PEHN = Probabilidade de Erro Humano Nominal.

FDHs = Multiplicadores referentes aos Fatores de Desempenho Humano escolhidos – estes multiplicadores serão explicitados no capítulo 7 durante o estudo de caso.

O PEHN é um valor fixo, determinado pelo método SPAR-H como **0,01** para tarefas de diagnose e **0,001** para tarefas de ação. (NUERG-6883, 2005)

Para os casos que serão avaliados no capítulo 7, o valor do denominador é sempre muito próximo de 1. Portanto, a equação que será utilizada no trabalho será:

$$PEH = PEHN \times FDHs \quad (5.2)$$

## 6 ESTUDO DE CASO: ANÁLISE DE RISCO

### 6.1 Descrição do laboratório

O laboratório que será analisado é uma planta piloto de cereais, raízes e tubérculos localizado no bloco I (área da engenharia de alimentos pertencente à Escola de Química) do Centro de Tecnologia da UFRJ.

O espaço foi concebido para simular, em escala piloto, o processamento industrial de matérias primas alimentícias amiláceas como cereais (trigo, aveia, centeio, cevada, triticale, milho, arroz, millets), pseudocereias (amaranto, quinoa, trigo sarraceno), raízes (mandioca, mandioquinha-salsa, batata doce), tubérculos (batata inglesa, inhame) e rizomas (araruta, taro). Os principais processamentos contemplados são o processo de moagem via úmida para extração de amido, o processo de moagem via seca para produção de farinhas e os processos de elaboração de produtos assados (pães, bolos, biscoitos) e massas alimentícias. Além da realização de estudos de métodos de processamento, as matérias primas e produtos finais são avaliados quanto às suas características e suas propriedades visando avaliar sua adequação ao processamento e às expectativas de qualidade. Nesta planta piloto, serão executadas atividade de ensino e pesquisa de graduação, pós-graduação e extensão.

A planta piloto (Figura 10) possui uma área de 82 metros quadrados, com a distribuição do espaço segmentada da seguinte forma: Área de Moagem (10,46 m<sup>2</sup>), Área de Processamento de Massas (35,58m<sup>2</sup>), Área Quente (17,85m<sup>2</sup>), Área de Depósito (10,80m<sup>2</sup>) e Área de Circulação (4,6m<sup>2</sup>).

- Área de Moagem: Possui como maquinário um moinho, um agitador de peneiras, um banho termostático, um Farinógrafo – E, um Extensógrafo-E, um Rapid Visco Analyser, um Falling Number, três Glucomatic, um computador e um ar condicionado.

- Área de Processamento de Massas: É composta por uma laminadora, uma moldadeira, uma extrusora de massas alimentícias, uma batedeira de bancada, uma balança semi-analítica, uma modeladora (processo de modelagem da massa), uma masseira (processo de mistura da massa), dois ares condicionados, uma divisora (processo de divisão da massa), um ultra congelador, uma câmara de fermentação, um carrinho de fermentação, três batedeiras (bancada seca) e uma máquina de gelo (bancada molhada) e três condensadoras externas.

- Área Quente: Possui uma cortina de ar, um carrinho de resfriamento, um forno turbo, um forno lastro, um cooktop com cinco bocas, duas coifas industriais, uma fritadeira, uma bateadeira e uma máquina de biscoito waffer (ambas na bancada seca).

- Depósito: Detém como função a pesagem e estocagem de alimentos e, assim, possui um freezer vertical, um refrigerador, uma balança analítica, uma balança não analítica, uma balança semi analítica (os três equipamentos, respectivamente, localizados na bancada), uma prateleira, uma evaporadora interna localizada na prateleira e um pallet.

- Área de Circulação: Contém uma seladora e uma fatiadeira.

Figura 10 - Localização dos equipamentos no interior da Planta Piloto



Fonte: Escola de Química UFRJ

## 6.2 Análise Qualitativa de Risco

A análise de risco, que será apresentada em tabelas de número 1 ao 20, foi previamente fornecida pela professora responsável pela planta piloto, sendo um documento de uso restrito do laboratório. Vale ressaltar que a classificação em riscos pequenos, médios e grandes foi apresentada sem justificativas, assim como não foi evidenciado os parâmetros para diferenciar estes riscos.

Nesta avaliação, consta os seguintes detalhes:

### 6.2.1 Área de Moagem

A tabela a seguir (Tabela 1) apresenta os riscos físicos existentes na área de moagem. Os riscos são classificados em ruído, vibrações e calor. Suas fontes são descritas, assim como as medidas de proteção que podem ser utilizadas.

Tabela 1 – Riscos Físicos da Área de Moagem

<b>Riscos Físicos (Médio)</b>	<b>Fontes</b>	<b>Medidas de prevenção/proteção</b>
<b>Ruído</b>	Equipamentos: moinho, agitador de peneiras, glutomatic, falling number	Uso de protetor auricular quando a permanência no local com os equipamentos ligados ultrapassar 1 h
<b>Vibrações/Trepidações</b>	Equipamentos: moinho, agitador de peneiras	Os equipamentos são projetados para vibrar, impossível contornar vibração/trepidação
<b>Calor</b>	Equipamentos: glutomatic, banho termostático, RVA, falling number	Instalação de ar condicionado

A Tabela 2 expõe o risco químico presente na área de moagem e sua fonte.

Tabela 2 – Riscos Químicos da Área de Moagem

<b>Risco Químico (pequeno a médio)</b>	<b>Fontes</b>	<b>Medidas de prevenção/proteção</b>
<b>Névoa de pó</b>	Equipamentos: moinho, glutomatic, agitador de peneiras	-

A Tabela 3 evidencia os riscos biológicos existentes na área de moagem - os quais são categorizados em proliferação de microrganismos e presença de pragas - suas possíveis fontes e formas de prevenção.

Tabela 3 – Riscos Biológicos da Área de Moagem

<b>Risco Biológico (pequeno)</b>	<b>Fontes</b>	<b>Medidas de prevenção/proteção</b>
<b>Proliferação de microrganismos patógenos</b>	Equipamentos higienizados inadequadamente	Higienização adequada
<b>Presença de pragas (insetos e roedores)</b>	Devido ao tipo de material processado no local	Emprego de ralos tampados e de proteção na abertura inferior das portas. Emprego de programa de controle de pragas.

A Tabela 4 apresenta os riscos ergonômicos, suas fontes e formas de prevenção.

Tabela 4 – Riscos Ergonômicos da Área de Moagem

<b>Risco Ergonômico (pequeno)</b>	<b>Fontes</b>	<b>Medidas de prevenção/proteção</b>
<b>Postura de Trabalho</b>	Altura dos equipamentos e bancadas x altura da pessoa em pé / Altura da cadeira ou banquetta x altura da bancada	Fazer intervalos durante o período de trabalho
<b>Monotomia e Repetitividade</b>	Equipamentos: farinógrafo, extensógrafo, glutomatic, falling number, RVA, agitador de peneiras	Fazer intervalos de descanso durante o período de trabalho

A Tabela 5 exibe os riscos de acidente da área, assim como suas fontes e medidas de proteção.

Tabela 5 – Riscos de Acidentes da Área de Moagem

<b>Risco de Acidentes (pequeno a médio)</b>	<b>Fontes</b>	<b>Medidas de prevenção/proteção</b>
<b>Ferimento/mutilação membros superiores</b>	Equipamentos: moinho, farinógrafo, extensógrafo, glutomatic	Utilização de equipamentos que atendam a NR12
<b>Queimadura</b>	Equipamentos: glutomatic, falling number, banho termostático	Manter distância dos equipamentos durante seu funcionamento
<b>Queda</b>	Piso molhado	Secagem do piso assim que umidecido / Uso de sapato de segurança

Para a proteção de membros superiores contra ferimentos e mutilação, indica-se, de acordo com a NR6, o uso de luvas para proteção das mãos contra agentes cortantes e perfurantes, manga para proteção do braço e do antebraço contra agentes cortantes e perfurantes, braçadeira para proteção do antebraço contra agentes cortantes e dedeira para proteção dos dedos contra agentes abrasivos e escoriantes. (MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO, 2010)

É preciso identificar, a partir da rotina de trabalho no laboratório, quais EPIs melhor se enquadram no desenvolvimento da atividade do trabalhador na operação das máquinas supracitadas na avaliação de risco.

Para além do uso de equipamentos de proteção individual, é necessário, como afirma NR12, a sinalização, com símbolos e inscrições, de segurança nos equipamentos que apresentam algum risco para os colaboradores. Essa sinalização precisa ser específica, indicando claramente o risco e a parte da máquina ou equipamento a que se referem.

“12.116. As máquinas e equipamentos, bem como as instalações em que se encontram, devem possuir sinalização de segurança para advertir os trabalhadores e terceiros sobre os riscos a que estão expostos, as instruções de operação e manutenção e outras informações necessárias para garantir a integridade física e a saúde dos trabalhadores.”  
(MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO, 2011)

Assim, é preciso que nos equipamentos Moinho, Farinógrafo, Extensógrafo, Glutomatic seja sinalizado, de forma clara e objetiva, o risco de ferimentos e mutilações; nos equipamentos Glutomatic, Falling Number e Banho Termostático o risco de queimaduras; em áreas de chão molhado, o risco de queda; nos equipamentos Moinho, Agitador de Peneiras, Glutomatic, Falling Number, o risco de ruídos

É possível, ainda, segundo a NR6, para prevenir o risco de quedas em chão molhado o uso de calçado para proteção dos pés e pernas contra umidade proveniente de operações com uso de água. (MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO, 2010). Contudo, é preciso avaliar o motivo do chão permanecer molhado. O ideal seria evitar o cenário de chão molhado e escorregadio, utilizando EPI apenas se o chão molhado for uma necessidade do processo.

Como proteção individual para a névoa de pó, pode ser utilizado uma peça semifacial filtrante (PFF1) para proteção das vias respiratórias contra poeiras e névoas (MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO, 2010).

Contudo, a proteção coletiva e a segurança de processos acerca da névoa de amiláceos é muito importante e precisa ser considerada. Como exemplo de catástrofe na indústria acarretada pela combustão da névoa de alimentos tem-se o acidente da Imperial Sugar nos Estados Unidos em 2008. A empresa não possuía sistemas eficazes de coleta da nuvem de açúcar em muitas áreas e, em algumas localidades, era inexistente. Houve o enclausuramento, por meio de painéis de aço, da correia transportadora de açúcar, a fim de evitar sua dispersão em nuvem - porém sem a instalação do sistema de coleta nessa etapa do transporte. Montes de açúcar, no interior da cadeia, se acumularam e bloquearam as calhas de descarga. Sem a ventilação adequada, a nuvem de poeira, com grande concentração de açúcar, encontrou uma fonte de ignição, provocando uma grande explosão que se propagou por toda a fábrica e a destruiu completamente (CSB, 2009).

Nesse sentido, é importante que o ambiente seja ventilado para evitar uma nuvem de poeira com elevada concentração de cereais, assim como é necessário que a limpeza seja muito frequente. Além disso, pode empregar-se sistemas de exaustão de pós – que capturam a nuvem na sua fonte de liberação - assim como podem ser utilizados pulverizadores de água/nebulizadores de água de menor porte que são capazes de precipitar as partículas de poeira evitando sua dispersão.

### **6.2.2 Área de Processamento de Massa**

A Tabela 6 apresenta os riscos físicos existentes na área de processamento de massa. Os riscos são classificados em ruído, vibrações e frio. Suas fontes são descritas, assim como as medidas de proteção que podem ser utilizadas.

Tabela 6 – Riscos Físicos da Área de Processamento de Massa

<b>Risco Físico (médio a grande)</b>	<b>Fontes</b>	<b>Medidas de prevenção/proteção</b>
<b>Ruído</b>	Equipamentos: máquina de gelo, masseira, batedeira, modeladora, ultracongelador, laminadora, moldadeira, pastaia, fatiadeira	Uso de protetor auricular quando a permanência no local com os equipamentos ligados ultrapassar 1 h
<b>Vibrações/Trepidações</b>	Equipamentos: máquina de gelo, masseira, batedeira, modeladora, laminadora, moldadeira, pastaia, fatiadeira	Fixar base dos equipamentos nas bancadas e no piso / Obs.: Fatiadeira projetada para vibrar, impossível retirar trepidação
<b>Frio</b>	Equipamento: ultracongelador	Utilização de luva térmica

A Tabela 7 expõe o risco químico presente na área de processamento de massa.

Tabela 7 – Riscos Químicos da Área de Processamento de Massa

<b>Risco químico (pequeno)</b>	<b>Fontes</b>	<b>Medidas de prevenção/proteção</b>
<b>Névoa de pó</b>	Equipamento: masseira, batedeira, pastaia	-

A Tabela 8 evidencia os riscos biológicos existentes na área de processamento de massa - os quais são categorizados em proliferação de microrganismos e presença de pragas - suas possíveis fontes e formas de prevenção.

Tabela 8 – Riscos Biológicos da Área de Processamento de Massa

<b>Risco biológico (pequeno)</b>	<b>Fontes</b>	<b>Medidas de prevenção/proteção</b>
<b>Proliferação de microrganismos patogênicos</b>	Equipamentos higienizados inadequadamente	Higienização adequada
<b>Presença de pragas (insetos e roedores)</b>	Devido ao tipo de material processado no local	Emprego de ralos tampados e de proteção na abertura inferior das portas. Emprego de programa de controle de pragas.

As Tabelas 9 e 10 apresenta os riscos ergonômicos e de acidentes, respectivamente, e suas fontes e formas de prevenção.

Tabela 9 – Riscos Ergonômicos da Área de Processamento de Massa

<b>Risco ergonômico (pequeno a médio)</b>	<b>Fontes</b>	<b>Medidas de prevenção/proteção</b>
<b>Postura de trabalho</b>	Altura dos equipamentos e bancadas x altura da pessoa em pé	Fazer intervalos de descanso durante o período de trabalho
<b>Levantamento e transporte manual de peso</b>	Equipamentos: máquina de gelo, masseira, batedeira, modeladora, câmara de fermentação, carrinho de fermentação, ultracongelador, laminadora, moldadeira, pastaia, fatiadeira, seladora	Fazer intervalos de descanso durante o período de trabalho
<b>Monotomia e repetitividade</b>	Equipamentos: modeladora, fatiadeira, seladora	Fazer intervalos de descanso durante o período de trabalho
<b>Estresse físico e psíquico</b>	Equipamentos: máquina de gelo, masseira, batedeira, modeladora, ultracongelador, laminadora, moldadeira, pastaia, fatiadeira, seladora	Fazer intervalos de descanso durante o período de trabalho

Tabela 10 – Riscos de Acidentes da Área de Processamento de Massa

<b>Risco de Acidentes (médio a grande)</b>	<b>Fontes</b>	<b>Medidas de prevenção/proteção</b>
<b>Ferimento/mutilação membros superiores</b>	Equipamentos: masseira, divisora, batedeira, modeladora, laminadora, moldadeira, pastaia, fatiadeira	Utilização de equipamentos que atendam a NR12
<b>Queimadura</b>	Equipamentos: seladora, microondas	Emprego de luva térmica
<b>Queda</b>	Piso molhado	Secagem do piso assim que umidecido / Uso de sapato de segurança

Para além das medidas de proteção individual destacadas na análise de risco, tal como nos comentários na Área de Moagem, os equipamentos que apresentem qualquer tipo de risco ao trabalhador devem possuir o alerta para o risco específico, como já supracitado.

A fim de evitar queimaduras nos membros superiores podem ser empregadas, além de luvas térmicas, mangas para proteção do braço e do antebraço contra agentes térmicos.

### 6.2.3 Área Quente

A Tabela 11 apresenta os riscos físicos existentes na área quente. Os riscos são classificados em ruído e calor. Suas fontes são descritas, assim como as medidas de proteção que podem ser utilizadas.

Tabela 11 – Riscos Físicos da Área Quente

<b>Riscos Físicos (médio a grande)</b>	<b>Fontes</b>	<b>Medidas de prevenção/proteção</b>
<b>Ruído</b>	Equipamentos: fornos, fritadeira, coifa	Uso de protetor auricular quando a permanência no local com os equipamentos ligados ultrapassar 1 h
<b>Calor</b>	Equipamentos: fornos, fritadeira, cooktop, máquina de biscoito wafer	Utilização de luva térmica

A Tabela 12 expõe o risco químico presente na área de moagem e sua fonte.

Tabela 12 – Riscos Químicos da Área Quente

<b>Riscos Químicos (pequeno)</b>	<b>Fontes</b>	<b>Medidas de prevenção/proteção</b>
<b>Vapores</b>	Equipamentos: fornos, fritadeira, cooktop, máquina de biscoito wafer	Utilização da coifa

A Tabela 13 evidencia os riscos biológicos existentes na área quente - os quais são categorizados em proliferação de microrganismos e presença de pragas - suas possíveis fontes e formas de prevenção.

Tabela 13 – Riscos Biológicos da Área Quente

<b>Riscos Biológicos (pequeno)</b>	<b>Fontes</b>	<b>Medidas de prevenção/proteção</b>
<b>Proliferação de microrganismos patógenos</b>	Equipamentos higienizados inadequadamente	Higienização adequada
<b>Presença de pragas (insetos e roedores)</b>	Devido ao tipo de material processado no local	Emprego de ralos tampados e de proteção na abertura inferior das portas. Emprego de programa de controle de pragas.

As Tabelas 14 e 15 apresentam, respectivamente, os riscos de ergonômicos e de acidentes, suas fontes e as medidas de prevenção que podem ser utilizadas.

Tabela 14– Riscos Ergonômicos da Área Quente

<b>Riscos Ergonômicos (pequeno)</b>	<b>Fontes</b>	<b>Medidas de prevenção/proteção</b>
<b>Postura de trabalho</b>	Altura dos equipamentos e bancadas x altura da pessoa em pé	Fazer intervalos durante o período de trabalho
<b>Levantamento e transporte manual de peso</b>	Equipamentos: fornos, fritadeira, cooktop, máquina de biscoito wafer	Fazer intervalos durante o período de trabalho
<b>Monotomia e repetividade</b>	Equipamentos: fritadeira, cooktop	Fazer intervalos de descanso durante o período de trabalho

Tabela 15 – Riscos de Acidentes da Área Quente

<b>Risco de Acidentes (médio a grande)</b>	<b>Fontes</b>	<b>Medidas de prevenção/proteção</b>
<b>Queimadura</b>	Equipamentos: fornos, cooktop, fritadeira, máquina biscoito wafer	Manter distância dos equipamentos durante seu funcionamento / Emprego de luva térmica
<b>Queda</b>	Piso molhado	Secagem do piso assim que umidecido / Uso de sapato de segurança
<b>Probabilidade de incêndio ou explosão</b>	Equipamento: fritadeira	Instalação de extintores de incêndio

A fritadeira é um dos equipamentos de maior risco numa cozinha industrial. De acordo com a NR12, as fritadeiras necessitam conter um termostato acoplado, garantindo que o óleo não seja aquecido pela resistência da fritadeira acima de 180°C. Acima de 180°C, há riscos de incêndio uma vez que o óleo se torna inflamável. Desse modo, é muito importante que o termostato esteja corretamente calibrado, assim como que, durante limpezas rotineiras do equipamento, os sensores não sejam danificados.

Além disso, quando os alimentos são fritos, estes liberam partículas e água, além de absorverem parte do óleo disponível. Caso não haja a limpeza e troca do óleo, o óleo pode alcançar níveis mais baixos do que o nível de água. Assim, a água, em contato com a resistência, ferve e se expande, provocando respingos de óleo fervente - o que pode gerar acidentes.

O risco de incêndio em decorrência da utilização da fritadeira configura-se como um incêndio de classe K, uma vez que envolve gordura e óleos voltados ao cozimento de alimentos em elevada temperatura - bastante comum nas cozinhas residenciais e nas industriais. É importante ressaltar que o combate de um incêndio classe K com água é extremamente equivocado e perigoso, o que pode provocar explosões. Para que haja o

controle de um incêndio de classe K, indica-se o abafamento por meio de mantas e a utilização de extintores classe K (SIMIANO, 2013).

O extintor classe K possui, em seu interior, um agente extintor de base alcalina que, ao entrar em contato com a gordura saturada presente nos equipamentos de cocção (como a fritadeira) à altas temperaturas, provoca uma reação de saponificação. Forma-se, portanto, uma espuma que consegue abafar o incêndio (BUCKA, 2014).

#### 6.2.4 Depósito

A tabela a seguir (Tabela 16) apresenta o risco químico existente no depósito e sua fonte.

Tabela 16 – Riscos Químicos do Depósito

Riscos Químicos (pequeno a médio)	Fontes	Medidas de prevenção/proteção
Névoa de pó	Equipamentos: balanças	-

A tabela a seguir (Tabela 17) apresenta os riscos físicos existentes no depósito. Os riscos são classificados em ruído e frio. Suas fontes são descritas, assim como as medidas de proteção que podem ser utilizadas.

Tabela 17 – Riscos Físicos do Depósito

Riscos Físicos (pequeno)	Fontes	Medidas de prevenção/proteção
Ruído	Equipamentos: freezer, geladeira	Uso de protetor auricular quando a permanência no local com os equipamentos ligados ultrapassar 1 h
Frio	Equipamentos: freezer	Utilização de luva térmica

A Tabela 18 evidencia os riscos biológicos existentes no depósito - os quais são categorizados em proliferação de microrganismos e presença de pragas - suas possíveis fontes e formas de prevenção.

Tabela 18 – Riscos Biológicos do Depósito

<b>Riscos Biológicos (pequeno)</b>	<b>Fontes</b>	<b>Medidas de prevenção/proteção</b>
<b>Proliferação de microrganismos patógenos</b>	Equipamentos higienizados inadequadamente / Matérias primas armazenadas inadequadamente	Higienização adequada / Manutenção dos materiais na temperatura adequada e pelo prazo de validade estabelecido na rotulagem do produto
<b>Presença de pragas (insetos e roedores)</b>	Devido ao tipo de material armazenado no local	Emprego de ralos tampados e de proteção na abertura inferior das portas. Emprego de programa de controle de pragas.

A Tabela 19 e 20 apresentam, respectivamente, os riscos de acidentes e ergonômicos, suas fontes e as medidas de prevenção que podem ser utilizadas.

Tabela 19 – Riscos de Acidente do Depósito

<b>Risco de Acidentes (pequeno)</b>	<b>Fontes</b>	<b>Medidas de prevenção/proteção</b>
<b>Queimadura</b>	Equipamentos: freezer	Emprego de luva térmica
<b>Queda</b>	Piso molhado	Secagem do piso assim que umidecido / Uso de sapato de segurança

Tabela 20 – Riscos Ergonômicos do Depósito

<b>Riscos Ergonômicos (pequeno)</b>	<b>Fontes</b>	<b>Medidas de prevenção/proteção</b>
<b>Postura de trabalho</b>	Altura dos equipamentos e bancadas x altura da pessoa em pé / Altura da cadeira ou banquetas x altura da bancada	Fazer intervalos durante o período de trabalho
<b>Levantamento e transporte manual de peso</b>	Equipamentos: geladeira, freezer, pallet, prateleira, balanças	Fazer intervalos durante o período de trabalho
<b>Monotonia e repetitividade</b>	Equipamentos: balanças	Fazer intervalos de descanso durante o período de trabalho

## 7 ESTUDO DE CASO: SPAR-H

Como já citado no capítulo anterior, um dos equipamentos utilizados no laboratório de alimentos é a fritadeira elétrica. De acordo com a análise de risco estudada, a fritadeira apresenta risco de incêndio e de explosão em sua utilização de médio a grande e, portanto, escolheu-se o cenário que envolve a operação desse equipamento para ser analisado pelo método SPAR-H.

Para quantificar a probabilidade de ocorrência de algum evento de falha humana (EFH) durante a operação da fritadeira pode-se aplicar a metodologia SPAR-H. Vale lembrar que, como o laboratório ainda está em sua fase de estruturação, não há informações específicas sobre os trabalhadores e suas funções. Portanto, tal metodologia será aplicada com o objetivo de analisar os valores de probabilidade da ocorrência de um EFH quando as variáveis do método são alteradas.

A função de operar a fritadeira envolve características cognitivas e de ação, tais como:

- 1) Ligar o aparelho; (tarefa de ação)
- 2) Adicionar o óleo (tarefa de ação)
- 3) Checar se o nível do óleo está correto (tarefa cognitiva)
- 4) Verificar se não há água ou muitas partículas de amiláceos no interior da fritadeira (tarefa cognitiva)
- 5) Aquecer o óleo na temperatura correta (tarefa de ação)
- 6) Adicionar o alimento na quantidade padronizada e fritá-lo durante o tempo pré-estabelecido (tarefa de ação)
- 7) Retirar o alimento da fritadeira (tarefa de ação)
- 8) Durante o processo, visualizar e interpretar sinais/indicações do display do aparelho (tarefa cognitiva e de ação)

Assume-se, para esse cálculo que o trabalhador é responsável pela operação apenas da fritadeira, assim como será utilizada a equação 5.2. A atividade que será considerada para o cálculo da probabilidade de um Evento de Falha Humana é a atividade 8.

Quando todos os Fatores de Desempenho Humano são categorizados como nominal (multiplicador = 1), a probabilidade de ocorrência de um Evento de Falha Humana é sempre o mesmo: (NUERG-6883, 2005)

- Probabilidade de Erro na Diagnose (PED) Nominal:  $0,01 \times 1 = 0,01 = 1\%$
- Probabilidade de Erro na Ação (PEA) Nominal:  $0,001 \times 1 = 0,001 = 0,1\%$
- Probabilidade Total de Erro Humano – utilizando-se o cenário de um colaborador com classificação nominal para o trabalho:

$$P(ED \cup EA) = P(ED) + P(EA) - P(ED \cap EA)$$

$$P(ED \cup EA) = 0,01 + 0,001 - (0,01 \times 0,001) = 0,011 - 0,00001 = 0,01099 = \mathbf{1,099\% \text{ de probabilidade de EFH.}}$$

#### Avaliação dos Fatores de Desempenho Humano (FDHs):

Variando apenas o tempo disponível, deixando as outras variáveis com o valor nominal (multiplicador = 1), pode-se obter o impacto do tempo na probabilidade de ocorrência de um EFH.

##### 1. Tempo disponível

- Tempo pouco adequado, Multiplicador = 10
- Tempo extra, Multiplicador = 0,1
- Tempo expansivo, Multiplicador = 0,001 (NUERG-6883, 2005)

Se o tempo for inadequado, a probabilidade de erro, de acordo com o SPAR-H é de 100%, portanto não se considera esse cenário.

O método SPAR-H evidencia duas possíveis probabilidades para um EFH: (NUERG-6883, 2005)

- Probabilidade de Erro na Diagnose (PED) = **0,01** (relacionado às características cognitivas do processo)
- Probabilidade de Erro na Ação (PEA) = **0,001** (relacionado às características de ação de operação)

Aplicando os multiplicadores que consideram os fatores de desempenho humano (FDHs):

- A. Probabilidade de Erro na Diagnose (Tempo pouco adequado):  $0,01 \times 10 \times 1 = 0,1 = 10\%$
- B. Probabilidade de Erro na Diagnose (Tempo extra):  $0,01 \times 0,1 \times 1 = 0,001 = 0,1\%$
- C. Probabilidade de Erro na Diagnose (Tempo expansivo):  $0,01 \times 0,01 \times 1 = 0,0001 = 0,01\%$
- D. Probabilidade de Erro na Ação (Tempo pouco adequado):  $0,001 \times 10 \times 1 = 0,01 = 1\%$
- E. Probabilidade de Erro na Ação (Tempo extra):  $0,001 \times 0,1 \times 1 = 0,0001 = 0,01\%$
- F. Probabilidade de Erro na Ação (Tempo expansivo):  $0,001 \times 0,01 \times 1 = 0,00001 = 0,001\%$

G. Probabilidade Total de Erro Humano – utilizando-se o pior cenário (Tempo pouco adequado)

$$P(ED \cup EA) = P(ED) + P(EA) - P(ED \cap EA)$$

$$P(ED \cup EA) = 0,1 + 0,01 - (0,1 \times 0,01) = 0,11 - 0,001 = 0,109 = \mathbf{10,9\%}$$

de chance de Erro Humano quando o tempo para realizar todas as tarefa é pouco adequado.

H. Probabilidade Total de Erro Humano – utilizando-se o cenário Tempo Extra

$$P(ED \cup EA) = P(ED) + P(EA) - P(ED \cap EA)$$

$$P(ED \cup EA) = 0,001 + 0,0001 - (0,001 \times 0,0001) = 0,0011 - 0,0000001 = 0,0010999 = \mathbf{0,1099\%}$$

I. Probabilidade Total de Erro Humano – utilizando-se o cenário Tempo Expansivo

$$P(ED \cup EA) = P(ED) + P(EA) - P(ED \cap EA)$$

$$P(ED \cup EA) = 0,0001 + 0,00001 - (0,001 \times 0,00001) = 0,00011 - 0,0000001 = 0,0001099 = \mathbf{0,01099\%}$$

Como as tarefas cognitivas e as de ação estão correlacionadas, caso haja erro em alguma tarefa, esta comprometerá o processo como um todo. Desse modo, calcula-se a probabilidade total.

É importante ressaltar que as tarefas cognitivas e as tarefas de ação podem apresentar multiplicadores diferentes. Para que haja maior precisão no cálculo do erro, as tarefas semelhantes são separadas e agrupadas e, para cada um desses grupos, há a classificação dos Fatores de Desempenho Humano e há o cálculo da probabilidade. Assim, precisa-se com mais eficiência a probabilidade de determinada tarefa apresentar algum erro. Aqui, consideramos os mesmos multiplicadores para todas as tarefas uma vez que não possuímos informações aprofundadas sobre a operação da fritadeira.

- Variando o Nível de Estresse e Estressores, deixando as outras variáveis com o valor nominal (Multiplicador = 1)

## 2. Nível de Estresse e Estressores

- Extremo, Multiplicador = 5

- Alto, Multiplicador = 2 (NUERG-6883, 2005)

A. Probabilidade de Erro na Diagnose (Estresse extremo):  $0,01 \times 5 \times 1 = 0,05 = 5\%$

B. Probabilidade de Erro na Diagnose (Estresse alto):  $0,01 \times 2 \times 1 = 0,02 = 2\%$

C. Probabilidade de Erro na Ação (Estresse extremo):  $0,001 \times 5 \times 1 = 0,005 = 0,5\%$

D. Probabilidade de Erro na Ação (Estresse alto):  $0,001 \times 2 \times 1 = 0,002 = 0,2\%$

E. Probabilidade Total de Erro Humano – utilizando-se o pior cenário (Estresse extremo):

$$P(ED \cup EA) = P(ED) + P(EA) - P(ED \cap EA)$$

$$P(ED \cup EA) = 0,05 + 0,005 - (0,05 \times 0,005) = 0,055 - 0,00025 = 0,05475 = \mathbf{5,475\%}$$
 e probabilidade de Erro Humano quando as tarefas são realizadas em cenários de estresse extremo.

F. Probabilidade Total de Erro Humano – utilizando-se o cenário de estresse alto:

$$P(ED \cup EA) = P(ED) + P(EA) - P(ED \cap EA)$$

$$P(ED \cup EA) = 0,02 + 0,002 - (0,02 \times 0,002) = 0,022 - 0,00004 = 0,02196 = \mathbf{2,196\%}$$
 de probabilidade de Erro Humano quando as tarefas são realizadas em cenários de estresse alto.

➤ Variando a Complexidade da Tarefa, deixando as outras variáveis com o valor nominal (Multiplicador = 1)

### 3. Complexidade da Tarefa

- Complexidade alta, Multiplicador = 5

- Complexidade moderada, Multiplicador = 2

- Diagnóstico óbvio, Multiplicador = 0,1 (NUERG-6883, 2005)

A. Probabilidade de Erro na Diagnose (Complexidade alta):  $0,01 \times 5 \times 1 = 0,05 = 5\%$

B. Probabilidade de Erro na Diagnose (Complexidade moderada):  $0,01 \times 2 \times 1 = 0,02 = 2\%$

C. Probabilidade de Erro na Diagnose (Diagnóstico óbvio):  $0,01 \times 0,1 \times 1 = 0,001 = 0,1\%$

D. Probabilidade de Erro na Ação (Complexidade alta):  $0,001 \times 5 \times 1 = 0,005 = 0,5\%$

E. Probabilidade de Erro na Ação (Complexidade moderada):  $0,001 \times 2 \times 1 = 0,002 = 0,2\%$

F. Probabilidade de Erro na Ação (Diagnóstico óbvio):  $0,001 \times 0,1 \times 1 = 0,0001 = 0,01\%$

G. Probabilidade Total de Erro Humano – utilizando-se o pior cenário (Complexidade alta):

$$P(ED \cup EA) = P(ED) + P(EA) - P(ED \cap EA)$$

$$P(ED \cup EA) = 0,05 + 0,005 - (0,05 \times 0,005) = 0,055 - 0,00025 = 0,05475 = \mathbf{5,475\%}$$
 de probabilidade de Erro Humano quando a complexidade da tarefa é alta

H. Probabilidade Total de Erro Humano – utilizando-se o cenário de complexidade moderada

$$P(ED \cup EA) = P(ED) + P(EA) - P(ED \cap EA)$$

$$P(ED \cup EA) = 0,02 + 0,002 - (0,02 \times 0,002) = 0,022 - 0,00004 = 0,02196 = \mathbf{2,196\%}$$
 de probabilidade de Erro Humano quando a complexidade da tarefa é moderada

I. Probabilidade Total de Erro Humano – utilizando-se o cenário de diagnóstico óbvio

$$P(ED \cup EA) = P(ED) + P(EA) - P(ED \cap EA)$$

$$P(ED \cup EA) = 0,001 + 0,0001 - (0,001 \times 0,0001) = 0,0011 - 0,0000001 = 0,0010999 = \mathbf{0,10999\%}$$
 de probabilidade de Erro Humano quando o diagnóstico é óbvio.

- Variando o nível e experiência e treinamento, deixando as outras variáveis com o valor nominal (Multiplicador = 1)

#### 4. Experiência e Treinamento

- Pouca experiência, Multiplicador = 3

- Muita experiência, Multiplicador = 0,5 (NUERG-6883, 2005)

A. Probabilidade de Erro na Diagnose (Pouca experiência):  $0,01 \times 3 \times 1 = 0,03 = 3\%$

B. Probabilidade de Erro na Diagnose (Muita experiência):  $0,01 \times 0,5 \times 1 = 0,005 = 0,5\%$

C. Probabilidade de Erro na Ação (Pouca experiência):  $0,001 \times 3 \times 1 = 0,003 = 0,3\%$

D. Probabilidade de Erro na Ação (Muita experiência):  $0,001 \times 0,5 \times 1 = 0,0005 = 0,05\%$

E. Probabilidade Total de Erro Humano – utilizando-se o pior cenário (Pouca experiência):

$$P(ED \cup EA) = P(ED) + P(EA) - P(ED \cap EA)$$

$$P(ED \cup EA) = 0,03 + 0,003 - (0,03 \times 0,003) = 0,033 - 0,00009 = 0,03291 = \mathbf{3,291\%}$$
 de probabilidade de EFH quando o colaborador possui pouca experiência.

F. Probabilidade Total de Erro Humano – utilizando-se o cenário de muita experiência:

$$P(ED \cup EA) = P(ED) + P(EA) - P(ED \cap EA)$$

$$P(ED \cup EA) = 0,0005 + 0,005 - (0,0005 \times 0,005) = 0,0055 - 0,0000025 = 0,0054975 = \mathbf{0,54975\%}$$
 de probabilidade de EFH quando o colaborador possui muita experiência.

➤ Variando o nível procedimentos de processos, deixando as outras variáveis com o valor nominal (Multiplicador = 1)

### 5. Procedimentos

- Ausência de procedimentos, Multiplicador = 50

- Incompleto, Multiplicador = 20

- Disponível, porém defasado, Multiplicador = 5

- Diagnóstico guiado pelos sintomas, Multiplicador = (NUERG-6883, 2005)

- A. Probabilidade de Erro na Diagnose (Ausência de procedimento):  $0,01 \times 50 \times 1 = 0,5 = 50\%$
- B. Probabilidade de Erro na Diagnose (Incompleto):  $0,01 \times 20 \times 1 = 0,2 = 20\%$
- C. Probabilidade de Erro na Diagnose (Defasado):  $0,01 \times 5 \times 1 = 0,05 = 5\%$
- D. Probabilidade de Erro na Ação (Ausência de procedimento):  $0,001 \times 50 \times 1 = 0,05 = 5\%$
- E. Probabilidade de Erro na Ação (Incompleto):  $0,001 \times 20 \times 1 = 0,02 = 2\%$
- F. Probabilidade de Erro na Ação (Defasado):  $0,001 \times 5 \times 1 = 0,005 = 0,5\%$

G. Probabilidade Total de Erro Humano – utilizando-se o cenário de ausência de procedimento:

$$P(ED \cup EA) = P(ED) + P(EA) - P(ED \cap EA)$$

$P(ED \cup EA) = 0,5 + 0,05 - (0,5 \times 0,05) = 0,55 - 0,025 = 0,525 = 52,5\%$  de probabilidade de EFH quando o processo não é procedimentado.

H. Probabilidade Total de Erro Humano – utilizando-se o cenário de procedimentos incompletos:

$$P(ED \cup EA) = P(ED) + P(EA) - P(ED \cap EA)$$

$P(ED \cup EA) = 0,2 + 0,02 - (0,2 \times 0,02) = 0,22 - 0,004 = 0,216 = 21,6\%$  de probabilidade de EFH quando os procedimentos são incompletos.

I. Probabilidade Total de Erro Humano – utilizando-se o cenário de procedimentos defasados:

$$P(ED \cup EA) = P(ED) + P(EA) - P(ED \cap EA)$$

$$P(ED \cup EA) = 0,05 + 0,005 - (0,05 \times 0,005) = 0,055 - 0,00025 = 0,05474 = \mathbf{5,475\%}$$
 de probabilidade de EFH quando os procedimentos são defasados.

➤ Variando a classificação de Ergonomia e Interface Homem-Máquina, deixando as outras variáveis com o valor nominal (Multiplicador = 1)

#### 6. Ergonomia e Interface Homem-Máquina

- Errôneo, Multiplicador = 50

- Pobre, Multiplicador = 10

- Bom, Multiplicador = 0,5 (NUERG-6883, 2005)

A. Probabilidade de Erro na Diagnose (Errôneo):  $0,01 \times 50 \times 1 = 0,5 = \mathbf{50\%}$

B. Probabilidade de Erro na Diagnose (Pobre):  $0,01 \times 10 \times 1 = 0,1 = \mathbf{10\%}$

C. Probabilidade de Erro na Diagnose (Bom):  $0,01 \times 0,5 \times 1 = 0,005 = 0,5\%$

D. Probabilidade de Erro na Ação (Errôneo):  $0,001 \times 50 \times 1 = 0,05 = 5\%$

E. Probabilidade de Erro na Ação (Pobre):  $0,001 \times 10 \times 1 = 0,01 = 1\%$

F. Probabilidade de Erro na Ação (Bom):  $0,001 \times 0,5 \times 1 = 0,0005 = 0,05\%$

G. Probabilidade Total de Erro Humano – utilizando-se o cenário de Ergonomia e Interface Homem-Máquina errôneo:

$$P(ED \cup EA) = P(ED) + P(EA) - P(ED \cap EA)$$

$P(ED \cup EA) = 0,5 + 0,05 - (0,5 \times 0,05) = 0,55 - 0,025 = 0,525 = 52,5\%$  de probabilidade de EFH quando a IHM é errônea.

H. Probabilidade Total de Erro Humano – utilizando-se o cenário de Ergonomia e Interface Homem-Máquina pobre:

$$P(ED \cup EA) = P(ED) + P(EA) - P(ED \cap EA)$$

$P(ED \cup EA) = 0,1 + 0,01 - (0,1 \times 0,01) = 0,11 - 0,001 = 0,109 = 10,9\%$  de probabilidade de EFH quando os procedimentos são incompletos.

I. Probabilidade Total de Erro Humano – utilizando-se o cenário de Ergonomia e Interface Homem-Máquina bom:

$$P(ED \cup EA) = P(ED) + P(EA) - P(ED \cap EA)$$

$P(ED \cup EA) = 0,005 + 0,0005 - (0,005 \times 0,0005) = 0,0055 - 0,0000025 = 0,0054975 = 0,54975\%$  de probabilidade de EFH quando os procedimentos são defasados.

➤ Variando a classificação de Aptidão para o Trabalho/Tarefa, deixando as outras variáveis com o valor nominal (Multiplicador = 1)

### 7. Aptidão para o Trabalho/Tarefa

- Não apto, nesse caso, a probabilidade de que haja um EFH é de 100%
- Pouco apto, Multiplicador = 5
- Nominal, Multiplicador = 1 (NUERG-6883, 2005)

A. Probabilidade de Erro na Diagnose (Pouco apto):  $0,01 \times 5 \times 1 = 0,05 = 5\%$

B. Probabilidade de Erro na Diagnose (Nominal):  $0,01 \times 1 = 0,01 = 1\%$

C. Probabilidade de Erro na Ação (Pouco apto):  $0,001 \times 5 \times 1 = 0,005 = 0,5\%$

D. Probabilidade de Erro na Ação (Nominal):  $0,001 \times 1 = 0,001 = 0,1\%$

E. Probabilidade Total de Erro Humano – utilizando-se o cenário de um colaborador pouco apto para o trabalho:

$$P(ED \cup EA) = P(ED) + P(EA) - P(ED \cap EA)$$

$$P(ED \cup EA) = 0,05 + 0,005 - (0,05 \times 0,005) = 0,055 - 0,00025 = 0,05474 = \mathbf{5,475\%}$$
 de probabilidade de EFH.

F. Probabilidade Total de Erro Humano – utilizando-se o cenário de um colaborador com classificação nominal para o trabalho:

$$P(ED \cup EA) = P(ED) + P(EA) - P(ED \cap EA)$$

$$P(ED \cup EA) = 0,01 + 0,001 - (0,01 \times 0,001) = 0,011 - 0,00001 = 0,01099 = \mathbf{1,099\%}$$
 de probabilidade de EFH.

➤ . Variando a classificação de Aptidão para o Trabalho/Tarefa, deixando as outras variáveis com o valor nominal (Multiplicador = 1)

### 8. Processos de Trabalho

- Pobre, Multiplicador = 2

- Bom, Multiplicador = 0,8 (NUERG-6883, 2005)

A. Probabilidade de Erro na Diagnose (Pobre):  $0,01 \times 2 \times 1 = 0,02 = 2\%$

B. Probabilidade de Erro na Diagnose (Bom):  $0,01 \times 0,8 \times 1 = 0,008 = 0,8\%$

C. Probabilidade de Erro na Ação (Pobre):  $0,001 \times 2 \times 1 = 0,002 = 0,2\%$

D. Probabilidade de Erro na Ação (Bom):  $0,001 \times 0,8 \times 1 = 0,0008 = 0,08\%$

E. Probabilidade Total de Erro Humano - utilizando-se o cenário de processos pobres

$$P(ED \cup EA) = P(ED) + P(EA) - P(ED \cap EA)$$

$$P(ED \cup EA) = 0,02 + 0,002 - (0,02 \times 0,002) = 0,022 - 0,00004 = 0,02196 = \mathbf{2,196\%}$$
 de probabilidade de Erro Humano.

F. Probabilidade Total de Erro Humano - utilizando-se o cenário de processos bons.

$$P(ED \cup EA) = P(ED) + P(EA) - P(ED \cap EA)$$

$$P(ED \cup EA) = 0,008 + 0,0008 - (0,008 \times 0,0008) = 0,0088 - 0,0000064 = 0,0087936 = \mathbf{0,87936\%}$$
 de probabilidade de Erro Humano.

A Tabela 21 evidencia que o tempo disponível para a realização de tarefas é um Fator de Desempenho Humano crucial na probabilidade de ocorrência de um Evento de Falha Humana.

Tabela 21 - Impacto do Tempo Disponível na probabilidade de um EFH

Tempo	Probabilidade de EFH
Inadequado	<b>100%</b>
Pouco Adequado	<b>10%</b>
Nominal	<b>1,099%</b>
Extra	0,1%
Expansivo	0,01%

Desse modo, é necessário que o tempo disponível para a realização da tarefa seja, pelo menos, nominal, ou seja, o tempo disponível é igual ao tempo requerido mais uma margem extra de tempo.

A Tabela 22 expõe que o impacto do estresse para a probabilidade de um EFH é baixo. Vale considerar, ainda, que o ambiente laboratorial é um espaço com menor

propensão para ocorrências de situações continuamente estressante quando comparado com a indústria.

Tabela 22 - Impacto do Estresse/Estressores na probabilidade de um EFH

<b>Estresse e Estressores</b>	<b>Probabilidade de EFH</b>
Extremo	5,475%
Alto	2,196%
Nominal	<b>1,099%</b>

A Tabela 23 trata da influência da complexidade da tarefa na probabilidade de um EFH. É visto que, mesmo com a complexidade alta, a probabilidade não é crítica.

Tabela 23 - Impacto da Complexidade da Tarefa na probabilidade de um EFH

<b>Complexidade da Tarefa</b>	<b>Probabilidade de EFH</b>
Alta	5,475%
Moderada	2,196%
Nominal	<b>1,099%</b>
Diagnóstico óbvio	0,10999%

A tabela 24 explicita que a experiência/treinamento também não impactam tão significativamente na probabilidade de EFH quanto outros FDHs. Ainda assim, a probabilidade de uma pessoa pouco treinada se envolver num EFH é três vezes maior do que uma pessoa treinada.

Tabela 24 - Impacto da Experiência/Treinamento na probabilidade de um EFH

<b>Experiência/Treinamento</b>	<b>Probabilidade de EFH</b>
Pouca	3,291%
Nominal	<b>1,099%</b>
Muita	0,54975%

Os valores de probabilidade da Tabela 25 mostram que a relevância dos procedimentos para a ocorrência de um EFH é extremamente alta. Nesse sentido, é um FDH crucial que precisa ser considerado durante a estruturação da gestão de segurança do laboratório.

Tabela 25 - Impacto dos Procedimentos na probabilidade de um EFH

<b>Procedimentos</b>	<b>Probabilidade de EFH</b>
Ausente	<b>52,5%</b>
Incompleto	<b>21,6%</b>
Disponível, porém defasado	5,475%
Nominal	<b>1,099%</b>

A tabela 26 apresenta, também, que o impacto da ergonomia e da IHM na probabilidade de erro humano é muito alta. Contudo, como os equipamentos da planta piloto possuem uma menor escala e uma frequência de uso em comparação à indústria, a relevância desse FDH é menor. Ainda assim, é necessário avaliar a influência desse FDH na rotina dos trabalhadores.

Tabela 26 - Impacto da Ergonomia e IHM na probabilidade de um EFH

<b>Ergonomia e IHM</b>	<b>Probabilidade de EFH</b>
Errôneo	<b>52,5%</b>
Pobre	<b>10,9%</b>
Nominal	<b>1,099%</b>
Bom	0,54975%

A Tabela 27 aponta que um indivíduo que não é capaz de realizar as tarefas requeridas em decorrência de alguma doença ou de alguma incapacidade física ou mental levará a um EFH. Assim, é importante avaliar, com frequência, a aptidão dos colaboradores para as suas atividades.

Tabela 27 - Impacto da Aptidão para o trabalho na probabilidade de um EFH

<b>Aptidão para o trabalho/tarefa</b>	<b>Probabilidade de EFH</b>
Não apto	<b>100%</b>
Pouco Apto	5,475%
Nominal	<b>1,099%</b>

A tabela 28 expõe que os processos de trabalho não impactam de forma tão crucial a probabilidade de um EFH em comparação aos outros FDHs.

Tabela 28 - Impacto dos Processos na probabilidade de um EFH

<b>Processos</b>	<b>Probabilidade de EFH</b>
Pobre	2,196%
Nominal	<b>1,099%</b>
Bom	0,87936%

### **7.1 Aplicação do Método RBPS para o laboratório**

A partir dos valores de probabilidade encontrados por meio da utilização do método SPAR-H, evidencia-se quais aspectos, que envolvem o processo de produção, os quais devem ser estudados de forma mais cautelosa a fim de evitar acidentes e incidentes no laboratório.

O Fatores de Desempenho Humano que apresentam probabilidade acima de 10% serão considerados mais críticos no sentido de provocar um Evento de Falha Humana e, portanto, serão analisados a partir do método RBPS.

A presença de procedimentos no ambiente de trabalho é um dos principais fatores responsáveis por uma gestão de segurança eficaz. Assim, assume-se que existe uma forma correta de realizar as atividades, a qual diminui a chance de acidentes e incidentes. Desse modo, as principais atividades e as de maiores riscos levantadas na análise de risco necessitam ser procedimentadas, como sugere o RBPS, a fim de que as funções sejam desempenhadas da mesma maneira, evitando, dessa forma, riscos desnecessários. É preciso, ainda, que os procedimentos sejam escritos e documentados de forma clara e objetiva, evidenciando os principais riscos das atividades para a compreensão dos trabalhadores, assim como a maneira que estas devem ser realizadas.

Todos os colaboradores devem ser treinados para a função que irão exercer, o que levará ao domínio acerca dos procedimentos pertencentes a sua atividade.

Segundo a norma NR12, essas capacitações devem ocorrer antes que o colaborador assuma sua função e sem qualquer ônus para o empregado. Os treinamentos devem possuir carga horária mínima que assegure que os trabalhadores executem sua atividade com eficiência e segurança – as horas de treinamento devem ser distribuídas no máximo em jornadas de oito horas diárias, durante o horário de trabalho.

“O curso de capacitação deve ser específico para o tipo máquina em que o operador irá exercer suas funções e atender ao seguinte conteúdo programático:

- a) Histórico da regulamentação de segurança sobre a máquina especificada;
- b) Descrição e funcionamento;
- c) Riscos na operação;
- d) Principais áreas de perigo;
- e) Medidas e dispositivos de segurança para evitar acidentes;
- f) Proteções - portas, e distâncias de segurança;
- g) Exigências mínimas de segurança previstas nesta Norma e na NR 10;
- h) Medidas de segurança para injetoras elétricas e hidráulicas de comando manual; e
- i) Demonstração prática dos perigos e dispositivos de segurança” (MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO, 2011).

Como já observado, a ausência de procedimentos numa atividade leva a uma probabilidade de 52,5% da ocorrência de um EFH. Dessa maneira, para além da existência de procedimentos para cada atividade no laboratório, é importante que estes procedimentos sejam acessíveis a todos os membros da equipe. Os procedimentos também devem ser revisados periodicamente a fim de observar se há fatores que possam ser aprimorados e se estes estão sendo, de fato, eficientes para o processo de produção.

Para que os trabalhadores permaneçam engajados em seguir procedimentos e normas do laboratório, é importante que haja uma cultura de segurança forte, edificada pelos seus líderes. Como destacado no pilar Comprometimento com a segurança de processos do RBPS, é importante que os trabalhadores sigam as normas, ainda que sem supervisão, assim como percebam a importância de seguir práticas seguras que garantam o bem-estar de todos.

Além disso, com uma cultura de segurança forte que valorize o bem-estar dos trabalhadores, estes se sentirão mais confortáveis em reportar doenças ou qualquer outra questão – capaz de deixá-los não aptos para o trabalho - que possa interferir em sua atividade. Como observado nos resultados do SPAR-H, é muito importante que o trabalhador esteja apto para trabalhar.

O tempo disponível para realizar atividades, como observado no método SPAR-H, é um Fator de Desempenho Humano crítico. Desenvolver tarefas em tempo pouco adequado pode levar a uma probabilidade de EFH de 10%. Dessa maneira, a cultura de segurança do

laboratório, assim como os procedimentos documentados, deve contemplar a necessidade de realizar as tarefas em tempo adequado para o trabalhador.

Cada tarefa possui um tempo adequado para ser realizada e este tempo deve ser estipulado conjuntamente com os procedimentos de trabalho. Tarefas desempenhadas de forma mais rápida do que o necessário tendem a ser exercidas de maneira descuidada, o que pode provocar acidentes.

Vale ressaltar ainda que, além da importância do tempo adequado estipulado para cada atividade, os períodos de descanso durante a jornada de trabalho são necessários a fim de que o colaborador esteja focado durante a realização de suas tarefas.

Ademais, é indicado que haja o controle da jornada de trabalho e que as horas extras sejam evitadas, uma vez que inúmeros acidentes ocorrem em virtude do cansaço do operador ao trabalhar várias horas consecutivas por muitos dias. Excessivas horas extras deixam pouco apto para realizar sua função.

A Ergonomia/Interface Homem – Máquina também é um aspecto crítico no processo, uma vez que uma IHM errônea pode levar a uma probabilidade de 52,5% de erro humano.

No pilar do RBPS, Gestão de Riscos, há a preocupação acerca da existência de uma IHM eficiente, estruturada de forma que seja capaz de coletar dados e potencializar, positivamente, as atividades do processo. Além disso, é necessário esclarecer quem irá controlar o equipamento e manterá as condições de processo seguras.

“As máquinas e equipamentos devem ser projetados, construídos e mantidos com observância aos os seguintes aspectos:

- a) atendimento da variabilidade das características antropométricas dos operadores;
- b) respeito às exigências posturais, cognitivas, movimentos e esforços físicos demandados pelos operadores;
- c) os componentes como monitores de vídeo, sinais e comandos, devem possibilitar a interação clara e precisa com o operador de forma a reduzir possibilidades de erros de interpretação ou retorno de informação;
- d) os comandos e indicadores devem representar, sempre que possível, a direção do movimento e demais efeitos correspondentes;
- e) os sistemas interativos, como ícones, símbolos e instruções devem ser coerentes em sua aparência e função;

- f) favorecimento do desempenho e a confiabilidade das operações, com redução da probabilidade de falhas na operação;
- g) redução da exigência de força, pressão, preensão, flexão, extensão ou torção dos segmentos corporais;
- h) a iluminação deve ser adequada e ficar disponível em situações de emergência, quando exigido o ingresso em seu interior” (MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO, 2011).

Ademais, como a planta piloto também será frequentada por alunos da universidade, é muito importante que os graduandos também sejam engajados na cultura de segurança do ambiente, tornando-se importante que estes também sejam treinados antes de exercer qualquer tipo de atividade no laboratório.

Com o objetivo de prevenir acidentes e incidentes de processos no local de trabalho, é importante estruturar indicadores pró - ativos, os quais evidenciam possíveis falhas na gestão de segurança do processo antes que acidentes ocorram.

Os indicadores sugeridos para o laboratório estão relacionados à análise de sensibilidade feita com o método SPAR-H, assim como às conclusões edificadas a partir do RBPS. Desse modo, espera-se indicadores que contemplem a questão do tempo disponível para a realização de tarefas, a presença de procedimentos, a aptidão para o trabalho, assim como a ergonomia/IHM.

Alguns indicadores pró -ativos que podem ser empregados são:

- Percentual de atividades procedimentadas;
- Percentual de pessoas capacitadas para as atividades procedimentadas;
- Somatório de horas extras realizadas no mês (relaciona-se à questão da aptidão para o trabalho como já supracitado)
- Avaliação periódica da ergonomia das atividades, tal como dos recursos de ergonomia.

A fim de observar se a gestão de segurança será, de fato, eficaz, é também importante adotar indicadores reativos, como:

- Número de acidentes no laboratório;
- Número de incidentes no laboratório

Para além de notificar os números de acidentes e incidentes, é indicado que estes sejam documentados de forma detalhada, como o objetivo de que o laboratório aprenda com seus erros e aprimore, desse modo, suas práticas. Ademais, ao documentar acidentes e incidentes, é possível observar se estes são reincidentes e, sobretudo, perceber as lacunas presentes na gestão de processos.

## 8 CONCLUSÃO

Por se tratar de um laboratório, a magnitude de acidentes é muito menor comparada à escala industrial. Contudo, é importante reforçar que a preocupação com a segurança dos processos e dos colaboradores é muito importante e é indicado que seja uma das prioridades do funcionamento do laboratório. Dessa maneira, a elaboração deste trabalho permite que algumas recomendações sejam feitas acerca da gestão de segurança que será implementada no laboratório.

A avaliação de risco estudada do laboratório é bem ampla e considera inúmeros riscos no processo. No entanto, não há menções a alguns aspectos de gestão de segurança, como o treinamento dos funcionários e a padronização dos procedimentos. Além disso, é possível adotar mais Equipamentos de Proteção Individual em tarefas críticas as quais podem gerar cortes e queimaduras nos colaboradores, assim como implementar indicadores focados nos parâmetros mais sensíveis do processo.

Como contribuição da análise de sensibilidade a partir do método SPAR-H, é evidente a urgência de que todas as tarefas da planta piloto sejam procedimentadas, bem como que os trabalhadores estejam aptos ao serviço, que os equipamentos sejam ergonômicos e possuam interfaces que auxiliem os colaboradores na diagnose de problemas. É necessário, ainda, que o tempo disponível para realizar as tarefas de forma adequada seja suficiente.

Ademais, considera-se importante atentar-se ao risco de nuvem de amiláceos, uma vez que, na indústria, essa conjuntura provocou acidentes significativos. Indica-se, portanto, a utilização de aparelhos que captam essa nuvem, como os exaustores e uma rotina de limpeza constante, a fim de evitar o depósito de pó no ambiente.

Uma cultura de segurança forte é capaz de influenciar positivamente os alunos que frequentarão o espaço e que, futuramente, farão parte da indústria alimentícia. Desse modo, cada vez mais, uma cultura de segurança forte e eficiente será parte da formação de novos engenheiros.

## REFERÊNCIAS

- AICHE, CCPS. (2015). Risked Based Process Safety overview.: *aiche.org*: Disponível em: [https://www.aiche.org/sites/default/files/docs/embedded-pdf/risk\\_based\\_process\\_safety\\_overview.pdf](https://www.aiche.org/sites/default/files/docs/embedded-pdf/risk_based_process_safety_overview.pdf). Acesso em: jul. 2020
- BUCKA. (2014). O extintor classe K e os incêndios em cozinhas. Disponível em: <https://www.bucka.com.br/o-extintor-classe-k-e-os-incendios-em-cozinhas/> Acesso em: jul. 2020
- CCPS. (2015). *Risk Based Process Safety Overview*. Disponível em: *aiche.org*: [https://www.aiche.org/sites/default/files/docs/embedded-pdf/risk\\_based\\_process\\_safety\\_overview.pdf](https://www.aiche.org/sites/default/files/docs/embedded-pdf/risk_based_process_safety_overview.pdf) Acesso em: mar 2020
- CCPS. (2019). Indicadores de Segurança de Processo. *aiche.org*: Disponível em: [https://www.aiche.org/sites/default/files/docs/pages/ccps\\_process\\_safety\\_metrics\\_-\\_v3.1\\_-\\_pt\\_final.pdf](https://www.aiche.org/sites/default/files/docs/pages/ccps_process_safety_metrics_-_v3.1_-_pt_final.pdf) Acesso em: mar. 2020
- CETESB. (2020). Flixborough.: *cetesb.sp.gov*: Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/analise-risco-tecnologico/grandes-acidentes/flixborough/> Acesso em: jun. 2020
- Cicco, F. D. (2016). Entendendo a definição de ‘Risco’. Disponível em: <https://iso31000.net/>: <https://iso31000.net/definicao-de-risco-iso-31000/> Acesso em: maio 2020
- COSTA, K. (2016). Segurança de Processos Industriais: Comissão de análise e Gerenciamento de Riscos. *betaeq*: Disponível em: <https://betaeq.com.br/index.php/2016/08/30/seguranca-de-processos-industriais-comissao-de-analise-e-gerenciamento-de-riscos/> Acesso em: jul. 2020
- CSB. (2008). CSB Safety Video: Anatomy of a Disaster. youtube: Disponível em: [https://www.youtube.com/watch?v=XuJtdQOU\\_Z4](https://www.youtube.com/watch?v=XuJtdQOU_Z4) Acesso em: jun. 2020
- CSB. (2009). Inferno: Dust Explosion at Imperial Sugar. youtube: Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=Jg7mLSG-Yws> Acesso em: jul. 2020
- CSB. (2011). CSB Releases Investigation into 2010 Texas Tech Laboratory Accident; Case Study Identifies Systemic Deficiencies in University Safety Management Practices. *csb.gov*: Disponível em: <https://www.csb.gov/csb-releases-investigation-into-2010-texas-tech-laboratory-accident-case-study-identifies-systemic-deficiencies-in-university-safety-management-practices/> Acesso em: abril. 2020
- DuPont. (2016). The DuPont Bradley Curve | DuPont Sustainable Solutions. youtube: Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=tMoVi7vxxb0> Acesso em: mar. 2020
- DuPont. (2018). Infográfico - Curva de Bradley da DuPont™. DuPont: Disponível em: <https://www.consultdss.com.br/infografico-curva-de-bradley-da-dupont/> Acesso em: mar. 2020
- ESTRADA, J. A. (2008). Aspectos da Gestão da Mudança na implementação de um sistema de gestão de SMS: Um estudo de caso. . Niterói, Rj. Disponível em: <http://livros01.livrosgratis.com.br/cp091382.pdf> Acesso em: mar. 2020
- FERREIRA, C. C. (2013). Explosão em Refinaria de Açúcar - Georgia - EUA (2008). youtube: Disponível em: [https://www.youtube.com/watch?v=h3H93\\_taf4k](https://www.youtube.com/watch?v=h3H93_taf4k) Acesso em: jul. 2020
- GERMAIN, G. L. (2007). A Tribute to Frank E. Bird Jr. 1921-2007. The Journal of Safety, Health and Environmental Research. Acesso em Nov de 2019, disponível em <https://www.topves.nl/PDF/A%20Tribute%20to%20Frank%20E.%20Bird%20fin.pdf> Acesso em: jan. 2020
- ISABEL CRISTINA MÜLLER, M. F. (Dez de 2004). Tendência de acidentes em laboratórios de pesquisa. *Revista biotecnologia ciência & desenvolvimento*, 101-108. Disponível em:

[http://fcfrp.usp.br/cipa/campanhas/28\\_abril/artigo\\_tendencia\\_acidentes\\_em\\_laboratorios\\_de\\_pesquisa.pdf](http://fcfrp.usp.br/cipa/campanhas/28_abril/artigo_tendencia_acidentes_em_laboratorios_de_pesquisa.pdf) Acesso em: mar. 2020

- LAPA, R. P. (2017). Indicador de desempenho em segurança do trabalho. Disponível em: <http://segurancatemfuturo.com.br/index.php/2017/10/23/indicador-de-desempenho-em-seguranca-do-trabalho/> Acesso em: dez. 2019
- LUCAS FRATES SIMIANO, L. F. (2013). Manual de prevenção e combate a princípios de incêndio. educadores.diaadia.pr.gov.br: Disponível em: [http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/marco2015/cursobrigada/modulo6\\_cmbateincendios.pdf](http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/marco2015/cursobrigada/modulo6_cmbateincendios.pdf) Acesso em: jun. 2020
- MARSDEN, E. (2018). The Heinrich/Bird safety pyramid. risk-engineering: Disponível em: <https://risk-engineering.org/concept/Heinrich-Bird-accident-pyramid> Acesso em: fev. 2020
- MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. (2010). Norma Regulamentadora 6 - NR 6 - Lista de Equipamentos de Proteção Individual. guiatrabalhista: Disponível em: [http://www.guiatrabalhista.com.br/legislacao/nr/nr6\\_anexoI.htm#PROTE%C3%87%C3%83O\\_DO\\_TRONCO](http://www.guiatrabalhista.com.br/legislacao/nr/nr6_anexoI.htm#PROTE%C3%87%C3%83O_DO_TRONCO) Acesso em: jun. 2020
- MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. (2011). NR-12 – Segurança no trabalho em máquinas e equipamentos. guiatrabalhista: Disponível em: <http://www.guiatrabalhista.com.br/legislacao/nr/nr12.htm#Sinaliza%C3%A7%C3%A3o> Acesso em: jun. 2020
- NETO, A. D. (2016). Principais lições aprendidas no acidente de Bhopal. rsem: Disponível em: <https://www.rsem.com.br/artigo-principais-licoes-aprendidas-no-acidente-de-bhopal/> Acesso em: abril 2020
- NETO, A. D. (2019). Webinar Indicadores Proativos e reativos de segurança de processo. youtube: Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=n5awuysDbk&t=1s> Acesso em abril 2020
- NUERG-6883. (2005). The SPAR-H Human Reliability Analysis Method. Disponível em: <https://www.nrc.gov/reading-rm/doc-collections/nuregs/contract/cr6883/cr6883.pdf> Acesso em: jan. 2020
- NUREG-1792. (2004). Good Practices for Implementing Human Reliability Analysis (HRA). Disponível em: <https://www.nrc.gov/docs/ML0511/ML051160213.pdf> Acesso em: jan. 2020
- RIZZI, T. (2019). Pirâmide Bird e sua importância para a Saúde Ocupacional. closecare: Disponível em: <https://blog.closecare.com.br/a-importancia-da-piramide-bird-para-a-saude-ocupacional/> Acesso em: fev. 2020
- STEHLLING, M. M., REZENDE, L. D., CUNHA, L. M., PINHEIRO, T. M., HADDAD, J. P., & OLIVEIRA, P. R. (2012). Fatores de risco para a ocorrência de acidentes em laboratórios de ensino e pesquisa em uma universidade brasileira. *REME*, 107-112. Disponível em: <http://www.reme.org.br/artigo/detalhes/989> Acesso em: fev. 2020