

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
CEng – Centro de Engenharias
Curso de Engenharia de Produção



Trabalho de Conclusão de Curso

**SEGURANÇA DE PROCESSOS: GESTÃO DE RISCOS APLICADA EM UMA
INDÚSTRIA QUÍMICA DE FERTILIZANTES**

Lucas Almeida Tejada

Orientador:
Prof. Dr. Luis Antonio dos Santos Franz

Pelotas, Agosto de 2017

Lucas Almeida Tejada

**SEGURANÇA DE PROCESSOS: GESTÃO DE RISCOS APLICADA EM UMA
INDÚSTRIA QUÍMICA DE FERTILIZANTES**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso de Engenharia de Produção do
Centro de Engenharias – CEng – da
Universidade Federal de Pelotas, como
requisito parcial à obtenção do título de
Bacharel em Engenharia de Produção.

Orientador:
Prof. Dr. Luis Antonio dos Santos Franz

Pelotas, Agosto de 2017

Lucas Almeida Tejada

SEGURANÇA DE PROCESSOS: GESTÃO DE RISCOS APLICADA EM UMA INDÚSTRIA QUÍMICA DE FERTILIZANTES

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Produção do Centro de Engenharias – CEng – da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Data da defesa: 16 de Agosto de 2017

Banca examinadora:

Prof. Dr. Luis Antonio dos Santos Franz (Orientador)
Doutor em Engenharia de Produção pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e pela Universidade do Minho (Portugal).

Prof. Dr. Alejandro Martins Rodrigues
Doutor em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)

Prof. Dr. Gilson Simões Porciuncula
Doutor em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)

RESUMO

TEJADA, Lucas Almeida. Segurança de Processos: Gestão de Riscos Aplicada em uma Indústria Química de Fertilizantes. 2017. 132f. Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Graduação em Engenharia de Produção, CEng – Centro de Engenharias, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2017.

Com o aumento da demanda e das exigências cada vez mais específicas dos clientes, os processos tem se tornado mais perigosos e complexos no âmbito da indústria química. Neste contexto, a segurança industrial tornou-se parte do negócio das empresas, as quais tem buscado soluções de modo a minimizar os riscos à pessoas, produção e meio ambiente. Deste modo, a segurança de processos é de extrema importância dentro de qualquer ambiente industrial, uma vez que identifica perigos, analisa riscos e controla possíveis consequências que, se não gerenciadas, podem resultar em eventos catastróficos. Sendo assim, o presente trabalho apresenta o desenvolvimento da gestão de riscos dentro de uma indústria química de fertilizantes através da utilização de uma série de técnicas de identificação de perigos e análise e avaliação de riscos, as quais resultam na elevação do nível de integridade de segurança da instalação industrial, principalmente por meio da criação de barreiras de proteção, as quais eliminam riscos, ou os mitigam até padrões aceitáveis à segurança de processos.

Palavras-chave: segurança de processos, gestão de riscos, indústria química, produção de fertilizantes, HAZOP, HAZID.

ABSTRACT

TEJADA, Lucas Almeida. Segurança de Processos: Gestão de Riscos Aplicada em uma Indústria Química de Fertilizantes. 2017. 132f. Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Graduação em Engenharia de Produção, CEng – Centro de Engenharias, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2017.

With the increasing demand and increasingly specific customer requirements, processes have become more dangerous and complex within the chemical industry. In this context, industrial safety has become part of the business of companies, which has sought solutions in order to minimize risks to people, production and the environment. In this way, process safety is of utmost importance within any industrial environment, as it identifies hazards, analyzes risks and controls possible consequences that, if unmanaged, can result in catastrophic events. Thus, the present work presents the development of risk management within a chemical fertilizer industry through the use of a series of techniques for hazard identification and risk analysis and assessment, which results in a higher level of safety integrity of the industrial facility, mainly through the creation of protection barriers, which eliminate risks, or mitigate them to acceptable standards for process safety.

Palavras-chave: process safety, risk management, chemical industry, fertilizer production, HAZOP, HAZID.

SUMÁRIO

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | INTRODUÇÃO | 11 |
| 1.1 | Objetivos Geral e Específicos | 12 |
| 1.1.1 | Objetivo Geral..... | 12 |
| 1.1.2 | Objetivos Específicos..... | 13 |
| 1.2 | Justificativa | 13 |
| 1.3 | Limitações..... | 14 |
| 1.4 | Estrutura do Trabalho | 15 |
| 2 | REVISÃO TEÓRICA | 17 |
| 2.1 | A importância da Indústria de Fertilizantes | 17 |
| 2.2 | Segurança no contexto industrial: compreendendo alguns princípios importantes | 21 |
| 2.2.1 | Compreendendo os conceito de Perigo e Risco..... | 23 |
| 2.2.2 | Compreendendo os conceitos de Acidentes e Incidentes e suas diferenças | 25 |
| 2.2.3 | Segurança Ocupacional..... | 28 |
| 2.2.4 | Segurança de Processos..... | 31 |
| 2.3 | A Gestão de Riscos Aplicada a Processos..... | 36 |
| 2.4 | Alguns conceitos Importantes para Utilização de Técnicas aplicadas à Gestão de Riscos de Processos | 40 |
| 2.4.1 | HAZID (Identificação dos Perigos)..... | 44 |
| 2.4.2 | HAZOP (Análise de Perigos e Operabilidade)..... | 47 |
| 2.4.3 | LOPA/SIL (Análise das Camadas de Proteção / Nível de Integridade de Segurança) | 51 |
| 3 | PROPOSTA METODOLÓGICA | 56 |
| 3.1 | Etapas Metodológicas..... | 57 |
| 3.1.1 | Caracterização do Objeto de Estudo | 58 |

| | | |
|-------|---|-----|
| 3.1.2 | Levantamento dos perigos e riscos associados aos principais locais/sistemas da planta estudada e classificação dos locais críticos..... | 59 |
| 3.1.3 | Levantamento dos principais possíveis cenários de desvio do padrão normal de operação dos locais classificados como críticos e suas possíveis consequências..... | 64 |
| 3.1.4 | Análise das barreiras e determinação de meios de proteção | 67 |
| 3.1.5 | Análise qualitativa das dificuldades encontradas ao longo da aplicação das técnicas de gestão de riscos..... | 70 |
| 4 | RESULTADOS..... | 71 |
| 4.1 | Caracterização do Objeto de Estudo | 71 |
| 4.2 | Levantamento dos perigos e riscos associados aos principais locais/sistemas da planta estudada e classificação dos locais críticos..... | 74 |
| 4.3 | Levantamento dos principais possíveis cenários de desvio do padrão normal de operação dos locais classificados como críticos e suas possíveis consequências | 82 |
| 4.4 | Análise das barreiras de proteção necessárias e determinação do nível de integridade de segurança necessário ao sistema analisado..... | 96 |
| 4.5 | Determinação de meios de proteção de modo a eliminar os possíveis desvios de padrão de operação que possam comprometer a segurança de processo | 99 |
| 4.6 | Discussão crítica quanto aos caminhos e principais desafios presentes no contexto da implantação das técnicas de análise e priorização de riscos | 104 |
| 5 | CONCLUSÕES | 108 |
| 6 | REFERÊNCIAS | 110 |

LISTA DE FIGURAS

| | | |
|-----------|---|----|
| Figura 1 | Faturamento Líquido da Industria Química Brasileira (Em bilhões)..... | 19 |
| Figura 2 | Evolução do consumo de fertilizantes no Brasil | 20 |
| Figura 3 | Produção de Grãos, área plantada e consumo de NPK no Brasil..... | 21 |
| Figura 4 | Relação Perigo e Risco | 25 |
| Figura 5 | Acidentes de Trabalho no Brasil..... | 27 |
| Figura 6 | Classificação de Acidente de Processo..... | 34 |
| Figura 7 | Causas de Acidentes de Proceso na Indústria Química..... | 35 |
| Figura 8 | Quatro Pilares da Segurança de Processo | 36 |
| Figura 9 | Processo de gestão de riscos | 38 |
| Figura 10 | Etapas ISO 31000 | 39 |
| Figura 11 | Zonas de riscos | 41 |
| Figura 12 | Queijo Suíço – Falhas | 43 |
| Figura 13 | Queijo Suíço – Sem falhas | 43 |
| Figura 14 | Barreiras de Segurança..... | 44 |
| Figura 15 | Matriz de Classificação dos riscos do HAZID | 46 |
| Figura 16 | Fluxo de Aplicação de Técnicas para gestão de riscos..... | 47 |
| Figura 17 | Hierarquia das Barreiras de Segurança LOPA | 53 |
| Figura 18 | Nível SIL | 55 |
| Figura 19 | Fases de Pesquisa | 58 |
| Figura 20 | Planilha HAZID | 63 |
| Figura 21 | Planilha HAZID, segunda parte | 63 |
| Figura 22 | Frequência do evento inicial | 66 |
| Figura 23 | Escala de severidade HAZOP | 68 |
| Figura 24 | Nível de Integridade de Segurança necessário | 68 |
| Figura 25 | Analise das Barreiras de Segurança | 69 |
| Figura 26 | Fluxo de análise HAZID no local sob estudo | 74 |
| Figura 27 | Primeira parte do HAZID para o local sob estudo | 75 |
| Figura 28 | Segunda parte do HAZID para o local sob estudo | 76 |
| Figura 29 | Terceira parte do HAZID para o local sob estudo..... | 77 |
| Figura 30 | Relatório decorrente da aplicação do HAZID no setor de moagem | 78 |
| Figura 31 | Relatório decorrente da aplicação do HAZID no setor de acidulação 1 ... | 79 |
| Figura 32 | Relatório decorrente da aplicação do HAZID no setor de acidulação 2 ... | 79 |
| Figura 33 | Relatório decorrente da aplicação do HAZID no setor de granulação 1 ... | 80 |

| | |
|--|-----|
| Figura 34 Relatório decorrente da aplicação do HAZID no setor de granulação 2... | 81 |
| Figura 35 Relatório decorrente da aplicação do HAZID no setor de granulação 3... | 82 |
| Figura 36 Diagrama do Processo – Fornalha | 84 |
| Figura 37 Fornalha Nô 1 | 86 |
| Figura 38 Fornalha Nô 2 | 87 |
| Figura 39 HAZOP Nô 1 – Parte 1 | 88 |
| Figura 40 HAZOP Nô 1 - Parte 2 | 89 |
| Figura 41 HAZOP Nô 1 – Parte 3 | 90 |
| Figura 42 HAZOP Nô 2 – Parte 1 | 91 |
| Figura 43 HAZOP Nô 2 – Parte 2 | 92 |
| Figura 44 HAZOP Nô 2 – Parte 3 | 92 |
| Figura 45 HAZOP Nô 2 – Parte 5 | 94 |
| Figura 46 HAZOP Nô 2 – Parte 6 | 95 |
| Figura 47 resultados das análises das barreiras do nô 1 | 96 |
| Figura 48 barreiras de proteção do nô 2 | 97 |
| Figura 49 barreiras de proteção do nô 2 | 98 |
| Figura 50 barreiras de proteção do nô 2 | 98 |
| Figura 51 Lista de Recomendações – Nô 1..... | 100 |
| Figura 52 Lista de Recomendações – Nô 2..... | 102 |

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

- ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas
- ALARP As low as reasonably practicable (Tão reduzido quanto seja razoavelmente possível)
- HAZID Hazard identification(Identificação de perigos)
- HAZOP Hazard and operability(Análise de perigos e operabilidade)
- ISO International Organization for Standardization
- LOPA Layers of protection analysis (Análise de camadas de proteção)
- NBR Normas Brasileiras Regulamentadoras
- NPK Nitrogênio (N), Fósforo (P) e Potássio (K)
- NR Normas Regulamentadoras
- OHSAS Occupational Health and Safety Assessment Services
- OIT Organização Internacional do Trabalho
- OMS Organização Mundial da Saúde
- PCMSO Programa de Controle Médico e Saúde Ocupacional
- PDF Probabilidade de Falha Sob Demanda
- PPRA Programa de Prevenção de Riscos Ambientais
- SIL Safety integrated level (Nível integrado de segurança)
- SIPAT Semana Interna de Prevenção de Acidentes de Trabalho
- SST Segurança e Saúde do Trabalho

1 INTRODUÇÃO

A indústria química vem se desenvolvendo largamente ao longo do tempo, aumentando a produtividade e a diversidade de produtos gerados. Para que o mercado seja atendido em tempo satisfatório e com a qualidade do produto desejada, as unidades de produção têm tornado seus processos cada vez mais complexos, representando, na maioria das vezes, criação de novas fontes de perigo (ex.: pressão ou temperatura de operação mais altas). (MATOS, 2009)

Na proporção que o nível de produção aumenta, os riscos também crescem devido à manipulação de maiores quantidades de materiais perigosos. Também, novos produtos surgem no mercado para atender às necessidades da sociedade e isto leva ao aparecimento de novos riscos. Daí, surge a necessidade de empreender esforços em análises de risco para avaliar o potencial destes produtos e atividades causarem danos ao ser humano. (SILVA, 2009)

Uma análise dos eventos tecnológicos catastróficos ocorridos neste século mostra que a falha humana e a vulnerabilidade de programas de gerenciamento de riscos são contribuintes significativos para a concretização de acidentes potenciais. Em plantas e sistemas complexos nos quais a interface homem-máquina é grande, a possibilidade de falhas tende a ser maior. Deste modo, o conhecimento profundo dos perigos dos processos é de fundamental importância no treinamento de operadores, assim como na concepção e prática de planos mais eficazes de prevenção e gerenciamento dos riscos dos empreendimentos. (SAUER, 2000)

Além dos aspectos ocupacionais que envolvem expor o trabalhador à perigos, os aspectos econômicos são muito expressivos e merecem destaque. O Health and Safety Executive (HSE), órgão do governo britânico responsável pela SST no país, já indicava na década de 90 que o custo global de acidentes de trabalho é estimado entre, aproximadamente, 5 e 10% do lucro bruto sobre as vendas de todas as empresas britânicas, desconsiderando os acidentes que resultam apenas em danos materiais (NORTH, 1992).

Segundo a National Safety Council (NSC, 2003), organização norte-americana não governamental, existem nos EUA cerca de 13.000 mortes de

acidentes de trabalho por ano, e mais de 2 milhões de feridos com afastamento envolvendo um ou mais dias. Os prejuízos chegam a 30 bilhões de dólares.

Segundo a Confederation of British Industry (CBI, 1997), as faltas ao trabalho por doenças do trabalho representaram na indústria do Reino Unido um prejuízo anual de 20 bilhões de Euros.

Em 1993, as empresas da Alemanha pagaram aproximadamente 30,5 bilhões de Euros para cobrir os seguros pagos pela seguridade social do país por faltas ao trabalho (GRUNDEMANN; VAN VUREN, 1998). Segundo esses autores, nas 2.000 maiores empresas de Portugal houve uma perda de mais de 7,7 milhões de dias de trabalho resultante de doenças no ano de 1994, o que representa 5,5 % de todos os dias de trabalho dessas empresas.

Não obstante às questões econômicas, ZOCCHIO (2002) argumenta que os acidentes de trabalho são também um problema social, basta imaginar a quantidade de trabalhadores que ficaram incapazes de exercer a sua função devido à um acidente. Muitas vítimas sofrem, temporária ou permanentemente, redução de vencimentos que obriga as famílias a baixarem repentinamente o padrão de vida. Ainda, apesar da justiça que se pretende imprimir com o pagamento de indenizações às vítimas ou familiares, o valor indenizatório jamais compensa os danos físicos ou funcionais das vítimas, tampouco os repara. Essas situações e possíveis circunstâncias tornam-se cada vez mais destaque e justificativa nas campanhas e ações preventivas de acidentes.

Sendo assim, o presente trabalho possui como tema a segurança voltada a processos, através da identificação e avaliação dos riscos e cenários em uma indústria de fertilizantes.

1.1 Objetivos Geral e Específicos

1.1.1 *Objetivo Geral*

O presente trabalho tem por objetivo propor meios para a mitigação dos riscos prioritários no âmbito de uma planta química.

1.1.2 **Objetivos Específicos**

O objetivo geral apoia-se no alcance de alguns objetivos específicos, conforme segue:

- a. Desenvolver um detalhamento do local objeto de estudo, quanto aos seus perigos e riscos, destacando os locais críticos;
- b. Com base nos riscos prioritários, investigar todos os possíveis desvios críticos de operação, seus riscos e possíveis consequências que podem causar danos para pessoas, produção e/ou meio ambiente;
- c. Propor encaminhamentos para mitigação dos riscos e da ocorrência dos cenários críticos pré-identificados;
- d. Desenvolver uma discussão crítica quanto aos caminhos e principais desafios presentes no contexto da implantação das técnicas de análise e priorização de riscos do presente trabalho.

1.2 **Justificativa**

A segurança de processos é de extrema importância dentro de qualquer ambiente industrial, uma vez que identifica perigos, analisa riscos e controla possíveis consequências que, se não gerenciadas, podem resultar em eventos catastróficos. Neste sentido, as técnicas de análise de processos são úteis também na identificação de problemas de operabilidade dos sistemas, que mesmo que não sejam perigosos, possam causar perda de produção ou possam afetar a qualidade do produto ou a eficiência do processo.

Não obstante, Benit (2004) defende que diversos acidentes e grandes desastres ocorridos no mundo, divulgados intensamente pela mídia, têm deixado claro para todos os tipos de organizações que não basta se diferenciar no mercado pela competitividade e lucro. Também é necessário evidenciar e demonstrar de forma inequívoca às partes interessadas (indivíduos ou grupos que têm interesse ou podem ser afetados pelo desempenho da organização, como, por exemplo, os trabalhadores, clientes, acionistas, sociedade, governo, sindicatos, fornecedores e agentes financiadores) uma atuação ética e responsável quanto às condições de

segurança e saúde no ambiente de trabalho e quanto às suas inter-relações com o meio ambiente.

Dentre os fatores que mais contribuíram para isso encontram-se os grandes acidentes industriais como, por exemplo, a explosão na planta petroquímica AZF, em Toulouse/França em 2001, causada pelo nitrato de amoníaco, resulta em 30 mortos e 2.000 feridos e a explosão de um armazém de nitrato de amônia, na West Fertilizer, no estado do Texas/EUA em 2013, tendo 15 vítimas fatais, 160 pessoas feridas e danos consideráveis à vizinhança. Nestes eventos, dos quais citou-se aqui apenas dois casos, muitas vidas foram perdidas, além dos enormes prejuízos causados às organizações, ao meio ambiente e à sociedade como um todo.

Ao observar pelo ponto de vista da tecnologia de processos, nos anos 60, as condições operacionais, como pressão e temperatura, se tornaram mais severas. A energia armazenada no processo aumentou e passou a representar um perigo significativo. Além disso, as plantas aumentaram seus tamanhos em aproximadamente 10 vezes. Esses fatores resultaram em um alto potencial de perda – tanto humanas quanto econômicas.” (LEES, 2005).

Sendo assim, o melhor gerenciamento dos riscos, sob o ponto de vista da segurança de processos, conforme proposto neste TCC, trará grande contributo para processos de indústrias químicas. Além disso, o aumento da segurança seja dos trabalhadores, seja do meio-ambiente, seja das instalações, seja da produtividade. Através da utilização de uma série de técnicas de identificação de perigos e análise e avaliação de riscos, pode-se elevar o nível de segurança de uma instalação industrial, principalmente por meio da criação de barreiras de proteção, as quais eliminam riscos, ou os mitigam até padrões aceitáveis.

1.3 Limitações

O presente trabalho tem por proposta apresentar a aplicação de técnicas focadas na identificação, análise e avaliação de perigos e riscos em uma indústria química de fertilizantes. É importante ressaltar que as técnicas utilizadas são abrangentes e tem conceitos e metodologias que por vezes se sobrepõe. Deste modo, as técnicas utilizadas no estudo são apresentados no referencial teórico, de

modo a criar uma reflexão sobre suas aplicações. Todavia, o trabalho se limita em aplicar as técnicas no âmbito da indústria de fertilizantes de acordo com as diretrizes propostas nos procedimentos operacionais da empresa objeto de estudo. Sendo assim, é importante ressaltar que nem todos os conceitos propostos no referencial teórico serão aplicados por completo.

Ainda, a empresa objeto de estudo segue um modelo lógico e sequencial de gestão de riscos de processos, dentro deste modelo são utilizadas o conjunto de técnicas apresentados de forma ordenada e padronizada dentro de uma ferramenta. Conceitos como confiabilidade de barreiras de proteção, definição de probabilidade de falha ou a forma com que as matrizes e tabelas foram criadas não serão discutidos, da mesma forma como a abrangência das ferramentas, e o detalhamento dos cálculos feitos pela ferramenta também não. Portanto, esse TCC se limita à utilização das técnicas e ferramentas pré-estabelecidos para identificar perigos e analisar e avaliar riscos em uma instalação industrial.

Por fim, após a aplicação das técnicas, sugere-se uma série de ações de melhoria, de modo a aumentar as barreiras de proteção e reduzir a probabilidade e/ou severidade dos perigos e riscos do local específico estudado. Este trabalho se limita a sugestão do plano de ação de melhorias. A aplicação e acompanhamento do plano de ação sugerido não será apresentado neste trabalho.

Eventuais extrapolações do presente estudo demandarão adequações tanto em aspectos metodológicos quanto características do objeto de estudo.

1.4 Estrutura do Trabalho

O presente trabalho está estruturado em seis capítulos. No Capítulo 1 são realizadas a introdução com apresentação e contextualização do estudo, apresentando-se os objetivos, justificativa da pesquisa, limitações e a estrutura do trabalho.

O Capítulo 2 apresenta uma revisão teórica abordando primeiramente a indústria química de fertilizantes e sua importância, após um apanhado geral sobre segurança industrial e conceitos referentes à perigos e riscos. Na sequência, apresenta-se a segurança no âmbito ocupacional e na segurança de processos e

suas diferenças. Por conseguinte, após uma breve discussão sobre gestão de riscos aplicada à processos e alguns conceitos importantes para melhor compreender algumas técnicas, finalmente são apresentados as técnicas e ferramentas que serão usadas posteriormente, através de uma abordagem dos conceitos gerais e direcionadas à forma como serão abordadas na empresa objeto estudo, relacionando-os com procedimentos internos da referida empresa.

No Capítulo 3 apresentam-se os procedimentos metodológicos, os quais estão divididos de forma a apresentar a construção de uma base teórica norteadora, a caracterização do cenário estudado, o delineamento da forma como as técnicas serão abordadas na empresa objeto estudo. Apresenta-se ainda nesta seção o cronograma do estudo.

No Capítulo 4 serão apresentados os resultados obtidos através da aplicação das técnicas abrangidas na revisão teórica e nos procedimentos metodológicos. Ainda, neste mesmo capítulo ainda espera-se apresentar o diagnóstico final referente ao cenário estudado, que será proveniente da análise e discussão alusivos às informações obtidas através da aplicação das técnicas apresentadas.

Por fim, no Capítulo 5 apresentam-se as conclusões gerais tiradas a partir do desenvolvimento do presente trabalho.

2 REVISÃO TEÓRICA

Nesta seção apresenta-se uma discussão sobre conceitos importantes no âmbito do cenário estudado (seção 2.1), e no âmbito da segurança industrial (seção 2.2). Após, faz-se necessário apresentar uma abordagem da segurança ocupacional (seção 2.2.3) segurança de processos (seção 2.2.4), gestão de riscos (seção 2.3) e conceitos importantes como barreiras de segurança (seção 2.4). Por fim, discute-se, através de uma abordagem geral, as técnicas que serão utilizadas no presente estudo (seções 2.4.1, 2.4.2 e 2.4.3).

2.1 A importância da Indústria de Fertilizantes

Em um contexto de constante crescimento da população mundial, parece claro a importância que deve ser dada à sequência da vida humana na terra. Em vista disto, é evidente a preocupação para as futuras gerações de como podem ser criadas fontes de alimentos para uma população crescente, em um contexto de recursos cada vez mais escassos. (FERRI, 2010)

Ainda, segundo o mesmo autor, devido ao fato da demanda mundial por alimentos tender ao crescimento, isto é, diretamente proporcional ao crescimento da população, é fundamental atingir novos paradigmas produtivos, mantendo assim, níveis sustentáveis de produção e distribuição de recursos. Dessa forma, surge a importância de novos meios de produção, que utilizam novos métodos, maquinários e insumos agrícolas, os quais visam a um maior desenvolvimento da agricultura e geração de recursos.

Por conseguinte, segundo (AZEVEDO, 2015), entre 2005 e 2014 superou-se o recorde de produção brasileira de grãos, com a safra tendo um incremento real de 71% no volume de grãos apesar de um aumento da área plantada de apenas 21% no período. A produtividade média do produtor brasileiro teve, portanto, um aumento de 41% nesta última década, isso foi atingido através da utilização mais intensiva de tecnologia na produção na forma de maquinários, defensivos agrícolas e fertilizantes tendo um papel sem dúvida primordial no atingimento desses números.

A legislação brasileira define fertilizantes como substâncias minerais ou orgânicas, naturais ou sintéticas, fornecedoras de um ou mais nutrientes das

plantas. Tem como função repor ao solo os elementos retirados em cada colheita, com a finalidade de manter ou mesmo ampliar o seu potencial produtivo. Sua participação é fundamental para o aumento do rendimento físico da agricultura, isto é, sua produtividade. (BRASIL, 1982)

A era dos fertilizantes químicos iniciou com o cientista alemão Justus Von Liebig, que foi o primeiro a afirmar que o crescimento das plantas é determinado pelos elementos presentes no solo em quantidades adequadas. Em um solo carente de nutrientes, bastaria adicionar a famosa fórmula NPK (Nitrogênio, Fósforo e Potássio) para que as plantas crescessem mais. Ao todo, são dezenas os nutrientes essenciais ao desenvolvimento das plantas, que podem ser encontrados no ar, na água e no solo. Cada um tem um papel específico, não podendo ser substituído. São eles: carbono, hidrogênio, oxigênio, nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, ferro, manganês, zinco, cobre, boro, cloro e molibdênio. Os nutrientes podem ainda ser divididos em duas categorias: macronutrientes e micronutrientes. (BNDES, 2010)

Os macronutrientes são aqueles utilizados em larga quantidade, sendo os principais: nitrogênio, fósforo e potássio. O papel do nitrogênio é a manutenção do crescimento da planta, a formação de aminoácidos e proteínas. O fósforo é responsável por auxiliar as reações químicas que ocorrem nas plantas, interferindo nos processos de fotossíntese, respiração, armazenamento e transferência de energia, divisão celular e crescimento das células. Já o potássio é importante para a manutenção de água nas plantas, formação de frutos, resistência ao frio e às doenças. O enxofre também é considerado hoje um elemento-chave para o desenvolvimento das plantas, intervindo na formação de compostos orgânicos. Já os micronutrientes são adicionados em quantidades muito pequenas, quando não forem oferecidos pelo solo. (DIAS e FERNANDES, 2006)

Para obtenção de boa produção agrícola, é necessário que os nutrientes estejam em quantidades adequadas às plantas, proporcionando uma maior produtividade. A aplicação de fertilizantes minerais ao solo também é feita para repor sua perda, pois, a cada ciclo, as plantas extraem nutrientes dos solos. Dessa forma, se esses nutrientes não forem fornecidos pelos fertilizantes, eles serão absorvidos

das reservas do solo, podendo causar seu esgotamento. Isso pode resultar em redução da matéria orgânica, a qual é, também, fornecedora de nutrientes, contribuindo para melhorar a retenção de água pelo solo. Sem a adubação do solo com fertilizantes, haveria a degradação do solo e redução da oferta de alimentos. (CAMARGO, 2012)

No que tange à questões econômicas, a indústria química de modo geral mostra-se de importância expressiva dentro do cenário nacional. Segundo o (BNDES, 2010) a indústria química brasileira tem uma importante posição internacional, ocupando em 2010 o sétimo lugar no ranking mundial em faturamento, com US\$130 bilhões. Nos últimos dez anos o mundo apresentou uma taxa composta de crescimento anual de 9%, liderada principalmente pelos países em desenvolvimento. A China cresceu a uma taxa de 24% a.a., ultrapassando Estados Unidos, Japão e Alemanha. Índia, Rússia, Brasil e Coreia cresceram, respectivamente, 14% a.a., 13% a.a., 11% a.a. e 10% a.a. A indústria química brasileira ganhou a posição de países como Itália e Reino Unido.

Dentro do cenário da indústria química, o segmento de fertilizantes destaca-se, sendo historicamente um dos segmentos de maior faturamento líquido conforme mostra a Figura 1.

| Segmentos | 1996 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 ¹⁷ | % 12 ¹⁷ /11 | % 12 ¹⁷ /96 a.a. |
|-------------------------------------|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------------|------------------------|-----------------------------|
| Produtos químicos de uso industrial | 19,9 | 45,4 | 55,1 | 62,8 | 46,9 | 61,2 | 73,8 | 71,2 | 3,5 | 8,3 |
| Produtos farmacêuticos | 7,6 | 11,9 | 14,6 | 17,1 | 15,4 | 20,6 | 25,8 | 25,5 | 1,1 | 7,9 |
| Fertilizantes | 3,0 | 5,6 | 9,0 | 14,2 | 9,7 | 11,5 | 17,4 | 17,1 | 1,7 | 11,5 |
| Hig. pessoal, perf. e cosméticos | 4,2 | 6,9 | 8,8 | 10,5 | 11,1 | 13,4 | 15,1 | 14,3 | 5,3 | 8,0 |
| Produtos de limpeza e afins | 2,8 | 4,6 | 5,5 | 6,3 | 6,1 | 7,7 | 8,7 | 7,8 | 10,3 | 6,6 |
| Defensivos agrícolas | 1,8 | 3,9 | 5,4 | 7,1 | 6,6 | 7,3 | 8,5 | 9,4 | 10,2 | 10,8 |
| Tintas, esmaltes e vernizes | 2,0 | 2,1 | 2,4 | 3,0 | 3,0 | 3,9 | 4,5 | 4,3 | 4,4 | 4,9 |
| Fibras artificiais e sintéticas | n.d. | n.d. | 1,1 | 1,1 | 1,0 | 1,1 | 1,3 | 1,3 | 5,2 | n.d. |
| Outros | 1,5 | 2,2 | 1,6 | 1,7 | 1,5 | 1,8 | 2,2 | 2,1 | 2,7 | 2,2 |
| TOTAL | 42,8 | 82,6 | 103,5 | 123,8 | 101,3 | 128,5 | 157,3 | 160,0 | 2,7 | 8,3 |

Figura 1 Faturamento Líquido da Indústria Química Brasileira (Em bilhões)
Fonte: Associação Brasileira das Indústrias Químicas (2013)

O valor expressivo no faturamento líquido no Brasil está atrelado ao aumento no consumo de fertilizantes no Brasil, conforme apresenta a Figura 2, e este aumento está atrelado à expansão do agronegócio. De acordo com o BNDS, segundo estimação feita pelo Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (Cepea), em 2011, o PIB do agronegócio brasileiro totalizou R\$ 917 bilhões (em reais de 2011, descontando a inflação), tendo crescido 4,38% (a preços reais). O PIB da economia brasileira, segundo o IBGE, apresentou uma taxa de crescimento de 2,7%, atingindo R\$ 4,1 trilhões. Dessa forma, a participação do agronegócio no PIB nacional passou de 21,8% em 2010 para 22,2% em 2011. O Brasil ocupa importante posição na produção agrícola mundial, a primeira nas exportações de café, cana-de-açúcar e suco de laranja, e o segundo lugar no complexo de soja.

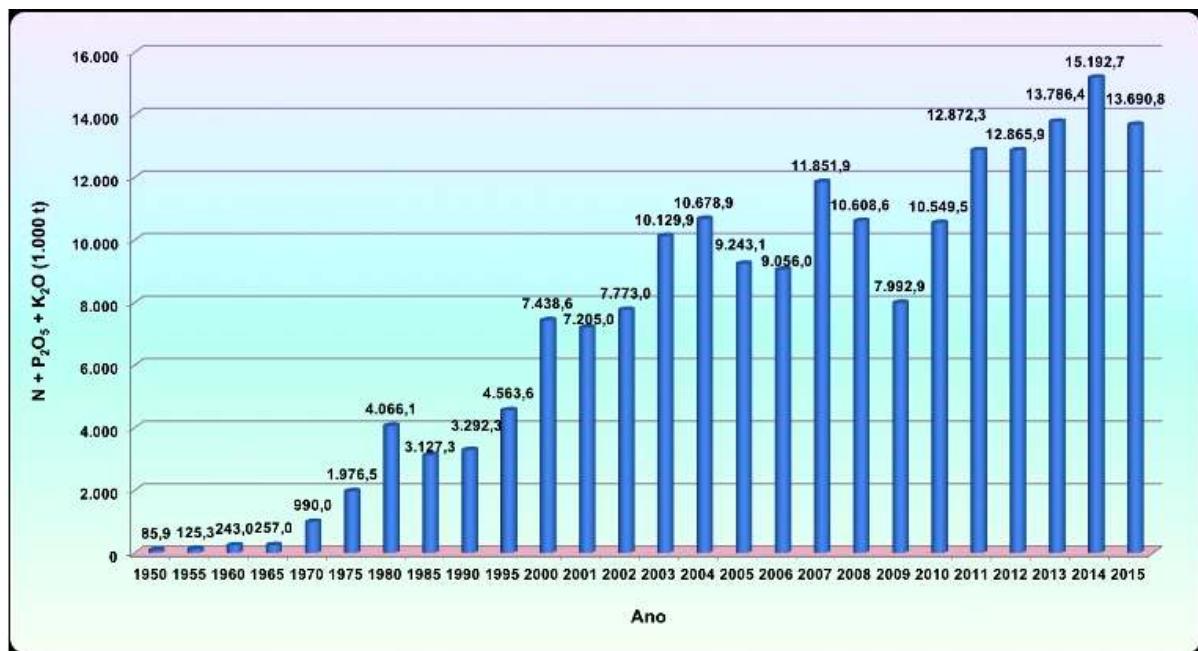


Figura 2 Evolução do consumo de fertilizantes no Brasil
Fonte: IPNI – International Plant Nutrition Institute (2015)

Ainda, segundo o BNDES, A utilização de fertilizantes químicos é um dos maiores contribuintes para a elevação da produtividade agrícola no Brasil e no mundo. Na Figura 3 são indicados: a evolução da produção brasileira de grãos, a área plantada de grãos e o consumo de fertilizantes para o período de 1977 a 2011, trabalhando com o primeiro ano da série como base.

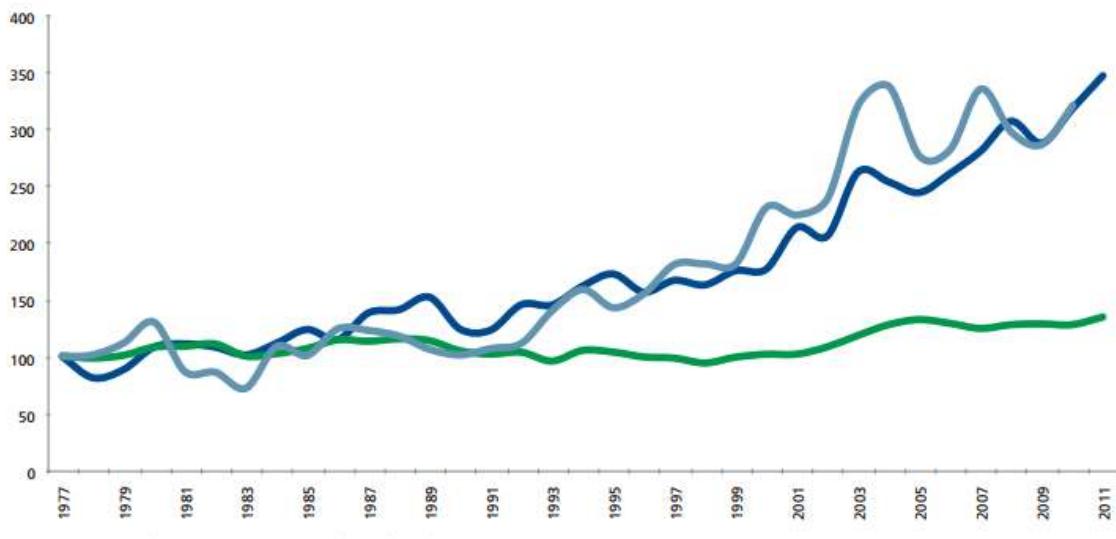


Figura 3 Produção de Grãos, área plantada e consumo de NPK no Brasil
Fonte: BNDES (2012)

Pode-se verificar ainda na Figura 3 que até a década de 1990 as séries mostram uma tendência horizontal, com baixo crescimento das três variáveis. Contudo, a partir daí, com o desenvolvimento da indústria de fertilizantes e a difusão de seu uso, constata-se elevação na produção de grãos, que foi acompanhada de maior consumo de fertilizantes, tendo a área plantada alcançado pequena elevação.

2.2 Segurança no contexto industrial: compreendendo alguns princípios importantes

A cerca de duas décadas autores da área já apontavam que com a modernização que os parques industriais estavam sofrendo, vinham sendo observado um rápido crescimento dos riscos de acidentes decorrentes da utilização de tecnologias mais avançadas e complexas, maior quantidade de insumos, utilização de novos produtos, transporte e armazenagem de grandes quantidades de produtos perigosos etc. O trabalho humano, por sua vez, vinha se desenvolvendo sob condições em que os riscos tornavam-se em quantidade e qualidade mais numerosos e mais graves do que aqueles em que há muito tempo atrás eram ameaça ao ser humano na busca diária de prover a própria subsistência. Ainda, as

empresas vinham sofrendo, cada vez mais, pressões para que adotassem medidas de prevenção de acidentes e doenças ocupacionais, pressões essas que de fato continuam sendo uma realidade em anos mais recentes. (DE CICCO e FANTAZZINI, 1998)

Assim, ao longo da evolução dos anos, cada vez mais, a preocupação com o bem estar e com a integridade física dos colaboradores passou a ser um elemento de destaque na gestão de um negócio. Desenvolveu-se um entendimento de que as pessoas envolvidas no trabalho são o bem mais valioso para uma atividade bem feita que proporciona tornar uma organização competitiva e bem sucedida comercial e socialmente. (DINIZ, 2005)

Da mesma forma, uma cultura de segurança no local de trabalho comprehende todos os valores, sistemas, práticas de gestão e condutas de trabalho que favoreçam a criação de um ambiente de trabalho saudável e seguro. A Convenção n.155 da Organização Internacional do Trabalho (OIT) sobre segurança e saúde dos empregados, de 1981, é um marco importante para potencializar uma cultura de segurança e saúde no trabalho.

Sendo assim, desde a década de 90, os conceitos acerca de Segurança do Trabalho começaram a ser formados de maneira mais consistente. Sounis (1991) define Segurança no Trabalho como uma ciência que visa à prevenção dos acidentes do trabalho por meio de medidas prevencionistas (análises dos riscos do local e dos riscos da operação), através de normas, cuja finalidade é proteger o empregado, bem como a empresa (máquinas e ferramentas de trabalho).

Já no fim da década de 90 Cardella (1999) amplia a definição acima, definindo segurança como uma variável de estado dos sistemas vivos, organizações, comunidade e sociedade, sendo abrangente e holística. Quanto maior a segurança, menor as chances de ocorrer algum dano ao ser humano, ao meio ambiente e ao patrimônio. Sua natureza diversa engloba aspectos físicos, biológicos, psicológicos, culturais e sociais. Portanto, a segurança requer uma abordagem holística dentro das organizações, pois o todo está nas partes e as partes estão no todo.

De forma a sintetizar a compreensão sobre o tema, Chiavenato (2010), define que Segurança do Trabalho é o conjunto de medidas de ordem técnica, educacional,

médica e psicológica utilizadas para prevenir acidentes, quer eliminando as condições inseguras do ambiente, quer instruindo ou convencendo as pessoas da implantação da práticas preventivas.

Ainda, no que tange à legislação, no Brasil a Segurança do Trabalho baseia-se na Constituição Federal, na Consolidação das Leis do Trabalho (CLT), nas Normas Regulamentadoras e em outras leis complementares como portarias, decretos e convenções internacionais da Organização Internacional do Trabalho (OIT) e Organização Mundial da Saúde (OMS). (PEIXOTO, 2011)

Desta maneira, há alguns conceitos essenciais no âmbito da segurança que merecem ser compreendidos. Dentre estes conceitos, os conceitos de Acidentes e Incidentes, Perigo e Risco, Segurança Ocupacional e Segurança de Processos, merecem especial atenção. Sendo assim, será apresentado nas seções seguintes uma discussão quanto a esses conceitos.

2.2.1 *Compreendendo os conceito de Perigo e Risco*

Dois conceitos importantes e básicos no âmbito da segurança referem-se aos perigos e aos riscos. É comum observar certa confusão na interpretação e comparação destes conceitos por parte de quem os usa. Sendo assim, é interessante compreendê-los. De um modo geral, pode-se afirmar que enquanto perigo é um atributo de um objeto ou atividade que tem o potencial para causar danos ou perdas, o termo risco, está relacionado à probabilidade ou chance de um dano ou uma perda.(OHSAS 18001)

Deste modo, ainda segundo Jones (1992) *apud* CAMERON E RAMAN (2005), perigo pode ser expresso como a fonte de um potencial dano, ou uma situação com potencial para causar uma perda. O autor afirma ainda que é preciso enfatizar que perigo é um potencial para danos ou perdas e não uma perda ou dano já concretizados. A definição de Neves (1996) reforça ainda mais a apresentada por Jones, e diz que perigo pode ser entendido como fonte ou situação com potencial para provocar danos em termos de lesão, doença, dano à propriedade, dano ao meio ambiente ou uma combinação desses.

No contexto de operações industriais, Cameron e Raman (2005) exemplificam alguns perigos, como:

- A presença de temperaturas e pressões elevadas em um sistema;
- O ato de fumar cigarros em determinadas áreas;
- Propriedades explosivas de certos materiais;
- Comportamento inapropriado de empregados;
- Armazenamento de grandes quantidades de substâncias tóxicas.

Quanto ao risco, Neves (1996) trás a definição de que “*risco é a combinação da probabilidade de ocorrência e da consequência de um determinado evento perigoso, ou seja, tudo o que pode causar acidente ou com potencialidade/probabilidade de causar acidente*”. Neves ainda afirma que o risco pode ser entendido de algumas formas: risco pessoal (humano) que pode causar os mais variados acidentes a qualquer instante; risco material (condição insegura) que é o risco no ambiente, máquinas, equipamentos, ferramentas etc. E o risco administrativo (a administração, a gerência, a supervisão ou quem os representar diretamente).

CAMERON e RAMAN (2005) expressam que o risco pode ser definido como a “*probabilidade da ocorrência de um evento que poderia causar certo level de danos para pessoas, propriedades e meio ambiente ou perda financeira por certo período de tempo*”. O mesmo ainda, define que risco tem duas dimensões diferentes: A severidade/magnitude de perda do evento, e a probabilidade de ocorrência.

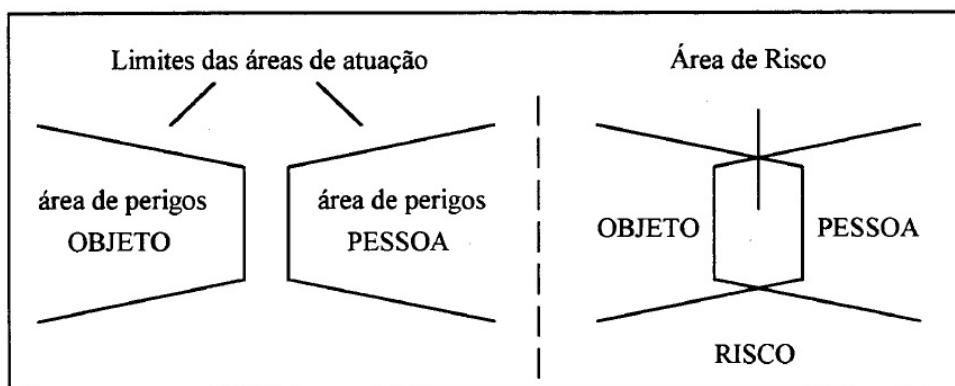
Retomando o contexto de operações industriais, CAMERON e RAMAN (2005) exemplificam alguns riscos como:

- Centenas de pessoas trabalham em minas subterrâneas diariamente ao redor do mundo. Sabe-se que a mineração subterrânea está associado com o risco de lesões graves ou até mesmo a morte, por uma série de fatores como soterramento, incêndios e explosões. Se a gestão da mineradora pretende definir os maiores riscos para os trabalhadores, ela

pode aplicar a definição e definir o risco como a probabilidade de um acidente fatal em um determinado período de tempo, digamos um ano.

- Uma empresa de processamento de mineral tem uma meta de produção a ser cumprida para o ano. Um dos passos mais importantes na operação é o processo de esmagamento da matéria prima, para que esta seja usada no processo seguinte. Um grande moinho de bolas é utilizado para esmagar o minério. Este é um equipamento crítico, e se ocorrer uma falha grave nesta seção da planta, os processos seguintes serão comprometidos, resultando em perdas consideráveis para a produção. Ao aplicar a definição de risco para a operação, pode-se afirmar que: Probabilidade de perda de 10% da produção, durante 1 semana. E probabilidade de perda total da produção por 1 mês.

De modo a sintetizar tais conceitos, Sell (1995) defende que “Um perigo é uma energia danificadora, a qual, se ativada, pode provocar danos corporais e/ou materiais”, e esta energia poderá estar associada tanto a uma pessoa quanto a um objeto. O risco seria gerado pela intersecção entre os perigos advindos do objeto e, o perigo advindo do homem conforme apresentado na Figura 5.



2.2.2 **Compreendendo os conceitos de Acidentes e Incidentes e suas diferenças**

Há dois conceitos importantes e que merecem ser discutidos no âmbito da Segurança, seja ela ocupacional seja ela de processos, sendo eles o Acidente e o Incidente.

A segurança visa evitar o acidente de trabalho, ou seja, aquilo que ocorre pelo exercício do trabalho a serviço da empresa, provocando lesão corporal ou perturbação funcional que cause a morte, perda ou redução permanente ou temporária da capacidade para o trabalho. Sob uma outra visão, acidente é uma ocorrência não programada, inesperada ou não, que interrompe ou interfere no processo normal de uma atividade, ocasionando perda de tempo útil e/ou lesões nos trabalhadores e/ou danos materiais. (VOTORANTIM METAIS, 2005).

Vincoli (1994) trás uma definição mais simplificada, “um acidente é um evento não planeado e logo indesejado que resulta em dano físico e /ou danos materiais”. Definição esta muito parecida com a que trás a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), por meio da Norma Brasileira (NBR) 14.280 (2001), que define acidente do trabalho como “[...] ocorrência imprevista e indesejável, instantânea ou não, relacionada com o exercício do trabalho, de que resulte ou que possa resultar lesão pessoal [...]. É importante notar que um acidente é o resultado de uma sequência de atos e eventos, e nunca o simples resultado de algo imediato ou instantâneo.

“Acidente do trabalho é o que ocorre pelo exercício do trabalho a serviço de empresa ou de empregador doméstico ou pelo exercício do trabalho dos segurados referidos no inciso VII do art. 11 desta Lei, provocando lesão corporal ou perturbação funcional que cause a morte ou a perda ou redução, permanente ou temporária, da capacidade para o trabalho. “(artigo 19 da lei 8231/91)

No passado, acreditava-se que o acidente fosse um acontecimento aleatório e imprevisível, que obedecia regras impossíveis de serem controladas. Atualmente, os especialistas constataram que os acidentes não são acontecimentos fortuitos e dependentes da sorte, mas, sim, seguem parâmetros característicos de distribuição, ou seja, os acidentes sempre são consequências de um processo anterior e que não recebeu a devida atenção. (ROEDER, 2003)

De fato, como defende Diniz (2005), os acidentes são causados pelos atos inseguros ou pelas condições inadequadas. Aqueles são as ações indevidas ou

inadequadas cometidas pelos empregados, podendo gerar acidentes, enquanto as condições inadequadas são aquelas presentes no ambiente de trabalho que podem vir a causar um acidente, podendo estar ligada direta ou indiretamente ao trabalhador, ou seja, é uma situação em que o ambiente pode proporcionar riscos de acidentes do trabalho, ao meio ambiente e equipamentos durante as atividades.

De modo a complementar esta definição, Peixoto (2011) afirma que as causas dos acidentes são, basicamente, separadas em ato inseguro e condições inseguras. O primeiro é o que depende do ser humano, que, de maneira consciente ou não, provoca dano ao trabalhador, aos companheiros e às máquinas e equipamentos. Já o segundo são as condições que, presentes no ambiente de trabalho, comprometem a integridade física e/ou a saúde do trabalhador, bem como a segurança das instalações e dos equipamentos.

No Brasil, os números são alarmantes. A Associação de Magistrados da Justiça do Trabalho da 1ª Região (Amatra 1) alerta que o Brasil registra mais de 700 mil acidentes de trabalho por ano, o que coloca o país em quarto lugar no mundo nesse aspecto, segundo a Organização Internacional do Trabalho (OIT), atrás apenas de China, Índia e Indonésia. Observar Figura 5.

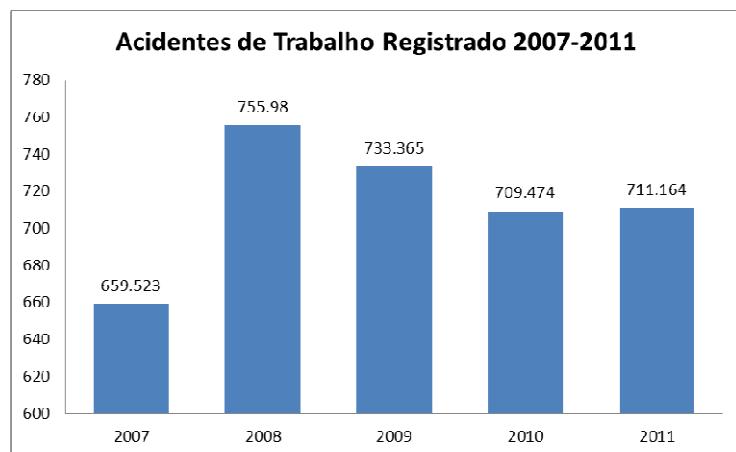


Figura 5 Acidentes de Trabalho no Brasil
Fonte: MPAS 2011

Sendo assim, de modo a alinhar os conceitos apresentados com as normativas brasileiras, a OHSAS 18001 (*Occupational Health and Safety Assessment Series*) estabelece que tanto incidente quanto acidente deverão ter procedimento documentado para análise de causa e das deficiências nos controles

de SST que ocasionaram ou possam ocasionar no futuro novos incidentes. E também para identificar a necessidade de ações corretivas e preventivas, identificar oportunidades para melhoria contínua, comunicar os resultados destas investigações e manter os resultados registrados das investigações.

Compreendido um pouco sobre os conceitos gerais de acidentes, cabe agora apresentar uma discussão no âmbito dos incidentes que, conforme veremos a seguir, são todos os eventos indesejados, porém, que não acarretam perdas. Deste modo, apesar da contradição de alguns autores, para fins deste trabalho acidente, quase acidente e incidente são considerados conceitos distintos.

Seguindo esta lógica, Guimarães e Costella (2004), afirma que incidente é a ocorrência não desejada que modificou ou pôs fim ao andamento normal de qualquer tipo de atividade, ao passo que o quase acidente é o incidente que interrompe o processo normal de uma atividade, provocando perda de tempo ou de material, mas sem provocar lesão corporal ou perturbação funcional no trabalhado.

Segundo Wickens, Gordon e Liu, (1998), um incidente é a ocorrência de algum evento que poderia ter resultado em ferimento ou morte, mas não ocorreu. Já De Cicco e Fantazzini (1988) utilizam o termo incidente crítico e o definem como qualquer evento ou fato negativo com potencialidade para provocar dano.

O fato é que tanto incidente quanto acidentes são ocorrências de desvios de um padrão normal de uma atividade ou processo, são eventos que não deveriam ocorrer. Para Neves (1996) os quase acidentes, assim como os acidentes que não causam ferimentos ou outros tipos de lesão, também devem ser investigados quando observados ou reportados. Eles se constituem em avisos daquilo que pode ou provavelmente vai acontecer.

2.2.3 Segurança Ocupacional

A segurança ocupacional, ou Segurança e Saúde no Trabalho (SST), é uma disciplina que trata da prevenção de acidentes e de doenças profissionais bem como

da proteção e promoção da saúde dos trabalhadores. Tem como objectivo melhorar as condições e o ambiente de trabalho. A saúde no trabalho abrange a promoção e a manutenção do mais alto grau de saúde física e mental e de bem-estar social dos trabalhadores em todas as profissões. Neste contexto, a antecipação, a identificação, a avaliação e o controle de riscos com origem no local de trabalho, ou daí decorrentes, que possam deteriorar a saúde e o bem-estar dos trabalhadores, são os princípios fundamentais do processo de avaliação e de gestão de riscos profissionais. O possível impacto nas comunidades envolventes e no meio ambiente deve ser igualmente tomado em consideração. (IOL, 2011)

Ainda, segundo MENTE (2007), segurança e saúde ocupacional é um assunto que já foi muito tratado na literatura, porém a tentativa de criação de sistemas de gestão nessa área é mais recente. Lacaz (2000) salienta, como início de um interesse mundial em sistemas de segurança e saúde ocupacional, semelhante aos atuais, em 1976. Naquele ano, a Organização Internacional do Trabalho lançou e fomentou o Programa Internacional para o Melhoramento das Condições e dos Ambientes de Trabalho, quando foram priorizadas as condições, os ambientes, a organização do trabalho e as tecnologias. Assim, como reflexo, na década de 80, consolidou-se uma tendência que baseia a Qualidade de Vida no Trabalho na maior participação do trabalhador na empresa, na perspectiva de tornar o trabalho mais humanizado. Lacaz (2000) ainda considera que os trabalhadores passaram a ser vistos como sujeitos, estando sua realização calcada no desenvolvimento e no aprofundamento de suas potencialidades.

De modo à aprofundar um pouco mais a discussão, Bottazzini (2001) considera que com o objetivo de melhorar a qualidade de vida, os seres humanos fazem uso de máquinas, equipamentos, ferramentas e veículos que estão sempre a causar danos materiais, e a provocar acidentes fatais. Criam-se novos produtos, transformam-se substâncias naturais em compostos muitas vezes radioativos, produzem-se poluentes que influenciam o meio ambiente, alterando o ecossistema e colocando em risco a própria existência. É, portanto, necessário estar constantemente atentos ao surgimento de novas tecnologias, com o objetivo

primordial de reconhecer os novos riscos, pois o risco sempre esteve e sempre estará presente onde o homem estiver desenvolvendo alguma atividade.

Ainda, a política de SST deve estabelecer uma orientação geral coerente com as características da organização, dos seus processos e produtos, assim como, com a cultura e personalidade da mesma e os objectivos estabelecidos pela gestão de topo. A política deve ser coerente com os riscos, com a legislação, com o propósito de melhoria contínua e deve poder ser facilmente compreendida e comunicada a toda a organização.

Ainda, segundo a IOL (2011), a política SST deve ser formalmente estabelecida e aprovada pela gestão de topo.

Segundo a norma, a política deve:

- a) Ser apropriada à natureza e à escala dos riscos de segurança e saúde da organização;
- b) Incluir um compromisso de prevenção de lesões, ferimentos e danos de saúde e de melhoria contínua do sistema de SST;
- c) Incluir um compromisso de no mínimo cumprir com a legislação e regulamentos em vigor referentes à SST e com outros requisitos que a organização subscreva;
- d) Providenciar uma base para estabelecer e rever os objectivos do SST;
- e) Ser devidamente documentada, implementada e atualizada;
- f) Ser comunicada a todos os trabalhadores que devem saber quais as suas obrigações individuais em matéria de SST;
- g) Estar disponível às partes interessadas;
- h) Ser periodicamente revista para garantir que permaneça relevante e apropriada para a organização.

Por muito tempo, empresas de diversos setores buscaram uma norma para Sistemas de Gestão da Segurança e Saúde Ocupacional na qual pudessem ser avaliadas e certificadas. As normas ISO (*International Organization for Standardization*) não demonstravam interesse nessa área, visto que não acreditavam que esse assunto fosse de interesse da comunidade internacional

(ROMANO, 2006). Por esse motivo, foi desenvolvida a OHSAS 18001, que busca facilitar a integração dos sistemas de gestão da qualidade, ambiental e da segurança e saúde ocupacional pelas organizações (OHSAS 18001,1999). Essa especificação da OHSAS permite que a organização controle seus riscos de acidentes e doenças ocupacionais e melhore seu desempenho. (RIBEIRO E AMARAL, 2013)

Ribeiro e Amaral (2013) ainda complementam que além da OHSAS 18001, existem normas definidas pelo ministério do trabalho que dizem respeito à Saúde e Segurança Ocupacional e que, diferentemente da OHSAS, são de caráter obrigatório. A Norma Regulamentadora nº 7 – Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional (PCMSO) estabelece que todas as empresas devem elaborar e implementar esse programa, que inclui, entre outras coisas, a obrigatoriedade da realização de exames médicos (admissional, periódico, de retorno ao trabalho, de mudança de função e demissional). Outra norma que rege questões relativas à saúde ocupacional é a Norma Regulamentadora nº 5 – Comissão Interna de Prevenção de Acidentes (CIPA). Essa norma define que as empresas devem possuir uma equipe formada por trabalhadores eleitos pelos outros colegas, a fim de prevenir acidentes e doenças decorrentes do trabalho. Nessa norma está definido que deve ser elaborado um mapa de risco do ambiente de trabalho e a realização anual da Semana Interna de Prevenção de Acidentes do Trabalho (SIPAT). O número de funcionários que devem compor a CIPA varia de acordo com o setor produtivo da empresa e a quantidade de funcionários. A Norma Regulamentadora nº 9 - Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA) estabelece a obrigatoriedade da elaboração e implementação do PPRA. Segundo essa norma, o objetivo desse programa é preservar a saúde e segurança do trabalhador com base na antecipação, reconhecimento, avaliação e controle da ocorrência dos riscos ambientais aos quais estão expostos. Além dessas, existem ainda outras normas regulamentadoras que regem o setor de saúde e segurança.

2.2.4 Segurança de Processos

As indústrias de processo, em geral, têm demonstrado nos últimos vinte anos uma substancial evolução nos índices de segurança, sobretudo comparando-se com outras indústrias ou outras atividades produtivas. Entretanto, um olhar mais criterioso e, sobretudo, uma visão técnica mais apurada permite inferir facilmente que essa evolução da segurança atende essencialmente ao viés da segurança ocupacional, o que não necessariamente abrange a gestão de Segurança de Processo e da prevenção dos grandes acidentes.

De modo a melhor entender os conceitos e enfoque da Segurança de Processo, faz-se necessário defini-la usando-se da comparação com a Segurança Ocupacional. DINIZ *et al.* (2010) propõe que a segurança na indústria de processo pode ser dividida em duas categorias: Segurança Ocupacional e Segurança de Processo. A primeira trata das questões relacionadas com acidentes de trabalho mais típicos, como quedas de altura, choque elétrico, atropelamento, dentre outros. Por sua vez, a Segurança de Processo refere-se a acidentes causados por falhas na integridade dos equipamentos de processo (vasos, torres, tubulações etc.), caracterizadas por rupturas e vazamentos, levando a perda de contenção de produtos perigosos e consequências como incêndios, explosões ou intoxicações agudas. DINIZ *et al.*, (2007), estão alinhados à estes conceitos e afirmam que esta descrição enfatiza uma das principais características da Segurança de Processo, de “manter o processo dentro dos tubos” (do inglês, “*keeping process in tubes*”), caracterizando a contenção como um dos principais objetivos.

Atualmente os indicadores de desempenho em segurança adotados pelas empresas estão focados na taxa de frequência de acidentes com afastamento. Embora seja um indicador reativo, este consegue mensurar os acidentes ocorridos pelo exercício do trabalho a serviço da empresa. Geralmente, a maior parte dos acidentes está relacionada com o desempenho da atividade, ou seja, ocorrem com o uso de ferramentas manuais, durante a movimentação de carga, ou mesmo com queda de diferença de nível. Portanto, os acidentes ocorridos durante as atividades são mais frequentes de acontecer e quando ocorrem, geralmente atingem um número reduzido de trabalhadores. Entretanto, quando se analisa os grandes acidentes, também conhecidos como acidentes ampliados, maiores ou acidentes de

segurança de processo, verifica-se que, na grande maioria das vezes, os mesmos, apesar de menos frequentes, têm potencial para atingir um número maior de trabalhadores. (DE SOUZA *et al.*, 2013).

CHINAQUI (2012), dá mais forças à discussão argumentando que um acidente de processo é um capítulo importante dentro dos acidentes na indústria química, seja pela especialidade, seja pela importância financeira, sua crescente importância vem adquirindo notoriedade na discussão pública internacional. Uma das características deste tipo de acidente é sua relativa baixa probabilidade de ocorrência, porém quando desencadeado, esse tipo de acidente pode provocar enormes tragédias humanas e ambientais.

Diferentemente da obordagem dada a acidentes regulares de trabalhos ou doenças ocupacionais que considera a saúde individual da pessoa no ambiente ou trajeto de trabalho, o acidente de processo é denominado segundo FREITAS e GOMES (2010), “acidentes químicos ampliados” em que é considerado acidente/incidente de processo qualquer liberação acidental energia ou massa seja ela tóxica ou não, podendo trazer consequências dentro ou fora das instalações industriais, colocando em risco trabalhadores, comunidade e meio ambiente.

Para LEES (1996), existem três grandes grupos de eventos que tenham por fonte principal substâncias químicas, são eles: emissão acidental de substância tóxica, explosão e incêndio. Muitos acidentes podem envolver simultaneamente dois ou mesmo os três tipos de eventos. Enquanto explosões e fogos tem um grande potencial de perdas estruturais e econômicas, enquanto que liberações tóxicas acidentais tem um maior impacto na saúde e bem estar das pessoas e impactos ao meio ambiente proporcionando maior potencial de fatalidades.

O fluxograma apresentado na Figura 6 auxilia no melhor entendimento da classificação do acidente quanto à Segurança de Processo.

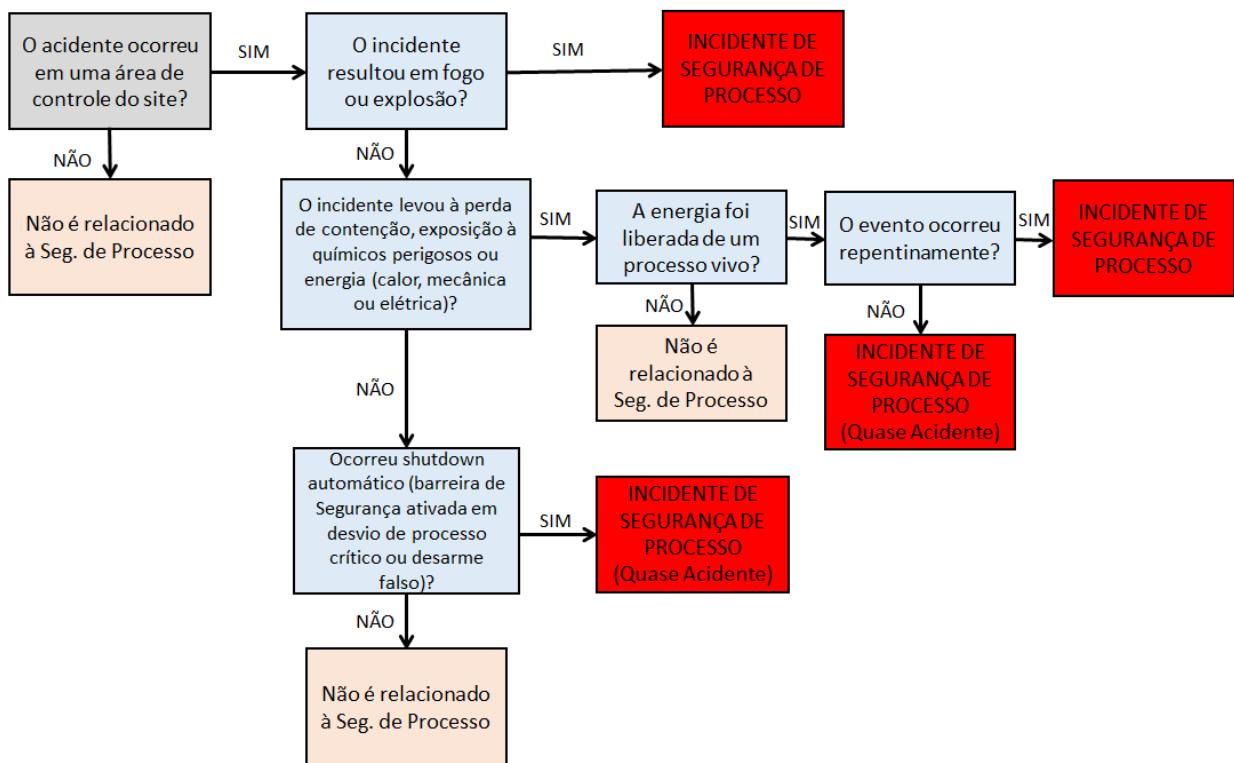


Figura 6 Classificação de Acidente de Processo
Fonte: Procedimento Interno Empresa Objeto estudo

Para CHINAQUI (2012) a Figura 7 mostra as prováveis causas dos maiores acidentes de processo, mostrando que o maior número de acidentes foram causados por falhas mecânicas, ocasionadas por problemas de manutenção. Equipamentos tais como bombas, válvulas, tubulações e equipamentos de controle irão falhar caso não sejam submetidos a um correto plano de manutenção. O erro humano é apontado como a segunda maior causa dos acidentes de processo. Por exemplo, válvulas não são abertas ou fechadas na sequência correta ou reagentes não são adicionados no reator na ordem correta. O erro humano é frequentemente usado para descrever a causa dos acidentes de processo. Quase todos os acidentes, exceto os causados por desastres naturais, podem ser atribuídos por erros humanos. Falhas mecânicas podem ocorrer devido a falhas humanas como resultado de uma inadequada manutenção ou inspeção.

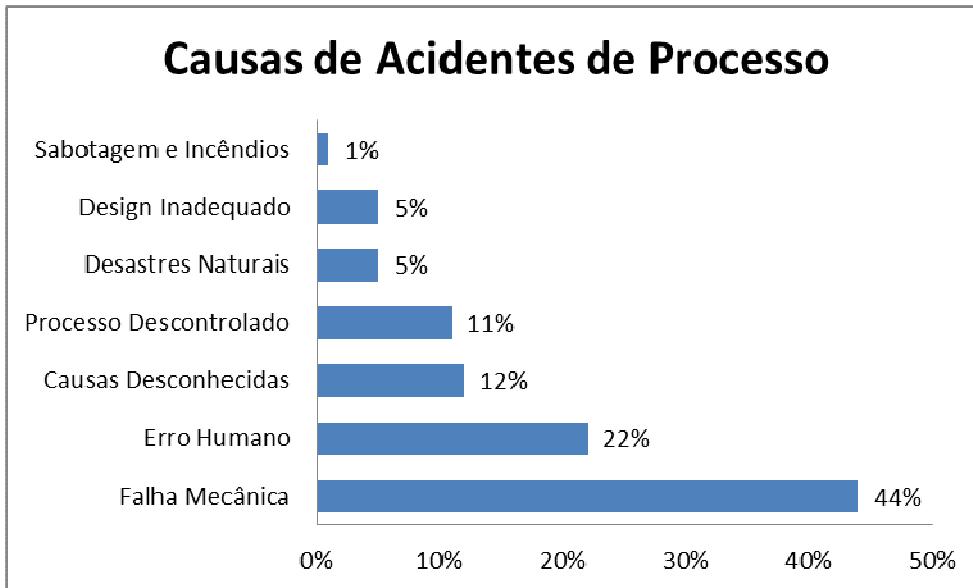


Figura 7 Causas de Acidentes de Processo na Indústria Química

Fonte: CHINAQUI, 2012

Dentro deste contexto, DINIZ *et al.* (2012) discutem mais a fundo o conceito de gestão de Segurança de Processo, em que ganha força algo vital em plantas de processo: A gestão de ativos. Assim, a abordagem ampla e sistêmica da gestão de Segurança de Processos seria desenvolvida em conjunto com a visão da preservação das barreiras preventivas e mitigatórias, cuja criticidade é determinada pela identificação dos principais cenários potenciais de acidentes e funções críticas dentre os ativos do processo. Sendo assim, a visão sistêmica seria contemplada junto com a gestão da integridade de ativos e excelência operacional, conduzindo a gestão de Segurança de Processos à sua efetividade técnica e pretendida consolidação da nova cultura de segurança, dos quais os principais objetivos são:

- Avaliar a condição de gerenciamento da integridade das barreiras de proteção preventivas e mitigadoras para os cenários de risco da planta;
- Evidenciar a existência de práticas operacionais e gerenciais que garantem a segurança através do grau de cumprimento dos requisitos definidos nos padrões e normas dos elementos sistêmicos de Segurança de Processo avaliados;
- Contribuir para formação de Cultura preventiva em Segurança de Processo.

Os autores ainda complementam que é importante enfatizar que o gerenciamento em Segurança de Processo tem foco nos grandes acidentes potenciais, capazes de provocar consequências catastróficas. Isso implica no conhecimento dos perigos e gerenciamento dos riscos, uma vez que estes riscos, como variáveis probabilísticas, não podem ser eliminados dos ativos do processo.

Ao encontro com a mesma lógica, DINIZ, COSTA ALMEIDA, FRANÇA (2012) também estabelecem uma visão de Segurança de Processo baseada no risco (ver Figura 8), e ancorada em quatro pilares, quais sejam:

- Comprometimento com a Segurança de Processo;
- Entender os perigos e avaliar os riscos;
- Gerenciar os riscos;
- Aprender com a experiência.

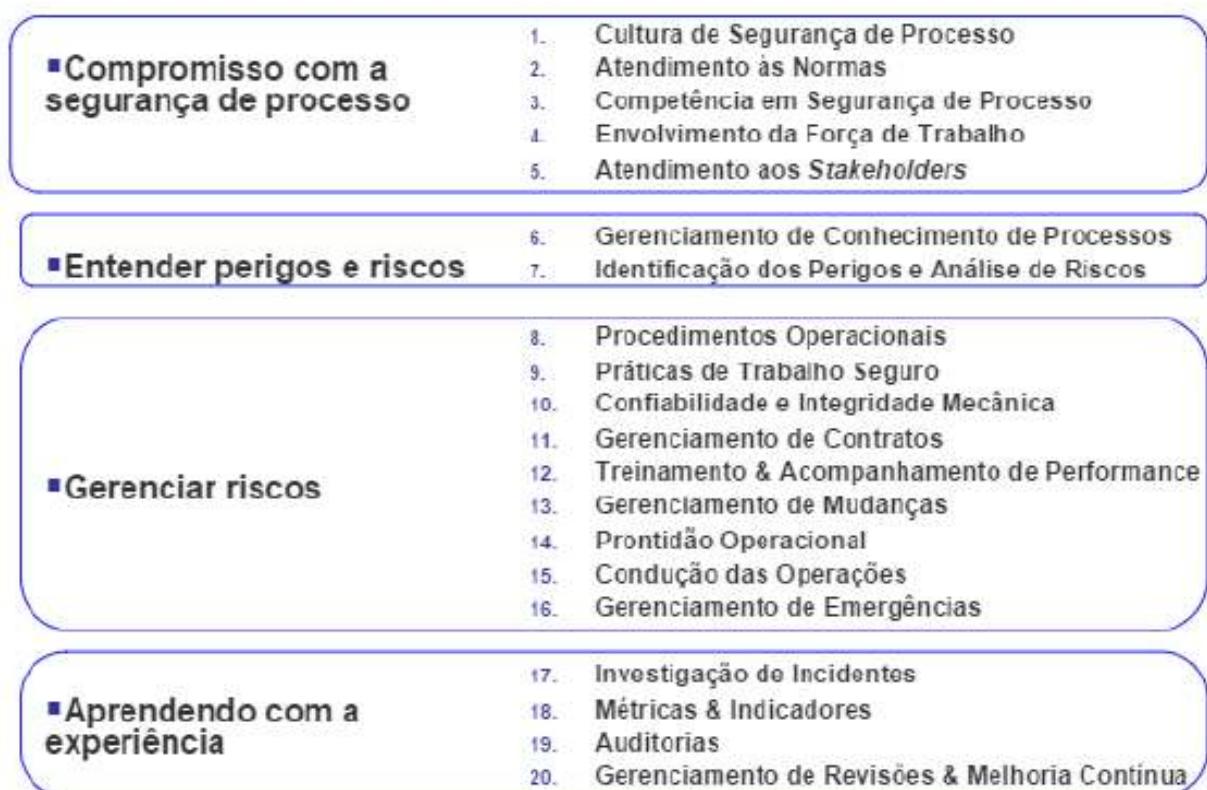


Figura 8 Quatro Pilares da Segurança de Processo
Fonte: DINIZ, COSTA ALMEIDA, FRANÇA (2012)

2.3 A Gestão de Riscos Aplicada a Processos

De maneira direta e abrangente, a ISO 31000 traz à tona que todas as atividades de uma organização envolvem risco. Deste modo, é preciso gerenciar tais riscos, identificando-os, analisando-os e, avaliando-os quanto à necessidade de modificá-los, de modo à atender determinados critérios. Ao longo de todo este processo, elas comunicam e consultam as partes interessadas, monitoram e analisam criticamente o risco e os controles que o modificam, a fim de assegurar que nenhum tratamento de risco adicional seja requerido. (ABNT, 2014)

Ao longo do tempo foram se desenvolvendo diversos modelos de gerenciamento de riscos pelas organizações, pra fins do presente trabalho, serão consideradas as definições propostas pela ISO 31000, que surgiu da necessidade de se estabelecer um padrão normativo e vem sendo aplicado por diversas organizações, as quais, muitas buscam certificações específicas.

Conforme a norma, é preciso ter uma estrutura de gestão eficaz de modo que o sucesso da gestão de risco torna-se dependente desta estrutura. Ela fornece os fundamentos e os arranjos que irão incorporá-la através de toda a organização, em todos os níveis, além de auxiliar na gestão eficaz em diferentes níveis e dentro de contextos específicos da organização.

A estrutura assegura que a informação sobre riscos proveniente desse processo seja adequadamente reportada e utilizada como base para a tomada de decisões, bem como a responsabilização em todos os níveis organizacionais aplicáveis. Por conseguinte, com uma estrutura bem definida, é de extrema importância para suportar o processo apresentado na Figura 9.

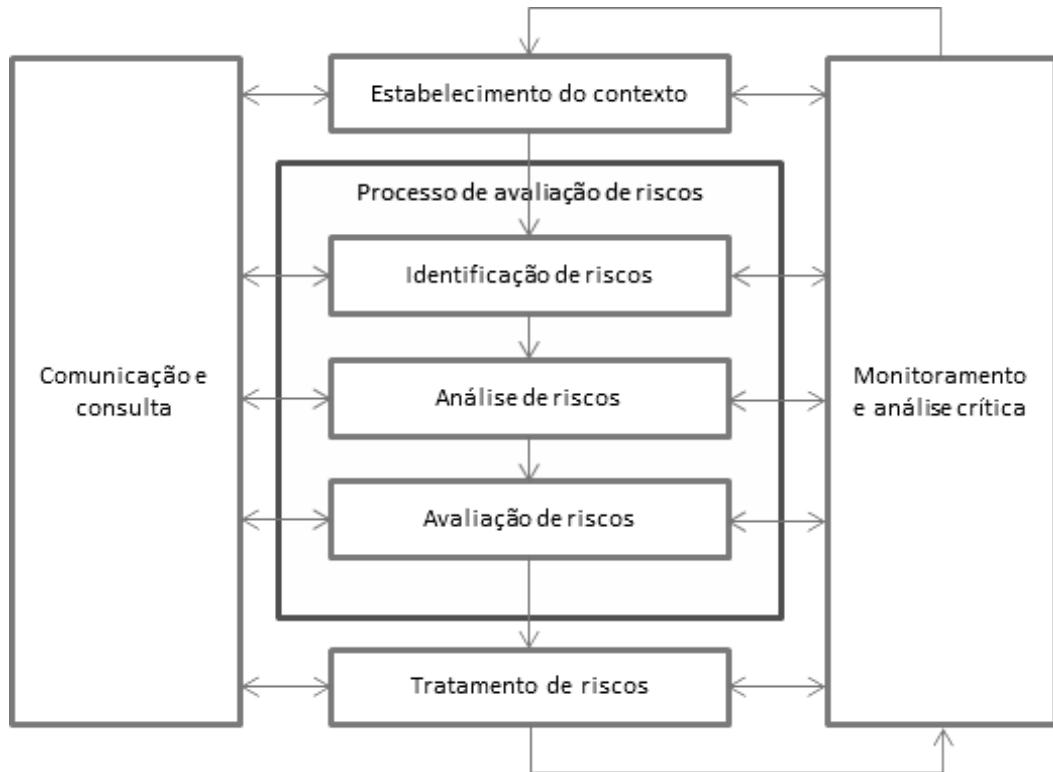


Figura 9 Processo de gestão de riscos
Fonte: (ISO 31000)

Primeiramente, convém que a comunicação e a consulta às partes interessadas internas e externas aconteçam durante todas as fases do processo de gestão de riscos. Logo, ao estabelecer o contexto, a organização articula seus objetivos, define os parâmetros externos e internos a serem levados em consideração ao gerenciar riscos, e estabelece o escopo e os critérios de risco para o restante do processo. (ABNT, 2014)

Na sequência, dentro do processo macro de avaliação dos riscos, convém que a organização identifique as fontes de risco, áreas de impactos, eventos (incluindo mudanças nas circunstâncias) e suas causas e consequências potenciais. A finalidade desta etapa é gerar uma lista abrangente de riscos baseada nestes eventos que possam criar, aumentar, evitar, reduzir, acelerar ou atrasar a realização dos objetivos. É importante identificar os riscos associados com não perseguir uma

oportunidade. A identificação abrangente é crítica, pois um risco que não é identificado nesta fase não será incluído em análises posteriores. (ABNT, 2014)

Após essa fase, chega o momento da análise de riscos, a qual tem por preceitos desenvolver a compreensão dos riscos, bem como fornecer uma entrada para a avaliação de riscos e para as decisões sobre a necessidade dos riscos serem tratados, e sobre as estratégias e métodos mais adequados de tratamento de riscos. Também, pode fornecer uma entrada para a tomada de decisões em que escolhas precisam ser feitas e as opções envolvem diferentes tipos e níveis de risco.

A próxima etapa é a avaliação dos riscos, e tem a finalidade de auxiliar na tomada de decisões com base nos resultados da análise, sobre quais riscos necessitam de tratamento e a prioridade para a implementação do tratamento. Essa etapa envolve comparar o nível de risco encontrado durante o processo de análise com os critérios de risco estabelecidos quando o contexto foi considerado, com base nesta comparação, a necessidade do tratamento pode ser considerada. Convém que as decisões levem em conta o contexto mais amplo do risco e considerem a tolerância aos riscos assumida por partes que não a própria organização que se beneficia do risco. Ainda, convém que as decisões sejam tomadas de acordo com os requisitos legais, regulatórios e outros requisitos. (ABNT, 2014)

O quadro da Figura 10 apresenta uma síntese do que consiste cada uma das etapas abrangidas pela metodologia proposta pela ISO 31000.

| Etapa | Abrangência | |
|---------------------------------|---|--|
| Estabelecimento do contexto | Consiste no levantamento das informações do processo e seus padrões de operação | |
| Processo de avaliação de riscos | Identificação dos riscos | Identificação das fontes de risco, áreas de impacto, eventos e consequências potenciais. |
| | Análise dos riscos | Compreender os riscos, para determinação da necessidade ou não de tratamento destes. O objetivo é facilitar a tomada de decisões referente à gestão destes riscos. |
| | Avaliação dos riscos | Priorização dos riscos a serem tratados, por meio de comparações a avaliações mais profundas de modo a organizar a gestão de riscos. |
| Tratamento de riscos | Esta etapa consiste no tratamento aos riscos de modo geral. Como eles são gerenciados, eliminados ou mitigados. | |

Figura 10 Etapas ISO 31000

Fonte: Elaborado pelo autor

Em algumas circunstâncias, a avaliação de riscos pode levar à decisão de se proceder a uma análise mais aprofundada. Essa avaliação, também pode levar à decisão de não se tratar o risco de nenhuma outra forma que seja manter os controles existentes. Por fim, o tratamento de riscos envolve a seleção de uma ou mais opções para modificar os riscos e a implementação dessas opções. Uma vez implementado, o tratamento fornece novos controles ou modifica os existentes. (ABNT, 2014)

Apesar do padrão apresentado pela norma, muitas vezes as empresas desenvolvem metodologias próprias, que melhor condizem com as suas realidades em particular, porém seguem uma lógica e um conceito que se convergem com o padrão apresentado.

2.4 Alguns conceitos Importantes para Utilização de Técnicas aplicadas à Gestão de Riscos de Processos

Um conceito muito utilizado ao discutir ferramentas de redução ou mitigação de riscos é o de barreiras de segurança. Deste modo, faz-se importante discutir aqui um pouco sobre o que são e como funcionam essas barreiras no âmbito da segurança de processos.

Para SAURIN (2007), com a cada vez maior complexidade dos processos e indústrias, é inevitável eliminar a interação do homem com as operações industriais, em função de fatores como as pressões do ambiente e as limitações físicas e cognitivas dos seres humanos (RASMUSSEN, 1997), a presença de barreiras contra acidentes é uma medida necessária. No ambiente industrial, as barreiras contra acidentes são normalmente visíveis nos equipamentos de proteção coletiva e equipamentos de proteção individual. Hollnagel (2004) propõe que as barreiras sejam entendidas como obstáculos ou dificuldades que evitam que um evento ocorra ou, caso a ocorrência seja inevitável, eliminem ou minimizem o impacto de suas consequências.

Deste modo, a empresa alvo de estudo define, por meio de procedimentos internos, que barreira de segurança é todo o dispositivo instrumental, mecânico ou

até mesmo um procedimento, que reduz o nível de risco de uma situação de perigo. O objetivo de uma barreira de segurança é reduzir o nível de risco, na probabilidade ou na gravidade, utilizando-se de sua capacidade de redução (ver Figura 11).

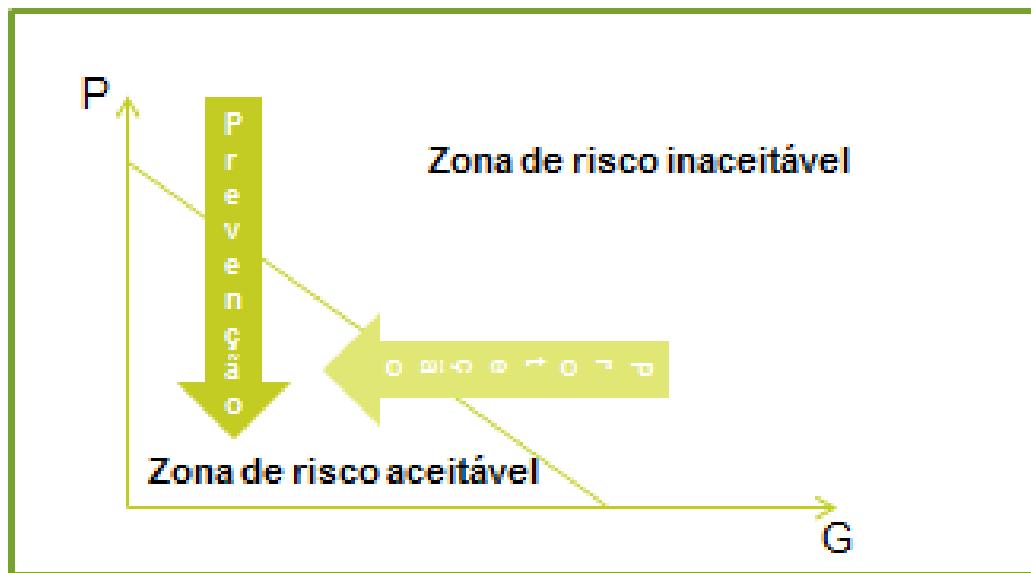


Figura 11 Zonas de riscos
Fonte: Procedimento Interno da empresa objeto estudo

Quanto a campos de atuação, barreiras podem ser Preventivas, as quais tem por objetivo reduzir a probabilidade da ocorrência de um evento. Exemplos: Válvulas manuais em atmosferas tóxicas, corrosivas, inflamáveis ou a altas temperaturas são blindadas ou duplas; alarmes críticos, etc. E as barreiras Protetivas (mitigação), as quais tem por finalidade reduzir a gravidade de um evento. Exemplos: cinto de segurança; sprinklers; protetores de flanges in linhas de ácidos e bases fortes. As barreiras protetivas não influenciam a probabilidade, mas sim a potencial severidade do evento, conforme experiência do time.

Hollnagel (2004) divide as barreiras de segurança em barreiras físicas ou materiais, que são as que obstruem o transporte de massa, energia ou informação de um ponto a outro, não requerendo que sejam percebidas ou interpretadas pelos indivíduos. Barreiras funcionais, que estabelecem pré-condições que devem ser atendidas antes que um evento ocorra. Uma barreira funcional pode estar tanto em uma condição ativa (*on*) quanto em uma condição inativa (*off*). Barreiras simbólicas, requerem interpretação, sendo que sua eficácia requer que o usuário perceba e

responda do modo previsto. Ainda, quanto a barreiras imateriais, que também requerem interpretação e, embora geralmente existam em meio físico, não estão fisicamente presentes na situação em que são necessárias. Assim, sua eficácia depende do conhecimento do usuário.

Percebe-se que as definições, apesar de abordadas de formas distintas, ou de modo mais detalhado por certos autores e modo mais abrangentes por outros, todas tem o mesmo objetivo final, o de criar barreiras de modo a prevenir e, caso não seja possível a prevenção, a mitigação das possíveis consequências em caso de ocorrência um evento indesejado, erro ou desvio de padrão operacional.

Nexte contexto, a empresa objeto estudo entende, através de procedimentos internos, que quanto a concepção, tipos e dispositivos de acionamento, barreiras podem ser:

- Passivas: Exerce sua função sem nenhuma ação. São barreiras materiais sem dispositivo de acionamento. Exemplo: bacia de contenção.
- Ativas: Exerce sua função quando acionada, podendo ser humana (procedimento) ou material (instrumental ou mecânico). Exemplo: ativação do sistema de sprinkler.

De modo a complementar os conceitos relacionados à barreiras de segurança, entre os diversos autores que apresentam seus conceitos, Reason (1997) apresenta o modelo do Queijo Suiço, o qual torna-se didático e de fácil compreensão dentro desta discussão. O modelo exemplificado na Figura 12, retrata basicamente que, devido à condições latentes existem falhas nos sistemas de defesa que, devido aos perigos de determinados processos e ambientes podem resultar em perdas. Em um sistema ideal, as defesas, ou barreiras de segurança, não apresentariam falhas, portanto os perigos seriam mitigados e, consequentemente, não haveriam perdas, conforme a Figura 13.

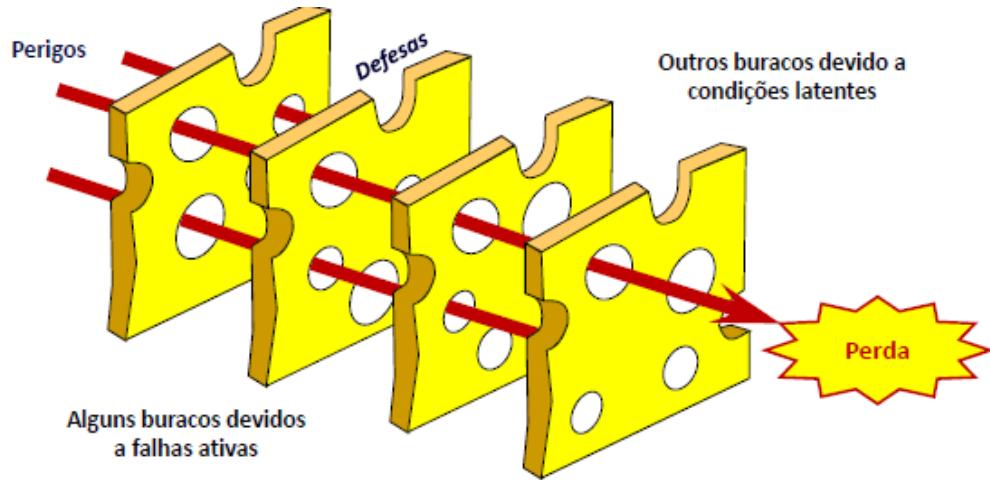


Figura 12 Queijo Suíço – Falhas
Fonte: Adaptado de Reason (2000)

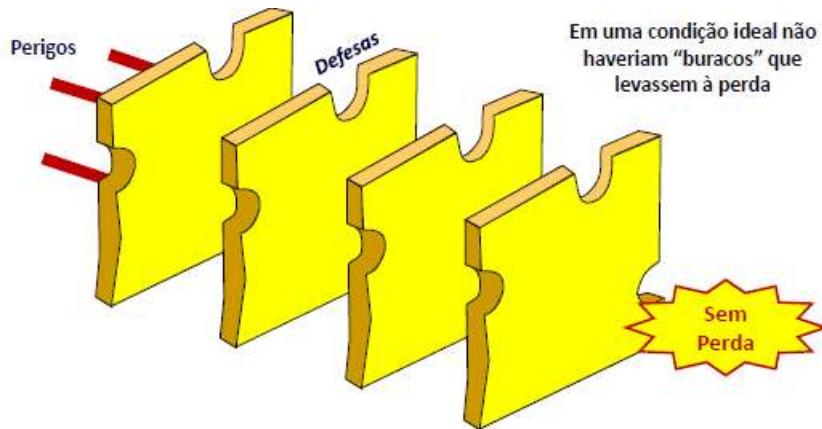


Figura 13 Queijo Suíço – Sem falhas
Fonte: Adaptado de Reason(2000)

Ainda, segundo procedimentos internos da empresa objeto de estudo, as técnicas utilizadas no presente trabalho, HAZID, HAZOP e LOPA/SIL, consideram o esquema abaixo que retrata o modelo de gestão baseado no conceito de barreiras de segurança. Pode-se notar que as barreiras preventivas tem o intuito de evitar eventos indesejados, por diversos motivos, entre eles falha humana, falha de projeto e falha de equipamento. Ainda, caso as barreiras preventivas falhem, faz-se necessário a existência de barreiras de mitigação, de modo a mitigar consequências

como fatalidades, perdas na produção e danos ao meio ambiente, conforme apresenta a Figura 14.

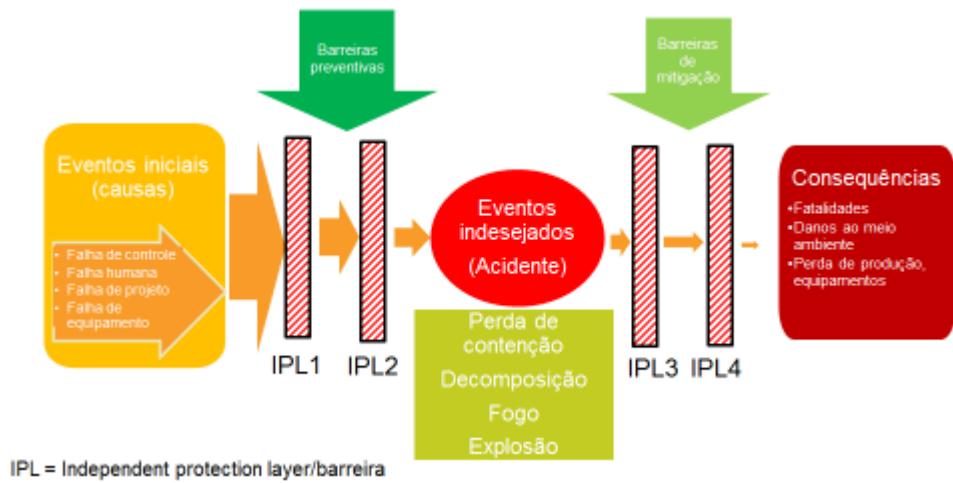


Figura 14 Barreiras de Segurança
Fonte: Procedimento interno empresa objeto estudo

Dentre as diversas técnicas de gestão riscos existentes, quatro técnicas em particular são bastante úteis no setor da indústria química, sendo elas o HAZID e HAZOP, e LOPA/SIL. Essas técnicas contribuem no sentido de auxiliar na identificação dos perigos e dos pontos (ou nós) mais críticos dentro das instalações industriais de processos. Deste modo, pode-se analisar e avaliar os riscos e fazer a gestão destes com base em barreiras de segurança. Além disso, no local objeto do presente estudo, estas serão as técnicas exploradas em maior profundidade. Sendo assim, cabe discuti-las de forma mais aprofundada nas seções posteriores.

2.4.1 HAZID (Identificação dos Perigos)

HAZID, do inglês (Hazard Identification) é uma técnica com a finalidade de identificação da natureza e escala dos perigos que podem acontecer durante uma operação. É um processo sistemático que objetiva evitar ou mitigar todos os impactos o quanto possível relacionados aos perigos identificados, tornando-se uma passo essencial na avaliação e gestão dos riscos. (SIDDQUI *et al.*, 2014)

Ainda, segundo os mesmos autores, é um processo que quebra um projeto em componentes menores, para que se possa identificar perigos específicos de

cada nó, dentro de uma instalação. Esta análise ajuda a identificar os perigos que podem trazer danos ou perdas às pessoas, materiais, ambientais, perda de produção ou passivo. O HAZID pode ser baseado na hierarquia de controle de riscos previamente estabelecida na organização, os quais requerem uma forma de controle, a fim de mitigar os riscos.

De modo a compreender um pouco mais a definição e o funcionamento da técnica, cabe aqui expor o que foi apresentado no URS AUSTRÁTILA PTY LTD (2005). O qual explicou HAZID como sendo uma técnica de análise de plantas industriais e instalações, realizados por equipes multi-disciplinares. O procedimento tem como objetivo gerar sistematicamente perguntas sobre os perigos do sistema particular em análise. Embora seja uma ferramenta abrangente de identificação do perigo, ele não pode garantir que todos os riscos, sejam maiores sejam menores, serão identificados. O estudo tem por objetivo essencial, analisar o processo seção por seção de modo a identificar possíveis desvios sistemáticos do padrão normal de operação. O HAZID usa palavras-guia que são cuidadosamente escolhidos para promover o pensamento criativo em todos os perigos e riscos possíveis.

É importante alinhar aqui os conceitos internos da empresa objeto de estudo, a qual tem definido por procedimentos internos que HAZID é uma ferramenta usada para ajudar a encontrar perigos e riscos associados com as instalações de processo. Deve ser usada na fase inicial de qualquer projeto ou modificação de instalações, de modo a analisar se existem riscos que precisam ser mitigados para que a instalação esteja de acordo com as exigências de segurança da empresa, a redução do risco pode ser obtida através da redução da probabilidade de ocorrência ou da consequência de um evento. Divide-se a instalação em partes, pela dificuldade de cobrir o projeto em uma única avaliação de riscos/planilha, a ferramenta traz uma série de perigos relacionados a riscos típicos de uma instalação/planta, outros podem ser adicionados conforme necessidade local. Para cada perigo listado, deve-se descrever o impacto e o controle (proteção de segurança existente/obrigatória).

O risco residual pode ser alto, médio ou baixo. O objetivo é um nível tão reduzido quanto seja razoavelmente praticável (*"as low as reasonably practical"* - ALARP). Se/quando o risco associado com um cenário foi reduzido a tal ponto que o

benefício de uma redução maior não é proporcional com os custos para essa redução, então pode-se dizer que foi reduzido a ALARP. A primeira parte do HAZID concentra-se nos perigos gerais associados, como perigos externos e ambientais, de saúde e mão-de-obra. Após, avalia-se os perigos associados a cada parte do processo identificada. O HAZID indicará se ações e documentações adicionais são necessárias. Mostrará também se será necessário estudos como HAZOP e SIL. Para colocar em operação, todas as discussões levantadas durante a avaliação e revisão do HAZID precisam ter sido endereçadas, fechadas e acordadas.

Em cada perigo identificado, deve-se descrever o possível evento indesejado. O HAZID irá indicar quando se faz necessário a aplicação da análise HAZOP/LOPASIL. A exigência de se realizar essa análise depende do risco associado com o processo ou parte do processo. Se o risco antes das medidas mitigatórias forem classificados como Médio ou Alto, conforme a figura apresentada no apêndice 1 do presente trabalho e Figura 15 um HAZOP/SIL é necessário, para que se possa assegurar que os riscos sejam controlados adequadamente.

| Alto Risco | Frequente | Medio | Baixo | Muito baixo | Extremamente baixo | Raramente |
|---------------------|-------------------------|--------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| Médio Risco (ALARP) | Mais de uma vez por ano | Mais de uma vez a cada 10 anos | Mais de uma vez a cada 100 anos | Mais de uma vez a cada 1000 anos | Mais de uma vez a cada 10.000 anos | Mais de uma vez a cada 100.000 anos |
| Baixo Risco | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| | Mais de 1/ano | Entre 1/ano e 1/10ano | Entre 1/10ano e 1/100 ano | Entre 1/100ano e 1/1000ano | Entre 1/1000 ano e 1/10.000ano | De 1/10.000a no para menos |
| Catastrófico | 1 | | 4 | 3 | 2 | 1 |
| Crítico | 2 | | 3 | 2 | 1 | |
| Perigo Alto | 3 | | 2 | 1 | | |
| Perigo Médio | 4 | | 1 | | | |
| Perigo Baixo | 5 | | | | | |

Figura 15 Matriz de Classificação dos riscos do HAZID

Fonte: Procedimento Interno Empresa Objeto estudo

Ainda, segundo o URS AUSTRÁTILA PTY LTD, HAZID report (2005) faz-se importante ressaltar nesta seção, que o HAZID é uma técnica de identificação de

perigos gerais, para análise breve de riscos ou ameaças primárias, é um primeiro passo em um processo de gestão de redução de riscos em uma planta industrial, em que o propósito é a identificação de possíveis incidentes ou eventos indesejáveis. Tais possíveis incidentes são classificados quanto à sua consequência e probabilidade. Neste momento, pode-se implementar medidas de modo a mitigar os riscos identificados. Caso, estes riscos ainda estiverem fora dos padrões aceitáveis, a técnica/ferramenta indicará que é necessário avaliar o cenário de maneira mais aprofundada, através da ferramenta HAZOP/LOPASIL, que será apresentada nas próximas seções.

Por fim, de modo a reforçar o que foi exposto, por procedimento interno, a empresa objeto estudo defende que quando altos riscos foram identificados durante o HAZID, ou ainda como boa prática quando riscos médios com severidade potencial 1 a 4 são identificados no HAZID, então as seguintes etapas devem ser completadas:

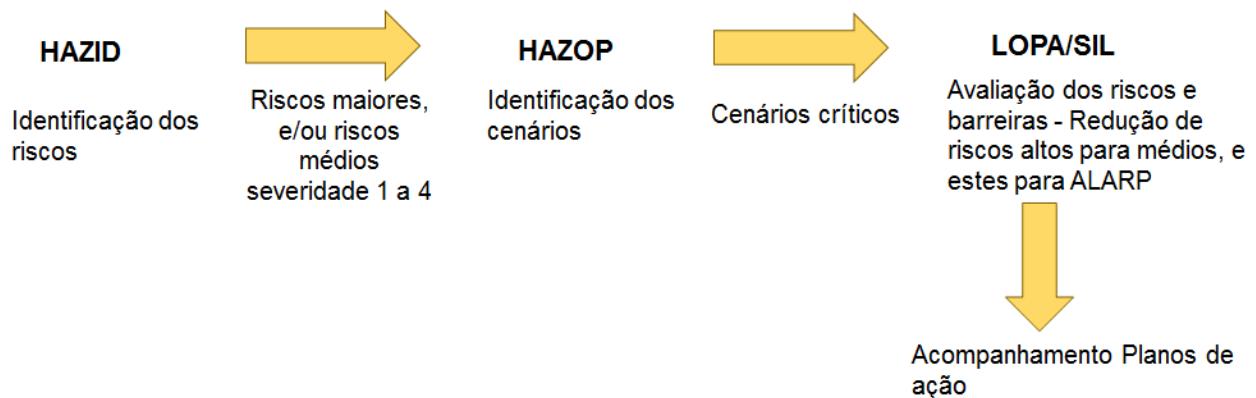


Figura 16 Fluxo de Aplicação de Técnicas para gestão de riscos
Fonte: Procedimento Interno Empresa Objeto estudo

2.4.2 **HAZOP (Análise de Perigos e Operabilidade)**

Segundo AGUIAR (2008), a técnica denominada Estudo de Perigo e Operabilidade – HAZOP (*HAZard And OPerability studies*), visa identificar os problemas de Operabilidade de uma instalação de processo, revisando metodicamente o projeto da unidade ou de toda fábrica. Esta metodologia é baseada em um procedimento que gera perguntas de maneira estruturada e sistemática através do uso apropriado de um conjunto de palavras-guias aplicadas a pontos críticos do sistema em estudo, semelhante ao HAZID, porém, mais completa e detalhada.

OLIVEIRA *et al.*, (2006) reforçam a definição citada acima afirmando que o principal objetivo de um Estudo de Perigos e Operabilidade é investigar de forma minuciosa e metódica cada segmento de um processo, visando descobrir todos os possíveis desvios das condições normais de operação, identificando as causas responsáveis por tais desvios e as respectivas consequências. Uma vez verificadas as causas e as consequências de cada tipo de desvio, esta metodologia procura propor medidas para eliminar ou controlar o perigo ou para sanar o problema de operabilidade da instalação. O HAZOP enfoca tanto os problemas de segurança, buscando identificar os perigos que possam colocar em risco os operadores e os equipamentos da instalação, como também os problemas de operabilidade, que embora não sejam perigosos, podem causar perda de produção ou podem afetar a qualidade do produto ou a eficiência do processo. Portanto, o HAZOP identifica tanto problemas que possam comprometer a segurança da instalação como aqueles que possam causar perda de continuidade operacional da instalação ou perda de especificação do produto.

Para MATOS (2009), um estudo de HAZOP deve contar com a participação de uma equipe multidisciplinar, formada por especialistas de engenharia, instrumentistas, operadores, engenheiros e técnicos de segurança. O êxito do estudo depende da experiência dos participantes. Ainda, devido ao seu nível de detalhe, esse estudo é considerado pela maioria dos autores como o mais completo, e é a técnica atualmente mais utilizada nas indústrias de processos químicos. Pela sua complexidade, demanda muito tempo dos participantes, e consequente custo para a companhia. Porém, segundo expõe o autor:

"companhias que utilizam o HAZOP como técnica de análise de perigos percebem que o processo opera com maior estabilidade, requer menor tempo para manutenção, há melhoria da qualidade do produto e redução da produção de resíduos, além da maior confiança na segurança do processo por parte dos funcionários da planta." (MATOS, 2009)

Ainda para Oliveira *et al.*, (2006), a técnica de HAZOP é essencialmente um procedimento indutivo qualitativo, no qual uma equipe examina um processo, gerando perguntas sobre o mesmo, de maneira sistemática. As perguntas, embora sejam estimuladas por uma lista de palavras-guia, surgem naturalmente através da interação entre os membros da equipe multidisciplinar (especialidades de operação, segurança, manutenção, etc.). Logo, essa técnica de identificação de perigos consiste, fundamentalmente, numa busca estruturada das causas de possíveis desvios em variáveis de processo, ou seja, na temperatura, pressão, vazão ou composição, em diferentes pontos do sistema (denominados nós de estudo ou simplesmente nós), durante a operação do mesmo.

Matos (2009) apresenta a sequência de passos tradicional em um estudo dirigido de HAZOP, são eles:

1. Separar o sistema em seções, ou nós;
2. Combinar as palavras-guia (ex.: Sem, Mais, Menos) com os parâmetros (ex.: Fluxo, Nível, Pressão), gerando os desvios;
3. Para cada desvio, listar as possíveis causas (razões pelas quais os desvios ocorrem), consequências (resultados dos desvios), salvaguardas existentes e freqüência de ocorrência do evento avaliando a necessidade ou não de alguma recomendação.

Palavras-guia são palavras simples utilizadas para qualificar a intenção do processo, guiando e estimulando a criatividade da equipe a fim de identificar desvios. As sete palavras-guia comumente utilizadas são: Sem, Mais, Menos, Bem Como, Parte de, Reverso, Outro. Parâmetros são os parâmetros aplicáveis ao processo sendo avaliado, como por exemplo fluxo, pressão, temperatura, nível e concentração. O desvio é a aplicação sistemática de palavras-guia a parâmetros do

processo, por exemplo: Mais + Pressão = Alta Pressão. O perigo ou problema operacional surge de um desvio da intenção do projeto ou da operação, por exemplo: a alta pressão pode causar ruptura ou explosão do tanque.

O objetivo final das recomendações será promover mudanças no projeto que aumentem a margem de segurança para os desvios, de forma que, dependendo da magnitude do desvio, as consequências não tenham grandes impactos tanto na segurança do processo quanto na operação.

Quanto à natureza dos resultados a se obter no HAZOP, Aguiar (2008) argumenta que tipicamente os principais resultados obtidos através da aplicação da técnica são a identificação dos desvios que possam gerar eventos perigosos ou desvios do padrão normal de operação e uma avaliação das consequências e seus efeitos destes desvios. Ainda, podem ser recomendadas mudanças no projeto, estabelecimentos ou mudança nos procedimentos de operação, teste e manutenção. Portanto, os resultados obtidos são puramente qualitativos, não fornecendo estimativas numéricas nem qualquer tipo de classificação em categorias. Ainda, para o autor, o processo de execução de um estudo de HAZOP é estruturado e sistemático. Portanto, se faz necessário o entendimento de alguns termos específicos que são utilizados no desenvolvimento de uma Análise de Riscos desta natureza:

- Nós-de-estudo (*Study Nodes*): são os pontos do processo, localizados através dos fluxogramas da planta, que serão analisados nos casos em que ocorram desvios.
- Intenção de operação: a intenção de operação define os parâmetros de funcionamento normal da planta, na ausência de desvios, nos nós-de-estudo.
- Desvios: os desvios são afastamentos das intenções de operação, que são evidenciados pela aplicação sistemática das palavras-guia aos nós-de-estudo, são distúrbios provocados no equilíbrio do sistema.
- Causas: são os motivos pelos quais os desvios ocorrem. A partir do momento em que um desvio tenha demonstrado possuir uma causa aceitável, ele pode ser tratado como uma ocorrência significativa e

analisado adequadamente. As causas dos desvios podem advir de falhas do sistema, erro humano, um estado de operação do processo não previsto (p. ex., mudança de composição de um gás), distúrbios externos (p. ex., perda de potência devido à queda de energia elétrica), etc.

- Consequências: as consequências são os resultados decorrentes de um desvio da intenção de operação em um determinado nó-de-estudo (p. ex., liberação de material tóxico para o ambiente de trabalho).
- Parâmetros de processo: são os fatores ou componentes da intenção de operação, ou seja, são as variáveis físicas do processo (p. ex., vazão, pressão, temperatura) e os procedimentos operacionais (p. ex., operação, transferência).
- Palavras-guia ou Palavras-chave (*Guide Words*): são palavras simples utilizadas para qualificar os desvios da intenção de operação e para guiar e estimular o grupo de estudo ao brainstorming. As palavras-guia são aplicadas aos parâmetros de processo que permanecem dentro dos padrões estabelecidos pela intenção de operação. Aplicando as palavras-guia aos parâmetros de processo, em cada nó-deestudo da planta em análise, procura-se descobrir os desvios passíveis de ocorrência na intenção de operação do sistema. Assim, as palavras-guia são utilizadas para levantar questões como, por exemplo: "O que ocorreria se houvesse mais ?" ou "O que aconteceria se ocorresse fluxo reverso?".

Ressalta-se, por fim, que apesar da similaridade, o HAZOP é uma técnica mais específica, que foge da identificação e classificação dos perigos e riscos. A partir do HAZOP, discuti-se os cenários que podem fazer a operação fugir do padrão normal de operação e propõe-se medidas mitigatórias, com o auxílio das ferramentas LOPA/SIL, as quais serão apresentadas na próxima seção.

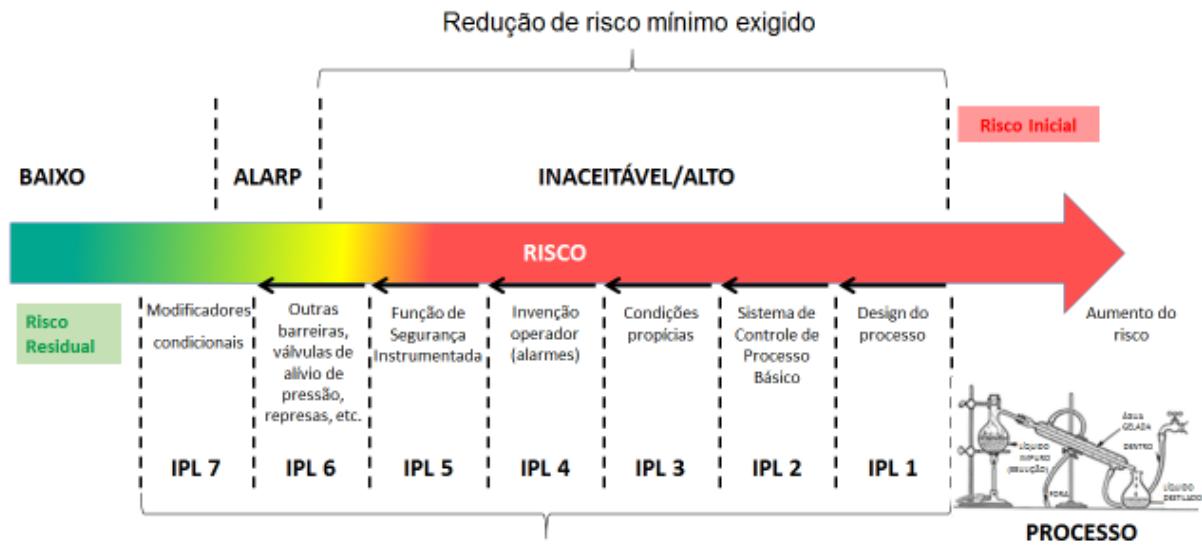
2.4.3 LOPA/SIL (Análise das Camadas de Proteção / Nível de Integridade de Segurança)

Segundo CHINAQUI (2012), a Análise de Camadas de Proteção (LOPA), acrônimo extraído do inglês *Layers of Protection Analysis*, é uma técnica simplificada de análise risco e é elaborada em sequência ao uso de uma técnica qualitativa de identificação de perigo como HAZOP. Pode ser definida como um técnica semi-quantitativa, pois gera uma estimativa do risco sendo seus resultados deliberadamente conservadores. A LOPA também pode ser aplicada em formas mais rigorosas e combinada com outras técnicas para resultados mais precisos (árvore de eventos, árvore de falhas, software de modelagem de consequências, etc ...) O foco principal de qualquer LOPA é determinar se existem dispositivos ou camadas de proteção um risco residual aceitável. Neste sentido, o LOPA utiliza categorias em ordem de magnitude para a frequência do evento iniciador, severidade das consequências, e probabilidade de falhas para as Camadas de Proteção Independentes (IPL's) para calcular o risco aproximado de um cenário. Dessa forma LOPA é uma técnica que fica entre uma simples técnica de análise quantitativa e uma técnica de análise quantitativa mais elaborada.

O LOPA estabelece se há IPL's suficientes para controlar o risco em um dado cenário de acidente. Se o risco estimado de um cenário não for aceito, IPL's adicionais devem ser acrescentados. Porém, está técnica não informa quais os IPL's devem ser acrescentados ou que projeto deve ser escolhido. O cenário é tipicamente identificado durante a análise de perigos, na avaliação de mudança ou revisão do projeto.

Na empresa objeto estudo, as barreiras consideradas seguem o padrão da Figura 17. Primeiramente, tem-se um risco inicial, o qual, dependendo das definições estabelecidas por normas internas, é por vezes inaceitável, a partir daí implementar-se uma série de barreiras de modo a reduzir o máximo possível de risco e mitigar o risco residual. São elas: Design do processo, sistema de controle de processos, criação de condições de redução, operação do operador, instrumentos de segurança, outras barreiras como válvulas, redutores de pressão e tanques redundantes. É através das barreiras que o risco será eliminado e, caso não seja possível eliminar o risco, as barreiras assegurarão que o risco residual em "ALARP"

tão reduzido o quanto for razoavelmente possível. Cabe ressaltar que cada barreira tem uma probabilidade de falha sob demanda (PFD), que traduz a probabilidade de uma barreira falhar, caso seja utilizada de modo a mitigar o risco. A redução de risco do processo, portanto, é medida através do produto da redução de risco de cada barreira.



Paralelo ao LOPA, faz-se necessário uma análise mais quantitativa do Nível de Integridade de Segurança (SIL).

A norma ANSI1 (2001) define SIS como a instrumentação e controles instalados com o objetivo de trazer o processo, ou equipamento específico no processo, para um estado seguro. Em outras palavras, os SIS são projetados para responder a condições perigosas da planta ou condições potencialmente perigosas (situações em que se uma ação não for tomada pode resultar num evento perigoso) (GRUHN e CHEDDIE, 2006) *apud* MELO (2012). O objetivo dos sistemas instrumentados de segurança (safety instrumented system - SIS) é reduzir o risco de um processo para um nível tolerável. O SIS alcança esse objetivo diminuindo a frequência de incidentes indesejáveis (MARSZAL e SCHARPF, 2002)

Deste modo, a quantidade de redução de risco que um SIS pode fornecer é representada pelo nível de integridade de segurança (Safety Integrity Level – SIL), que é definido por um intervalo de probabilidade de falha na demanda. Para MELO (2012) SIL é a representação estatística da integridade de um SIS, quando uma demanda de processo ocorre, sendo também usada para medir a confiabilidade do SIS. Os sistemas de controle são projetados para manter o processo dentro dos parâmetros de processo específicos considerados aceitáveis para a operação normal e segura da planta. Quando o processo excede o limite normal do funcionamento, pode apresentar risco potencial à vida humana, ao meio ambiente e aos ativos. Na fase de avaliação, os riscos são identificados juntamente com suas consequências e são definidos os meios para impedir sua ocorrência.

O risco identificado terá sua probabilidade reduzida tanto quanto o sistema prover de camadas preventivas. A redução do risco estabelece três critérios: O equipamento deve ser aprovado para as condições ambientais de onde será instalado; Os subsistemas deve possuir tolerância à falha necessária em virtude das falha perigosas apresentadas pelo processo; A Probabilidade de Falha sob Demanda (PFD) da SIF deve ser adequada aos riscos aceitáveis pela empresa.

Para fins do presente trabalho, segundo procedimento interno da empresa, o enfoque do SIL é estimar a confiabilidade das barreiras instaladas através do LOPA. A confiabilidade das barreiras que devem ser instaladas é quantificada em termos de SIL. Esse termo é pode usado para funções de segurança, bem como para outras barreiras. Quanto mais alto o SIL equivalente (= baixa PFD), assume-se que mais confiável é a barreira. O método aplicado utiliza uma abordagem simplificada, trabalhando com probabilidades e frequências em passos de 10 (0,1, 0,01, 0,001 e assim por diante), conforme apresentado na Figura 18.

| Nível SIL | Probabilidade de falha sob demanda em baixa demanda | Probabilidade de falha sob demanda em alta demanda |
|------------------|--|---|
| 1 | Menos que 0.1 | Menos que 10E-5 |
| 2 | Menos que 0.01 | Menos que 10E-6 |
| 3 | Menos que 0.001 | Menos que 10E-7 |
| 4 | Menos que 0.0001 | Menos que 10E-8 |

Figura 18 Nível SIL
Fonte: Procedimento Interno Empresa Objeto estudo

Após identificação dos cenários, severidade potencial e frequência do evento inicial, é estabelecido o SIL requerido. Adicionando-se as barreiras e PFDs das mesmas, à análise, por meio de cálculos matemáticos, é apresentado o SIL atingido.

Meta : SIL instalado \geq SIL requerido

Quando a meta não for atingida, barreiras devem ser adicionadas, e muitas vezes se faz necessário uma função instrumental de segurança.

3 PROPOSTA METODOLÓGICA

O presente trabalho caracteriza-se, primeiramente, sob uma abordagem qualitativa, uma vez que os dados serão analisados por meio do contato direto com o ambiente e a situação a qual está sendo investigada, sendo que:

“o uso dessa abordagem propicia o aprofundamento da investigação das questões relacionadas ao fenômeno em estudo e das suas relações, mediante a máxima valorização do contato direto com a situação estudada, buscando-se o que era comum, mas permanecendo, entretanto, aberta para perceber a individualidade e os significados múltiplos.” (Gil, 1999)

Bogdan e Biklen (2003) ainda afirmam que a pesquisa qualitativa tem o ambiente natural como fonte direta de dados e o pesquisador como seu principal instrumento. Esse tipo de obtenção e análise de dados supõe o contato direto e prolongado do pesquisador com o ambiente e a situação que está sendo investigada via de regra, por meio do trabalho intensivo de campo. Os dados coletados são predominantemente descritivos e o material obtido nessas pesquisas é rico em descrições de pessoas, situações, acontecimentos, fotografias, desenhos, documentos, etc. Todos os dados da realidade são importantes.

Adicionalmente, do ponto de vista da natureza, o presente estudo ainda caracteriza-se como uma pesquisa aplicada uma vez que esta objetiva gerar conhecimentos para a aplicação prática direcionados à solução de problemas e/ou ações de melhorias para situações específicas.

“A pesquisa aplicada é realizada com o intuito de resolver problemas ou necessidades concretas e imediatas. Muitas vezes, nessa modalidade de pesquisa, os problemas emergem do contexto profissional e podem ser sugeridos pela instituição para que o pesquisador solucione uma situação-problema.” (Appolinário, 2011)

Por fim, cabe ainda ressaltar que o presente trabalho caracteriza-se também por ser um estudo de caso, contando que o TCC abordará um estudo detalhado de uma série de aplicações de técnicas utilizadas no âmbito da indústria química, em um processo de gestão de riscos. Gil (2002) define estudo de caso como “O estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetos, de maneira que permita seu amplo e detalhado conhecimento. costuma ser utilizado tanto como estudo-piloto para esclarecimento do campo da pesquisa em seus múltiplos aspectos quanto para a descrição de síndromes raras. Seus resultados, de modo geral, são apresentados em aberto, ou seja, na condição de hipóteses, não de conclusões.”

Ainda, segundo o mesmo autor o estudo de caso vem sendo usado com diferentes propósitos, tais como:

- a. explorar situações da vida real cujos limites não estão claramente definidos;
- b. preservar o caráter unitário do objeto estudado;
- c. descrever a situação do contexto em que está sendo feita determinada investigação;
- d. formular hipóteses ou desenvolver teorias; e
- e. explicar as variáveis causais de determinado fenômeno em situações muito complexas que não possibilitam a utilização de levantamentos e experimentos.

3.1 Etapas Metodológicas

O desenvolvimento do presente estudo compreendeu as fases apresentadas no quadro da Figura 19.

| Objetivo Geral | Objetivos Específicos | Fase de Pesquisa | Como? |
|---|--|-------------------------------------|--|
| O presente trabalho tem por objetivo propor meios para a mitigação do riscos prioritários | Desenvolver um detalhamento do local objeto de estudo, quanto aos seus perigos e riscos, destacando os setores | Caracterização do Objeto de Estudo; | Apresentação da empresa objeto-estudo, através de levantamento de dados divulgados pela empresa; |

| | | | |
|----------------------------------|---|--|--|
| no âmbito de uma planta química. | críticos em relação à perigo; | Levantamento dos perigos e riscos associados aos principais locais/estações de trabalho do local objeto estudo e classificação dos locais críticos; | Através da aplicação da técnica HAZID; |
| | Com base nos riscos prioritários, investigar todos os possíveis desvios críticos de operação, seus riscos e possíveis consequências que podem causar danos para pessoas, produção e/ou meio ambiente; | Levantamento dos principais possíveis cenários de desvio do padrão normal de operação dos locais classificados como críticos e suas possíveis consequências; | Através da aplicação da técnica HAZOP; |
| | Propor encaminhamentos para mitigação dos riscos e da ocorrência dos cenários críticos pré-identificados; | Análise das barreiras de proteção necessárias e determinação do nível de integridade de segurança necessário ao sistema analisado; | Através da aplicação da técnica LOPA e SIL; |
| | Desenvolver uma discussão crítica quanto aos caminhos e principais desafios presentes no contexto da implantação das técnicas de análise e priorização de riscos do presente trabalho. | Determinação de meios de proteção de modo a eliminar os possíveis desvios de padrão de operação que possam comprometer a segurança de processo; | Análise de todas as barreiras de proteção listadas no HAZOP, e determinação se elas correspondem ao nível de integridade de segurança necessário ao sistema; |

Figura 19 Fases de Pesquisa

Fonte: Elaborado pelo autor

3.1.1 **Caracterização do Objeto de Estudo**

De modo a iniciar um estudo de análise de perigos e riscos dentro de uma indústria, primeiramente é necessário entender o ambiente que será estudado. Dentro deste contexto, a primeira análise a ser feita é um levantamento de informações sobre a empresa. Informações como tamanho, setor, produtos produzidos, volumes de produção, média do número de funcionários e localização

geográfica são muito importantes. Além de serem de fácil acesso, pois são divulgados pela empresa. Deste modo, objetiva-se criar um relatório de uma a duas páginas que dê uma visão geral sobre a empresa objeto-estudo.

Para a execução desta fase da pesquisa, será necessário primeiramente, fazer um levantamento de todo o material divulgado pela empresa via internet. Após, deve-se analisar quais as informações podem ser abstraídas internamente à empresa. Uma vez aprovado, pode-se fazer levantamentos de documentos internos, bem como procedimentos, plantas baixas, número de funcionários em cada setor etc. E ainda pode abstrair dados através de entrevistas e questionários. Essa fase da pesquisa demanda um período de 1 semana e é necessária como parte do atendimento do primeiro objetivo específico deste trabalho.

3.1.2 Levantamento dos perigos e riscos associados aos principais locais/sistemas da planta estudada e classificação dos locais críticos

3.1.2.1 Descrição geral do sistema e Formação da Equipe HAZID

Esta etapa comprehende a fase de preparação do HAZID. O responsável pela ferramenta (HAZID líder), deverá reunir todas as informações que possam ser pertinentes à análise do local que será estudado. A partir desta etapa as informações devem ser mais específicas e voltadas à planta a qual será analisada, diferentemente da etapa 3.1.1, a qual é mais geral e voltada à informações da empresa de modo abrangente.

Desta maneira, estas informações deverão ser coletadas com base em informações passadas pela gerência, a qual solicitou que fosse realizado um HAZID, internamente na empresa, em documentos como projetos de instalação, procedimentos operacionais, manuais de maquinários, entrevistas com engenheiros e gerentes etc.: Este levantamento de informações servirá como uma descrição técnica do sistema e irá nortear a equipe quanto ao campo que será analisado.

Esta etapa de pesquisa demandará um período de aproximadamente duas semanas. Ainda, a presente etapa é necessária de modo a atingir o objetivo específico de desenvolver um detalhamento do local objeto de estudo, quanto aos

seus perigos e riscos, destacando os setores críticos em relação à perigo. Também, este é o momento em que se deverá formar a equipe que conduzirá o HAZID, a equipe deve ser multidisciplinar contando com profissionais de setores diferentes. Ainda, deverá contar com o HAZID líder, que deve ser a pessoa com maior conhecimento em segurança de processos e na ferramenta de análise.. Por conseguinte, nesta fase será necessário reunir os demais integrantes da equipe de setores distintos, que possam gerar visões diferentes acerca do mesmo sistema. Tais setores podem ser: setor projetos, setor de operação, setor de manutenção, setor de meio ambiente, setor de instrumentação, etc.

Para reunir a equipe, o HAZID líder deve selecionar aqueles funcionários que estejam mais familiarizados com o local e o processo que será analisado. É de fundamental importância que ele alinhe a demanda com o líder imediato desses funcionários e só então faça o convite propriamente dito ao funcionário.

Esta etapa da pesquisa demandará um período de uma semana, e pode ser feita em paralelo à outras etapas. Espera-se, com esta etapa, contemplar parte do objetivo específico de desenvolver um detalhamento do local objeto de estudo, quanto aos seus perigos e riscos, destacando os setores críticos em relação à perigo.

3.1.2.2 Análise dos perigos gerais

Sabendo que a primeira parte do HAZID concentra-se nos perigos gerais associados à planta industrial, como perigos externos, ambientais, de saúde e mão-de-obra. Esta etapa compreende a análise e avaliação deste perigo, deste modo os perigos gerais devem ser avaliados uma vez para o projeto/intalação inteira. Estes perigos deverão ser analisados através da ferramenta, que traz uma série de perigos relacionados a riscos típicos de uma instalação/planta, além disso outros podem ser adicionados conforme a necessidade local. Para cada perigo listado, deve-se descrever o possível impacto e o controle (proteção de segurança existente). Se o perigo não for relevante, deve ser preenchido NA (não aplicável).

A ferramenta de HAZID induz o time a se basear na matriz de riscos presente na figura 13, apresentada no capítulo 2.4.1 deste trabalho, para a classificação do risco de determinado cenário analisado. O risco residual pode ser alto, médio ou baixo. O objetivo a ser alcançado nesta etapa é atingir um risco de nível tão reduzido quanto seja razoavelmente praticável (“as low as reasonably practical” - ALARP). Se/quando o risco associado com um cenário foi reduzido a tal ponto que o benefício de uma redução maior não é proporcional com os custos para essa redução, então pode-se dizer que foi reduzido a ALARP.

De modo a cumprir o objetivo desta etapa deve-se analisar a planta industrial de maneira abrangente, tendo em mente os perigos gerais de uma indústria química e o ambiente em que a unidade está exposta, independente dos processos específicos. Exemplo: se a planta está próxima ao mar, deve-se considerar efeitos como maresia, corrosão e ventos. Os possíveis perigos virão da análise da equipe, a qual vai listar as situações de modo qualitativo. Ainda, o líder deverá induzir as perguntas chave, de modo a estimular a análise criteriosa da equipe.

Por conseguinte, os perigos gerais deverão ser analisados quanto à perigos ambientais, perigos patrimoniais, perigos da instalação, perigos à saúde ocupacional, etc. Os quais serão sugeridos pela planilha de HAZID.

Esta etapa de pesquisa demandará um período de aproximadamente 8 horas de reuniões com a equipe HAZID, sendo estas horas divididas conforme a disponibilidade do time. Ressalta-se que o tempo de análise dependerá do time e do tamanho da planta a ser estudada. Espera-se com esta etapa contemplar o objetivo específico de desenvolver um detalhamento do local objeto de estudo, quanto aos seus perigos e riscos, destacando os setores críticos em relação à perigo.

3.1.2.3 Divisão da instalação em partes (Seções de processo) e análise dos perigos associados a cada seção

Tendo em vista a complexidade de se fazer uma análise mais detalhada de uma planta industrial de uma só vez, nesta etapa deverá ser feito a divisão da instalação em partes, uma vez que a ferramenta de análise não comporta uma

análise de planta completa em uma só planilha. Esta divisão deverá ser feita através de um comum acordo da equipe, após se analisar o projeto, e o tipo de processo químico de cada seção. A ideia aqui é facilitar a avaliação dos riscos, deste modo, processos muito diferentes ou muito distantes geograficamente devem compreender seções diferentes. Exemplo: Seção A é o armazém X, que corresponde o processo de acidulação, enquanto a seção B, é o armazém Y, que corresponde a linha de utilidades.

Após o estabelecimento de cada seção, deve-se aplicar o HAZID de modo separado para cada uma delas, investigando os possíveis desvios do processo em específico, que possam gerar algum tipo de perigo para pessoas, produção e meio-ambiente. Essa investigação deverá ser feita de modo indutivo, com o envolvimento e levantamento de opiniões da equipe. Dentro de cada seção, o líder deve induzir a equipe a levantar possíveis cenários os quais possam gerar algum perigo e as possíveis causas e condições que levariam a ocorrência deste determinado cenário. Um exemplo no âmbito da indústria química pode ser uma explosão gerada pela mistura de produtos químicos incompatíveis, causada pela desatenção de um operador, ou pelo armazenamento dos frascos de forma errônea.

De modo a melhor detalhar o ‘como fazer’ esta etapa da pesquisa, segue a sequência de etapas para a aplicação da ferramenta HAZID:

Primeiramente deve-se inserir na ferramenta o(s) evento(s) indesejáveis relacionados com as perguntas guia propostas. Na mesma linha existem campos para relatar as causas e condições para que o evento ocorra, bem como as consequências. Ainda, deve-se aplicar a matriz de análise de riscos presente na figura 13, apresentada no capítulo 2.4.1 deste trabalho, porém para aplicar a matriz neste momento, deve-se considerar que não existe nenhuma medida de contenção, nem barreiras de proteção. Este fluxo, pode ser melhor analisado na Figura 20, abaixo.

| | # | Hazard/Guidewords | Unwanted event(s) leading to the consequence (or not applicable, NA) | Cause/conditions | Consequence | Risk WITHOUT Mitigation Measures | | |
|-----------------------|---|--|--|------------------|-------------|----------------------------------|-----------|------|
| | | | | | | Severity | Frequency | Risk |
| Environmental Hazards | 1 | General emission levels/Air/Soil/Water | | | | | | |
| | 2 | Noise to surroundings | | | | | | |
| | 3 | Accute releases/Air/Soil/Water | | | | | | |
| | 4 | Collision/loss of contaiment | | | | | | |
| | 5 | Other | | | | | | |

Figura 20 Planilha HAZID
Fonte: Empresa objeto-estudo

Após a primeira parte da análise, a equipe deve identificar as barreiras de proteção que evitariam a ocorrência do cenário analisado já existentes no sistema, e aplicar a matriz de análise de riscos presente na figura 13, apresentada no capítulo 2.4.1 deste trabalho novamente, porém desta vez considerando as barreiras. Ao término desta análise, a própria ferramenta indicará se será, ou não, necessário a aplicação de um HAZOP para aquele sistema, conforme a figura J, apresentada abaixo.

| Risk Reduction/Elimination or Mitigation Measures | Risk WITH Mitigation Measures | | | Hazop/SIL analysis required |
|---|-------------------------------|-----------|------|-----------------------------|
| | Severity | Frequency | Risk | |
| | | | | |

Figura 21 Planilha HAZID, segunda parte
Fonte: Ferramenta HAZID, fornecida pela empresa objeto estudo

Esta etapa corresponderá a um período de aproximadamente 12 horas de reuniões, dependendo da complexidade da planta analisada e da experiência do time. Com o término desta fase, pretende-se concluir por completo o primeiro objetivo específico: desenvolver um detalhamento do local objeto de estudo, quanto aos seus perigos e riscos, destacando os setores críticos em relação à perigo.

3.1.3 ***Levantamento dos principais possíveis cenários de desvio do padrão normal de operação dos locais classificados como críticos e suas possíveis consequências.***

3.1.3.1 **Preparação do HAZOP**

Após a definição do local de estudo, oriundo das análises de HAZID, conforme apresentado na etapa anterior deste procedimento metodológico (caso o HAZID constate que será necessário a aplicação do HAZOP), o líder do HAZOP deverá, nesta etapa, assegurar que todas as informações referentes ao processo que será analisado estará propriamente disponível antes que o encontro de análise seja realizado. Apesar de as informações relevantes poderem variar de acordo com o processo analisado, e não haver um padrão de informações a serem levantados. O HAZOP líder deverá fazer este levantamento coletando especificações de equipamento, capacidade do processo, matéria prima utilizada, procedimentos e instruções operacionais.

O que é item obrigatório antes do início das análises é ter em mãos o diagrama do sistema e, de preferência a definição dos nós de estudo. O diagrama do sistema deverá ser um desenho em 2D do sistema que será estudado, contendo todas as entradas e saídas do processo, bem como todas as válvulas, tubulações, tanques e dispositivos do processo. Não há regras claras, mas o aconselhável é fazer o desenho à mão e depois desenhar no computador através de softwares.

A definição dos nós dentro do sistema desenhado deverá ser feita com base nos seguintes critérios:

1. Considerar nó homogêneo: linhas com um fluxo de processo comum no mesmo estado e com relativa proximidade à condição de operação normal;
2. Se houver uma alteração de estado ou se uma reação de transformação de matéria prima estiver ocorrendo, considere o equipamento como um nó;

3. Recomenda-se não começar com nós muito pequenos, pois isso pode resultar em excesso de redundâncias na planilha de HAZOP e confusão posterior;
4. A decisão quanto ao tamanho de um nó pode ser depende da complexidade do processo, seu escopo / tamanho e a experiência da equipe.

Ainda, é nesta etapa de preparação que o HAZOP líder deverá montar a equipe que conduzirá as análises. As características e padrão de equipe deverá seguir as mesmas especificações do HAZID, apresentado na seção anterior deste procedimento metodológico.

Esta etapa da pesquisa levará um período de aproximadamente uma semana e é o primeiro passo para alcançar o segundo objetivo específico: 'Com base nos riscos prioritários, investigar todos os possíveis desvios críticos de operação, seus riscos e possíveis consequências que podem causar danos para pessoas, produção e/ou meio ambiente'.

3.1.3.2 Identificação das possíveis causas e consequências dos cenários de desvio de operação em cada nó e Identificação das Barreiras de Proteção

Nesta etapa, deverão ser levantados as possíveis causas e consequências dos cenários de desvio do padrão de operação de cada nó estudado. Diferentemente do HAZID, o HAZOP tem por objetivo uma análise mais detalhada de um sistema em específico, e os possíveis cenários são sugeridos pela planilha do HAZOP. Cabe ao HAZOP líder fazer estes levantamentos estimulando a equipe através de perguntas chave, a imaginar todas as possíveis causas que poderiam levar o acontecimento do cenário em questão. Exemplo: Equipe, o que poderia fazer com que a máquina X parace de receber óleo? E qual seria a consequência?

Conforme a equipe levanta as informações instigadas pelo líder, este deve preencher a planilha padrão, de modo claro e que esteja de acordo com todos.

Ainda, o HAZOP líder deverá ler, em voz alta, o que escreveu na planilha para confirmar com a equipe se as informações foram escritas de maneira correta.

Uma vez identificadas e listadas as causas e consequências dos cenários propostos, o time deverá listar todas as diferentes barreiras de proteção existentes que podem contribuir para a não ocorrência daquele evento indesejado imaginado ou para a redução dos riscos. Nesta etapa, deverá ser estimulado que todas as barreiras de proteção sejam somente listadas, sem se fazer estimativas em relação à eficácia da barreira, ou da dependência que uma barreira tem da outra. Após listar, as barreiras devem ser classificadas de acordo com a figura 15 listada na revisão teórica no capítulo 2.4.3, deste trabalho.

Ainda, nesta etapa o time já deve começar a listar possíveis recomendações e ações caso julguem que as barreiras de proteções existentes não sejam o suficiente para assegurar a segurança do processo, ou caso identifiquem oportunidades de melhorias para o processo estudado. Estas recomendações deverão ser escritas na planilha do HAZOP, em que apresenta uma coluna para as ações propostas pelo time ao lado de cada cenário.

Concomitantemente, a equipe deverá determinar a frequência do evento inicial, que nada mais é do que a frequência de ocorrência da causa de determinado evento, listada no HAZOP. Esta frequência deverá ser classificada na coluna G, da planilha do HAZOP de A a F, de acordo com o quadro apresentado na Figura 22.

| Frequência do Evento Inicial: | |
|--------------------------------------|-------------------------|
| F: | Mais de uma vez por ano |
| E: | >0.1/ano - 1/ano |
| D: | >0.01/ano a 0.1/ano |
| C: | >0.001/ano a 0.01/ano |
| B: | >0.0001/ano a 0.001/ano |
| A: | >0.0001/ano para menos |

Figura 22 Frequência do evento inicial
Fonte: Elaborado pelo autor

Esta etapa de pesquisa corresponderá há pelo menos 8 horas de reunião com o time do HAZOP, dependendo da experiência do time e complexidade do sistema. Com isto, pretende-se atingir o objetivo 'Com base nos riscos prioritários, investigar todos os possíveis desvios críticos de operação, seus riscos e possíveis consequências que podem causar danos para pessoas, produção e/ou meio ambiente' do presente trabalho.

3.1.4 *Análise das barreiras e determinação de meios de proteção*

Esta seção trata da análise das barreiras de proteção necessárias e determinação do nível de integridade de segurança necessário ao sistema analisado e Determinação de meios de proteção de modo a eliminar os possíveis desvios de padrão de operação que possam comprometer a segurança de processo. Com base na consequência do evento, devidamente descrita na coluna de consequências do HAZOP, a equipe deverá estimar o potencial de gravidade da consequência deste evento, porém sem as camadas de proteção em funcionamento, Imagindo que nenhuma medida de controle preventivo esteja ativa, assim determina-se o quanto severo o evento analisado pode ser em relação à:

- 1 Dano para as pessoas
- 2 Dano ao ambiente
- 3 Perdas de equipamentos e perdas de produção (econômicas)

Essa classificação deverá ser feita com base na figura apresentada no apêndice 1 deste trabalho, que corresponde à matriz de severidade da consequência de determinado evento, esta severidade pode ser classificada em uma escala de 1 a 5, sendo 5 a pontuação mais severa, e deve ser devidamente preenchida na planilha do HAZOP, conforme Figura 23 abaixo.

| J | K | L | CONSEQUENCE RATING |
|----|-----|-----|--------------------|
| HS | Env | Eco | |
| 5 | 0 | 4 | |
| | | | ▼ |

Figura 23 Escala de severidade HAZOP
Fonte: Ferramenta de Análise HAZOP

A partir deste ponto, a ferramenta, com base na gravidade da consequência e na frequência inicial do evento, irá apresentar a redução de risco necessário ao sistema como o SIL equivalente. O resultado será apresentado nas colunas M, O, Q e S, sendo que a coluna S (Overall expressed equivalent SIL) corresponderá à maior classificação do índices de segurança, meio ambiente e produção (colunas M, O e Q), este será o nível de integridade de segurança necessário ao sistema. Vale reforçar que o método aplicado utiliza uma abordagem simplificada, trabalhando com probabilidades e frequências em passos de 10 (0,1, 0,01, 0,001 e assim por diante), conforme Figura 24, apresentada no referencial teórico deste trabalho.

| J | K | L | M | O | Q | S |
|--------------------|---------------------------------|-----|----|-----|-----|----------------------------------|
| CONSEQUENCE RATING | REQUIRED SAFETY LEVEL (ALL IPL) | | | | | |
| HS | Env | Eco | HS | Env | Eco | Overall expressed EQUIVALENT SIL |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 3 | 2 | 4 |

Figura 24 Nível de Integridade de Segurança necessário
Fonte: Ferramenta de Análise HAZOP

Cabe aqui ressaltar que este número é calculado levando em consideração que o sistema não está munido com nenhuma barreira de proteção. Ainda, mesmo

que o Equivalent SIL (nível de integridade de segurança necessário ao sistema) seja determinado a partir do maior índice entre as coluna M, O e Q, ele não deve estar diretamente associado à exigência de um SIL específico, uma vez que este número representa a redução global do risco exigida. Uma redução aceitável do risco global pode ser obtida por uma combinação de barreiras de proteção independentes, como válvulas de alívio de pressão, alarmes, etc.:

Na sequência desta etapa, o time deverá revisar todas as barreiras de proteção listadas durante o HAZOP, e analisar se elas são o suficiente para corresponder ao nível de integridade de segurança requerido pelo sistema. Os tipos de barreiras de proteção analisados são os mesmos dos apresentados na Figura 25 deste trabalho, e deverão ser avaliadas de acordo com a probabilidade de falha sob demanda (PFD). Cada barreira de proteção deverá ser analisada pela equipe e individualmente, se a equipe concluir que ao ser acionada, a barreira tem grandes possibilidades de não funcionar, o HAZOP líder deverá classificar a PDF desta barreira como 1, caso contrário deverá classificar a PDF da barreira como 0,1. Essa análise deverá ser feita através da experiência do processo e equipamentos e definida em comum acordo pela equipe. A ferramenta irá calcular automaticamente, com base na combinação de todas as barreiras, se o sistema está de acordo com o nível de integridade de segurança mínimo exigido. Se estiver de acordo, a equipe poderá considerar o sistema como um sistema segura, senão, deverá repensar as barreiras ou até mesmo em um redesign de processo.

| U | V | W | X | Y | Z | AA | AB | AC | AD | AE | AF | AG | AH | AI | AJ | AK |
|-------------------|-----|-----|-----------------------|-----|-----|---------------------------------|--------------|-------------------------|-----|-----|------|--------------------|-----|----------------------------|-----|---------------------------------|
| SAFEGUARDS | | | | | | | | | | | | | | | | |
| BPCS | | | Operator Intervention | | | SIS | | | | | | Instrument General | Add | Passive Protection Devices | | Automatic Consequence Reduction |
| Item | PFD | Ref | Item | PFD | Ref | Sensors - Logic - Final Element | SIL Achieved | Minimum SIL Recommended | PFD | Ref | Item | PFD | Ref | Item | PFD | Ref |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |

Figura 25 Análise das Barreiras de Segurança
Fonte: Ferramenta de Análise HAZOP

Com o término desta etapa, espera-se concluir o terceiro objetivo específico do presente trabalho: Propor encaminhamentos para mitigação do riscos e da ocorrência dos cenários críticos pré-identificados. Ainda, o período de tempo esperado para concluir esta etapa é basicamente o mesmo da etapa anterior, uma

vez que esta análise é feita em paralelo ao HAZOP. Portanto, de 8 a 16 horas de reunião, dependendo da complexidade do sistema analisado e na experiência da equipe.

3.1.5 Análise qualitativa das dificuldades encontradas ao longo da aplicação das técnicas de gestão de riscos

Esta etapa ocorrerá em paralelo às outras etapas do trabalho, e corresponderá basicamente a uma análise qualitativa das dificuldades encontradas em todo o processo de gestão de riscos e técnicas aplicadas ao longo do trabalho. Esta etapa deverá ser feita através do levantamento de informações e anotações no que tange as dificuldades que se encontraram ao longo do desenvolvimento do trabalho. Ao final, pode-se apresentar em um relatório com todas as informações levantadas sintetizadas.

Com o término dessa etapa implica no cumprimento do último objetivo específico do presente trabalho, o qual consiste em “desenvolver uma discussão crítica quanto aos caminhos e principais desafios presentes no contexto da implantação das técnicas de análise e priorização de riscos do presente trabalho”.

4 RESULTADOS

4.1 Caracterização do Objeto de Estudo

O local objeto de estudo consite na unidade de uma empresa multinacional com operações em mais de 50 países e vendas em mais de 150 países. Com origem na Noruega em 1905, fabricando adubos minerais, a empresa passou a expandir a gama de produtos e a incorporar diversas outras empresas até se tornar a produtora líder mundial de amônia, nitratos, NPK e fertilizantes especiais. Com mais de 12.000 colaboradores e vendas de 26,3 milhões de toneladas de fertilizantes em 2014, a empresa continua com a estratégia de ser cada vez a maior empresa em volume de vendas e a melhor empresa no que tange a qualidade do produto.

As operações no Brasil são de fundamental importância para as ações estratégicas da corporação uma vez que, o país emergiu como uma potência agrícola mundial sendo o principal produtor da América do Sul, porém as operações realizadas no Brasil ainda se resumem na produção, ensaque e distribuição de fertilizantes.

Ainda, no Brasil a empresa é dividida em dois segmentos, o primeiro correspondendo ao Upstream¹ da cadeia de produção, com quatro plantas industriais, sendo três delas em Rio Grande e uma em Ponta Grossa-PR, responsáveis pela produção de fertilizantes, englobando os processos químicos de acidulação e granulação, os quais tem o objetivo de transformar rocha e minerais em fertilizantes granulados com alto teor de nutrição de plantas. O segundo segmento, responsável pela mistura, ensaque e distribuição dos fertilizantes, contempla trinta e

¹ O termo Upstream significa o segmento de produção na cadeia de suprimentos do objeto de estudo

duas unidades espalhadas pelo Brasil inteiro, sendo ele o seguimento downstream² na cadeia de suprimentos, e não produz o produto.

É importante ressaltar a importância que a empresa em questão dá para a segurança dos seus colaboradores. Dentro de toda e qualquer unidade dela a segurança é a licença para operar, fatores como lucratividade e produtividade ficam em segundo plano quando se trata da segurança do colaborador. Com o advento de programas focados na segurança dos colaboradores, a segurança passa a ser em linha, em que todo e qualquer colaborador tem a responsabilidade de cuidar de si e do próximo, tendo a autonomia de parar qualquer atividade ao se sentir inseguro, também tem a autonomia de abortar um colega e o orientar a respeito de questões que tangem à segurança.

A estratégia de mercado da corporação atualmente é investir em pesquisas e conhecimentos para desenvolver produtos com alto valor agregado e qualidade, que possibilitem ao agricultor superar os limites de produtividade ano após ano. Dentro desta óptica, as linhas de produtos denominadas Premium possibilitaram o desenvolvimento de produtos com alto teor nutricional para cada cultura de plantação. Estratégia esta que já mostra resultados positivos, uma vez que diferencia a empresa objeto estudo como marca de qualidade e melhor retorno.

Alguns números divulgados pela empresa em sua página oficial:

- Receitas (2014): USD 11,8 bilhões (USD 10,5 bilhões em 2013)
- EBITDA (2014): USD 2 bilhões (USD 1,6 bilhões em 2013)
- Vendas de fertilizantes (2014): 26,3 milhões de toneladas (23,7 milhões de toneladas em 2013)
- Vendas industriais (2014): 6,6 milhões de toneladas incluindo fosfatos alimentares e CO2 (6 milhões de toneladas em 2013 incluindo CO2)
- Número de colaboradores (2014): 12.073 (9.759 em 2013)

No que tange a unidade industrial objeto de estudo, ressalta-se que a unidade de produção está localizada na cidade de Rio Grande, no sul do estado do Rio

² O termo Downstream significa o segmento de distribuição na cadeia de suprimentos do objeto de estudos.

Grande do Sul. É um site estratégico para servir uma parte importante do mercado brasileiro. A unidade possui um cais privado em um dos principais portos do Brasil, ocupando o terceiro lugar no volume de fertilizantes. O site possui unidades de acidulação e granulação. A capacidade anual de produção de fertilizantes granulados é de cerca de 800 mil toneladas. Os produtos da planta de acidulação são pó SSP e pó TSP. A planta de granulação fornece SSP granulado e NPK. Em Rio Grande existem quatro unidades de mistura e ensacamento. Os produtos acabados podem ser entregues a granel, em sacos pequenos ou em sacos grandes.

O site oferece uma vantagem competitiva para abastecer o mercado brasileiro por caminhão, trilho ou barcaça. O cais privado é outra vantagem competitiva, uma vez que permite o controle do manuseio de matérias-primas de entrada e produtos acabados de saída por barcaças ou por embarcações marítimas. O cais também fornece serviços para terceiros. A capacidade anual total para o cais é de mais de 2,5 milhões de toneladas.

A unidade manteve um forte foco em melhorar constantemente o desempenho relacionado a questões ambientais, de segurança e de qualidade, a unidade possui certificação ISO 14001 e 9001. Da mesma forma, a segurança, a qualidade de vida e a responsabilidade social e ambiental são fundamentais para o desenvolvimento da unidade e seus funcionários. Para isso, em 2008, a metodologia Kaizen foi adotada, para continuar a melhorar o desempenho em segurança, limpeza e eficiência dos processos de produção.

Por fim, cabe aqui ressaltar o alinhamento da política da unidade em relação às normas corporativas acerca de Segurança de processos, a qual afirma, por meio de procedimentos, que o bom desempenho em segurança pessoal não assegura um bom desempenho em segurança de processo, embora exista muito em comum. Bom desempenho em segurança de processo requer uma profunda compreensão dos perigos e riscos específicos associados com os produtos químicos que são manuseados ou armazenados e com as operações de processo que são realizadas numa planta em particular. Neste contexto enquadrou-se o presente estudo, o qual está alinhado às diretrizes da empresa e reflete a extrema importância da estratégia de gestão de riscos direcionados à Segurança de Processos.

4.2 Levantamento dos perigos e riscos associados aos principais locais/sistemas da planta estudada e classificação dos locais críticos

, e seguiram o seguinte fluxo de análise apresentado na Figura 26

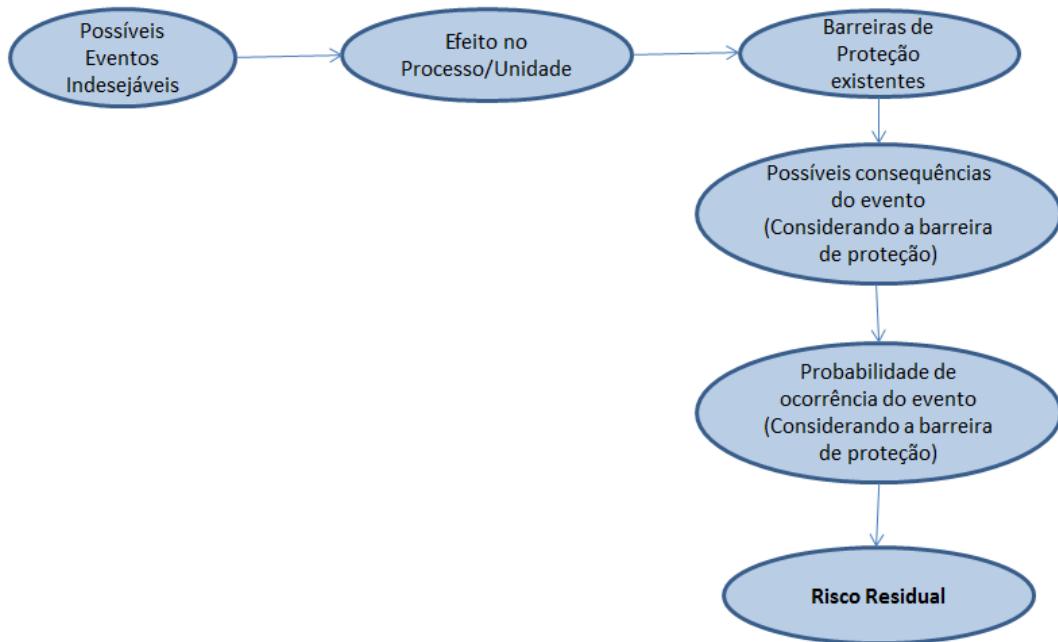


Figura 26 Fluxo de análise HAZID no local sob estudo
Fonte: Elaborado pelo autor

Sendo assim, as análises começaram pela parte dos perigos naturais, os quais são relacionados ao clima. Deve-se considerar aqui possíveis desastres naturais e/ou anomalias de clima que podem vir a acarretar alguma consequência para a instalação industrial de modo geral. Foram considerados nesta etapa a estrutura do parque industrial como um todo, os processos em específico e problemas pontuais não foram analisados em detalhe. Deste modo, após aplicar a ferramenta HAZID foi gerado um relatório em forma de tabela, conforme pode-se verificar resumidamente nas figuras que seguem, do presente capítulo e na íntegra no APÊNDICE 1.

| Eventos Indesejáveis | | Efeito no Processo/Unida de | Barreiras de Proteção existentes | Consequências com as Barreiras de Proteção | | Probabilidade (com as Barreiras de proteção) | Risco Residual |
|----------------------------|------------------------------|---|---|--|---------|--|----------------|
| Palavras-Guia | Direcionamento | | | Descrição | C (1-5) | P (1-5) | |
| Perigos Naturais | | | | | | | |
| Clima | Vento | Danos à instalação | Seguir norma de construção NBR | Ventos maiores que 55m/s | 1 | 0 | |
| Tempestades de Chuva | Relâmpagos | Pegar fogo, fatalidade. | PPCI e Sistema SPDA | Queima de equipamentos, choque elétrico. | 3 | 3 | |
| Estruturas | Estrutura do solo | Solo arenoso | Avaliação da Resistência do solo | Afundamentos | 4 | 1 | |
| | Fundação do solo | Solo arenoso | Avaliação da Resistência do solo | Queda da estrutura. | 4 | 0 | |
| Impactos Ambientais | | | | | | | |
| Descargas na Atmosfera | Ventilação | Descargas de gases ao meio ambiente | Geração de O3 | Pequenos odores | 5 | 2 | |
| | Emissões | Emissão de material particulado | Projeto de filtros-mangas considerando os controles para evitar emissões fugitivas. | Contaminação do ar e solo | 3 | 2 | |
| | Eficiência Energética | Aumento de emissões devido à queima de combustível. | Reducir consumo de combustíveis fósseis e uso de combustíveis renováveis. | Contaminação do ar | 4 | 1 | |
| Descargas na água | Drenagem | Descarga de água ao meio ambiente | Efluente líquido recircula em um circuito fechado. | | 5 | 0 | |
| Descargas no Solo | Drenagem | Descargas de H2O no ambiente | Tratamento por circuito fechado. | H2O contaminada vazia para o ambiente | 4 | 2 | |
| | Derrame de Produtos Químicos | Vazamentos | Novo layout com contenção interna ao redor dos prédios | Contaminação do solo | 4 | 2 | |

Figura 27 Primeira parte do HAZID para o local sob estudo

Fonte: Elaborado pelo autor

Em relação aos perigos naturais, conclui-se através das análises da equipe, que os possíveis perigos são em relação à ventos maiores que 55m/s, relâmpagos, e a estrutura do solo, os quais incluem afundamentos, queda de estrutura e afundamento de estrutura devido à lixiviação do solo calcário. Porém, apesar destes perigos representarem riscos consideráveis à segurança de processo da instalação, estes riscos são mitigados pelas barreiras de proteção existentes.

Em relação aos impactos ambientais, a equipe HAZID observou que os possíveis perigos estão ligados às emissões de gás e de materiais particulados ao meio ambiente, queima de combustível, a drenagem que tem potencial de descarregar e escorrer para fora dos patrimônios da empresa e ainda ao derrame de produtos químicos. Entretanto, todos estes riscos são suficientemente controlados pelas barreiras de proteção existentes, como o tratamento dos efluentes líquidos, projetos de controle de emissões, contenção de vazamento de produtos químicos e redução do consumo de combustíveis.

Após, foram analisados perigos externos e de terceiros:

| Eventos Indesejáveis | | Efeito no Processo/Unida de | Barreiras de Proteção existentes | Consequências com as Barreiras de Proteção | | Probabilidade (com as Barreiras de proteção) | Risco Residual |
|--|------------------------|--|---|--|---------|--|----------------|
| Palavras-Guia | Direcionamento | | | Descrição | C (1-5) | P (1-5) | |
| Perigos Externos e de Terceiros | | | | | | | |
| Atividades de desordem | Greves | Paralisação dos colaboradores da empresa a ser contratada | Política de gerenciamento de contratadas (TOPS 1-12) e manter bom relacionamento com a empresa. | Atraso da entrega da obra | 4 | 2 | |
| | Mão de Obra contratada | Greves e protestos de empresas terceiras e competição de mão-de-obra | Gestão de pessoas | Atraso da entrega da obra e falta de mão-de-obra na operação | 4 | 3 | |

Figura 28 Segunda parte do HAZID para o local sob estudo

Fonte: Elaborado pelo autor

Conclui-se, através das análises críticas da equipe em relação aos perigos externos e de terceiros, que os maiores perigos que possam comprometer a segurança do processo são em relação à greves, tanto em relação aos colaboradores da própria empresa quanto em relação à terceiros. Essas questões são tratadas pela empresa através de políticas de gerenciamento de pessoas e políticas de gestão pública, e os riscos são suficientemente controlados.

Após, afunilam-se as análises um pouco mais, desta vez em relação à instalações situadas dentro do processo. Nesta etapa não foram analisados os possíveis desvios de processo, e sim possíveis perigos oriundos de possíveis sinistros, conforme imagem abaixo:

| Eventos Indesejáveis | | Efeito no Processo/Unidade | Barreiras de Proteção existentes | Consequências | | Probabilidade | Risco Residual |
|----------------------|-----------------------------------|--|--|--|---------|---------------|----------------|
| Palavras-Guia | Direcionamento | | | Descrição | C (1-5) | | |
| Incêndios | Sala de controles | Incêndio | PPCI | Perda de equipamentos, danos à unidade, lesão pessoal. | 3 | 3 | |
| Entrada de Fumaça | Entrada em salas de controle | Entrada de fumaça nas salas de controles | Detector de fumaça; Máscara de fuga. | Lesão pessoal | 4 | 3 | |
| Entrada de Gases | Entrada de gases em áreas seguras | Entrada amônia nas salas de controle | Detector de fumaça; Máscara de fuga. | Lesão Pessoal | 4 | 3 | |
| Físicos | Iluminação | 1,2,3,4 | Seguir a NBR 5413 | Doenças Ocupacionais | 5 | 0 | |
| | Barulho | 1,2,3,4 | Seguir a NR 15 Norma regulamentadora; equipamentos de proteção individual. | Doenças Ocupacionais | 5 | 2 | |
| Temperatura | Frio/Calor Extremo | 1,2,4 | Seguir a NBR 16401 – Condições de conforto térmico | Doenças Ocupacionais | 5 | 2 | |
| | Isolamentos | 2,4 | Equipamentos isolados térmicamente (Ex.: fornalha). | Danos à qualidade do produto | 5 | 2 | |
| Atmosfera | Fumaças residuais | Contaminação ou Área industrial | Equipamentos com sistema de exaustão (Ex.: despoieiramento) | Intoxicação | 4 | 3 | |
| | Espaços Confinados | Períodos de manutenção | Seguir a NR 33 | Morte | 5 | 2 | |

Figura 29 Terceira parte do HAZID para o local sob estudo

Fonte: Elaborado pelo autor

Conforme apresenta a Figura 29, gerada pela ferramente, conclui-se que, para questões de perigos nas instalações dentro do processo, como salas de controle, áreas de circulação de pessoas, áreas seguras e etc.: Ou seja, as áreas que ficam dentro do parque industrial e até mesmo do processo, mas não são áreas em que pessoas intervén diretamente na linha de produção, existem ameaças de incêndios, entrada de fumaça e entrada de gás. E apesar de o risco residual ser razoavelmente alto, ele é aceitável, pois existem barreiras de mitigação que reduzem riscos e consequências. Exemplo dessas barreiras são PPCI, detectores de fumaça e máscaras de fuga. Conclui-se ainda, que em relação à saúde existem alguns perigos principalmente relacionados ao ambiente de produção. Iluminação, frio, calor são itens a serem tratados de acordo com normativas regulamentadoras, assim como os espaços confinados que conta com um robusto sistema de permissão para trabalho, que funciona como uma barreira de proteção para possíveis acidentes. Ainda, existem equipamentos de isolamentos e de exaustão que funcionam como barreiras térmicas e de mitigação de fumaças.

Após as análises dos perigos gerais em relação à planta industrial foco do presente estudo, passa-se a analisar os perigos e riscos gerais do processo. Sendo assim, de modo a organizar e melhor comportar as análises, o processo foi divido em 3 grandes partes, são elas moagem, acidulação e granulação.

Em relação à moagem, segue na Figura 30 o relatório resumido em forma de quadro, gerado pela ferramentas após as análises realizadas pela equipe de HAZID, pode-se encontrar o quadro completo gerado pela ferramenta no apêndice 3.

| Eventos Indesejáveis | | Efeito no Processo/U nidade | Barreiras de Proteção existentes | Consequências | | Probabilid ade | Risco Residual |
|-----------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|--|-----------------|---------|----------------|----------------|
| Palavras-guia | Direcionamento | | | Descrição | C (1-5) | | |
| Manutenção | Operações de manutenção no processo | | Plano de manutenção – Empresa Objeto de Estudo | | 4 | 4 | Amarelo |
| Amostragem | Erro do Operador | NA | Equipamento específico para coleta da amostragem | Danos à pessoas | 4 | 2 | Verde |
| Colisão | Batida | Alimentação com pás carregadeiras | Velocidade controlada, Tacógrafo. Segregação de pedestres. | | 3 | 3 | Amarelo |
| Queda | De nível mais alto | | Escadas e guardá-corpos seguindo a norma. | | 4 | 2 | Verde |
| | Afogamento | Queda na moega de rocha | Moega fechada, tampa de inspeção com grade. | | 3 | 3 | Amarelo |
| | A poeira | Contato com pó da rocha | Equipamentos de despoieiramento (filtro manga), EPI's | | 5 | 1 | Verde |
| Manuseio de materiais | Elevação/lçamento | Construção e manutenção | PT especial, Plano de Segurança. | | 3 | 3 | Amarelo |

Figura 30 Relatório decorrente da aplicação do HAZID no setor de moagem

Fonte: Elaborado pelo autor

No que tange as análises referentes ao processo de moagem, concluiu-se que os maiores perigos são referentes à manutenção do equipamento, tendo em vista que é uma moega fechada e isolada. Ainda assim, existem alguns perigos de operação como a alimentação do equipamento e contato com o pó da rocha, porém, todos riscos são suficientemente reduzidos pelas barreiras de proteção existentes.

A segunda parte refere-se ao processo de acidulação, a qual os resultados do HAZID foram resumidos nas figuras 31 e 32. Pode-se encontrar a tabela completa no apêndice 4.

| Eventos Indesejáveis | | Efeito no Processo/Unidade | Barreiras de Proteção existentes | Consequências | | Probabilidade | Risco Residual |
|--|--------------------|--|--|---|---|---------------|----------------|
| Palavras-Guia | Direcionamento | Descrição | | | | C (1-5) | P (1-5) |
| Condições de Processo | Pressão máxima | Linha de alimentação de ácido sulfúrico e ácido fosfórico a 5 bar. Linha de Ácido fluosilícico a 5 bar. Transferência pneumática de rocha moída a 3 bar. | Barreira física, inspeção de linha, câmeras de vídeo para controle. Seleção adequada de material Base de projeto, proteção contra respingos em torno de flanges (RF) | Lesão Permanente | 3 | 2 | |
| | Temperatura máxima | Diluição H ₂ SO ₄ é 150 °C A temperatura de reação é a 130 °C | H ₂ SO ₄ design é 180 °C Design é 160 °C. Proteção térmica Diluidor em grafite Linha de alimentação com revestimento interno. | Contato com diluidor de H ₂ SO ₄ e linha de alimentação para misturador | 3 | 2 | |
| Reação Química Indesejada | | Falta de rocha – risco de queda de ácido | Posição das esteiras (layout adequado) para evitar a queda que comprometa pessoas/processo. | | 3 | 1 | |
| Resíduos do processo - inflamável - não inflamável | Nuvens de gás | Formação de H ₂ por ação corrosiva de H ₂ SO ₄ diluído. | Material selecionado em base de design. O ventilador acionado se necessário Sistema de drenagem quando a planta para | Explosão se presença de ignição (operação de manutenção) | 3 | 3 | |

Figura 31 Relatório decorrente da aplicação do HAZID no setor de acidulação 1

Fonte: Elaborado pelo autor

| Eventos Indesejáveis | | Efeito no Processo/Unidade | Barreiras de Proteção existentes | Consequências | | Probabilidade | Risco Residual |
|-------------------------------|-------------------------|---|--|--|---|---------------|----------------|
| Palavras-Guia | Direcionamento | Descrição | | | | C (1-5) | P (1-5) |
| Resíduos do Processo – Tóxico | Detecção de gases | Gases de fluoro Odor (sulfetos, orgânicos). Concentração de O ₃ no prédio O ₃ | A detecção de gás (HF) será instalada com base na avaliação de risco. Gerador diesel em 1 ventilador / linha para manter a ventilação. Ventilação de construção para redução de odor por gerador de O ₃ na pilha Detector O ₃ com alarme local. | Ferimento para pessoas por gases HF. Reclamação da população próxima Lesão permanente (doença celular) | 4 | 3 | |
| Manutenção | | | | Plano de manutenção Robusto | 4 | 4 | |
| Queda | De nível mais alto | | | Escadas e guarda-corpos seguindo a norma. | 4 | 2 | |
| Contato | Com Eletricidade | Parada do processo por falha no sistema elétrico | NR 10 e sistema isolados que exigem Permissão de Trabalho para intervenção | | 3 | 2 | |
| | Com fluidos químicos | Ácido sulfúrico | Tubulação fechada, inspeções, câmeras de vídeo para controle. | | 3 | 3 | |
| | Com químicos corrosivos | | Área controlada, EPI's. | | 4 | 2 | |
| Exposição | A gases perigosos | Gás do sistema de lavagem. | Área controlada, EPI's. | | 4 | 2 | |
| | A poeira | Pó da rocha | Ciclonagem, despoieiramento. | | 3 | 2 | |
| Manuseio de materiais | Elevação/ içamento | Construção e manutenção | PT especial, Plano de Segurança. | | 3 | 3 | |

Figura 32 Relatório decorrente da aplicação do HAZID no setor de acidulação 2

Fonte: Elaborado pelo autor

Em relação à acidulação, pode-se observar que a equipe identificou alguns perigos relacionados à pressão máxima do processo, uma vez que a operação é

realizada com ácido sulfúrico pressurizado, também em relação à vazamento de ácido do sistema em caso de falha de alimentação da rocha. Ainda, quando se lida com ácidos existem perigos de contato com o produto químico e com os possíveis fluidos. Além dos perigos de manutenção e intervenção no equipamento. Todavia, a empresa conta com um sistema robusto de segurança para a operação desta etapa do processo, em que os equipamentos são isolados e contam com sistemas de lavagem e evaporação e válvulas de controle em casos de falhas ou de possíveis desvios dos padrões normais de operação. Deste modo, os riscos são mitigados ao máximo possível e o risco residual torna-se aceitável.

Finalmente, foi analisado o processo de Granulação, do qual apresenta-se os resultados resumidos nas 3 figuras que seguem (Figura 33, Figura 34 e Figura 35) e, da mesma forma que as análises anteriores, pode-se encontrar os quadros completos no apêndice 5.

| Eventos Indesejáveis | | Efeito no Processo/Unida de | Barreiras de Proteção Existentes | Consequências | | Probabilidade | Risco Resi | Comentário |
|------------------------------------|---------------------|--|--|--|---------|---------------|------------|--|
| Palavras- | Perigos do Processo | | | Descrição | C (1-5) | P (1-5) | | |
| Condições do Processo | Pressão máxima | Fornalha a cavaco; Pressão no lavador do sistema de lavagem acima da capacidade. Ácido sulfúrico | Limitador de nível para evitar excesso de carga; Barreira física, inspeção de linha, câmeras de vídeo para controle. | Queda do lavador, perda de produção. | 3 | 4 | | Interlock do limitador de nível com as bombas 60BB02 e 60BB02R |
| | Temperatura mínima | Temperatura do óleo deve ser no mínimo 70°C | Aquecimento; isolamento na linha de óleo; procedimentos operacionais. | Perda de qualidade | 5 | 5 | | |
| | Temperatura máxima | Óleo tanque de serviço granulação (ponto de fulgor=180°); temperatura da fornalha máxima de 1350 °C. | Shutdown automático da fornalha; Controle por termostato no tanque de óleo | Explosão (tanque de óleo); destruição do refratário da fornalha. | 3 | 4 | | Ter acompanhamento de temperatura de óleo de recobrimento do tanque de serviço no painel da granulação |
| Liberação do processo - inflamável | Gases | Névoa de óleo de recobrimento | Controle de temperatura do óleo; | Lesão pessoal – queimadura | 5 | 2 | | |

Figura 33 Relatório decorrente da aplicação do HAZID no setor de granulação 1

Fonte: Elaborado pelo autor

Na primeira parte das análises do processo de Granulação nota-se que existe um risco bastante alto em relação à pressão máxima, pois o lavador operante no sistema de lavagem da fornalha à cavaco opera acima de sua capacidade, a barreira de proteção existente é um limitador de nível, porém esta barreira é considerada ineficiente. Ainda, outro item que tem um risco residual alto é a temperatura máxima,

mais uma vez os riscos estão relacionados com a fornalha, neste caso podendo resultar em uma explosão do tanque de óleo em caso de aumento excessivo de temperatura. Conclui-se, após estes dois itens que será necessário uma análise mais aprofundada da fornalha, neste caso um HAZOP.

| Eventos Indesejáveis | | Efeito no Processo/Unidade | Barreiras de Proteção Existentes | Consequências | | Probabilidade | Risco Residua I |
|------------------------------------|------------------------|---|---|---|---------|---------------|-----------------|
| Palavras-Guia | | | | Descrição | C (1-5) | P (1-5) | |
| Liberação do processo - inflamável | Fogo | Sistema de alimentação da fornalha. Alta temperatura na área próxima. Restrições térmicas sobre o material que aumenta o dano rápido. Risco de incêndio na tremronha de alimentação (fluxo de calor). | Exaustão forçada dos gases quentes pela chaminé | Fatalidades | 2 | 3 | Red |
| | Explosão | Tanque de óleo de recobrimento e Sistema de Ignição da fornalha com gases. | Sistema de válvulas de segurança | Fatalidades | 2 | 3 | |
| Ventilação | Descarga na Atmosfera | Liberação de gases e material particulado | Sistema de lavagem; filtro manga. | Poluição ambiental; reclamações da população. | 4 | 2 | Green |
| Manutenção | | Manutenção corretiva, e programadas mensais e anuais | Procedimentos; permissão de trabalho; APR; inspeções nas ferramentas. | Lesão pessoal | 4 | 3 | Yellow |
| Amostragem | Erro de operação | Operadores retiram amostra da saída do secador; amostra de matéria- prima e cavaco. | Uso de EPIs | Batida contra | 2 | 4 | Red |
| Colisão | | Risco de colisão de pá carregadeira | Cancela; velocidade máxima permitida. | Lesão pessoal; dano material. | 2 | 2 | Red |
| Queda | No mesmo nível | Tropeções na unidade | | Lesão pessoal | 5 | 5 | Yellow |
| | Para um nível inferior | Operador de silo; subir nos filtros manga. | Uso do cinto de Segurança | Lesão pessoal | 4 | 3 | Yellow |
| Tropeco | | Tropeções na unidade | | Lesão pessoal | 5 | 5 | Yellow |
| Espremer, apertar | | Correias transportadoras. | NR 12 e Normas Internas | Lesão pessoal | 2 | 4 | Red |

Figura 34 Relatório decorrente da aplicação do HAZID no setor de granulação 2
Fonte: Elaborado pelo autor

Conclui-se, com a sequência das análises, que existem riscos em relação à geração de fogo, oriundo do sistema de alimentação da fornalha, o qual o sistema de exaustão forçada não é o suficiente para atender o nível de proteção requerido pelo sistema. Da mesma forma, existe o risco de explosão nos tanques de óleo de recobrimento e no sistema de ignição da fornalha, que funciona com gases GLP. A equipe de HAZID encontrou ainda alguns riscos referentes à manutenção, amostragem, colisão, queda, batida contra e aperto, sendo que os maiores riscos são referentes à retirada das amostras de produto do secador, em que a temperatura é alta e corre o risco de queda e de batida contra, e a barreira de

proteção existente (Uso de EPI's) não é suficiente, portanto adotou-se a ação de providenciar um amostrador adequada e adequar o guarda-corpo. Outro risco alto é o referente às correias transportadoras, que necessitam serem adequadas conforme NR-12 (MTE, 2016) (norma regulamentadora de proteção de equipamentos) tendo em vista a melhor proteção dos colaboradores ao entrar em contato com equipamentos em movimento. Por fim, existe o risco alto de colisão com as pás carregadeiras, e as barreiras de proteção como cancela e velocidade controlada não são suficientes para operar de maneira segura, sendo assim optou-se por adotar o procedimento de restrição e cuidados para acesso à corredores.

| Eventos Indesejáveis | | Efeito no Processo/Unidade | Barreiras de Proteção Existentes | Consequências | | Probabilidade | Risco Residual |
|-----------------------|-------------------------|---|--|------------------------------------|---------|---------------|----------------|
| Palavras-Guia | Descrição | | | C (1-5) | P (1-5) | | |
| Contato | Com objetos cortantes | Durante atividades de manutenção. | Inspeção nas ferramentas; Instruções operacionais. | Lesão pessoal | 5 | 4 | |
| | Com químicos corrosivos | Contato com água acidulada por vazamento no Sistema de lavagem. | Ação do operador | Lesão pessoal; dano ambiental. | 5 | 5 | |
| | Com vapor | Controle do vapor que entra no granulador vazamentos. | | Perda de vapor; lesão pessoal. | 5 | 5 | |
| | Poeira | Poeira presente no processo | Uso de EPIs por parte dos colaboradores | Lesão pessoal (doença ocupacional) | 5 | 5 | |
| Manuseio de Materiais | Elevação | Atividades de manutenção | Procedimento; permissões de trabalho. | Lesão pessoal | 4 | 3 | |

Figura 35 Relatório decorrente da aplicação do HAZID no setor de granulação 3

Fonte: Elaborado pelo autor

Nesta parte, foram analisados os perigos e riscos referentes à impacto, contato e exposição de pessoas com objetos cortantes, químicos corrosivos, vapor, poeira e ainda a atividade de manuseio de materiais. Todos os possíveis eventos são bem controlados e as barreiras de proteção são satisfatórias.

4.3 Levantamento dos principais possíveis cenários de desvio do padrão normal de operação dos locais classificados como críticos e suas possíveis consequências

Após as análises de perigos gerais através da ferramenta HAZID, concluiu-se que será necessário realizar uma análise mais profunda no sistema que compreende a fornalha de alimentação do granulador.

A partir daí, a primeira etapa foi a de montar a equipe de HAZOP, esta equipe foi formada por profissionais de diversas áreas: Analista de Segurança de Processos, Engenheiro de Processos, Especialista de Produção, Técnico de Segurança, Analista de Manutenção, Analista de Meio ambiente, Estagiário Segurança e contou com a participação de Operadores de Produção quando necessário.

Em seguida, foi construído o diagrama do processo e levantados os dados mais importantes da fornalha:

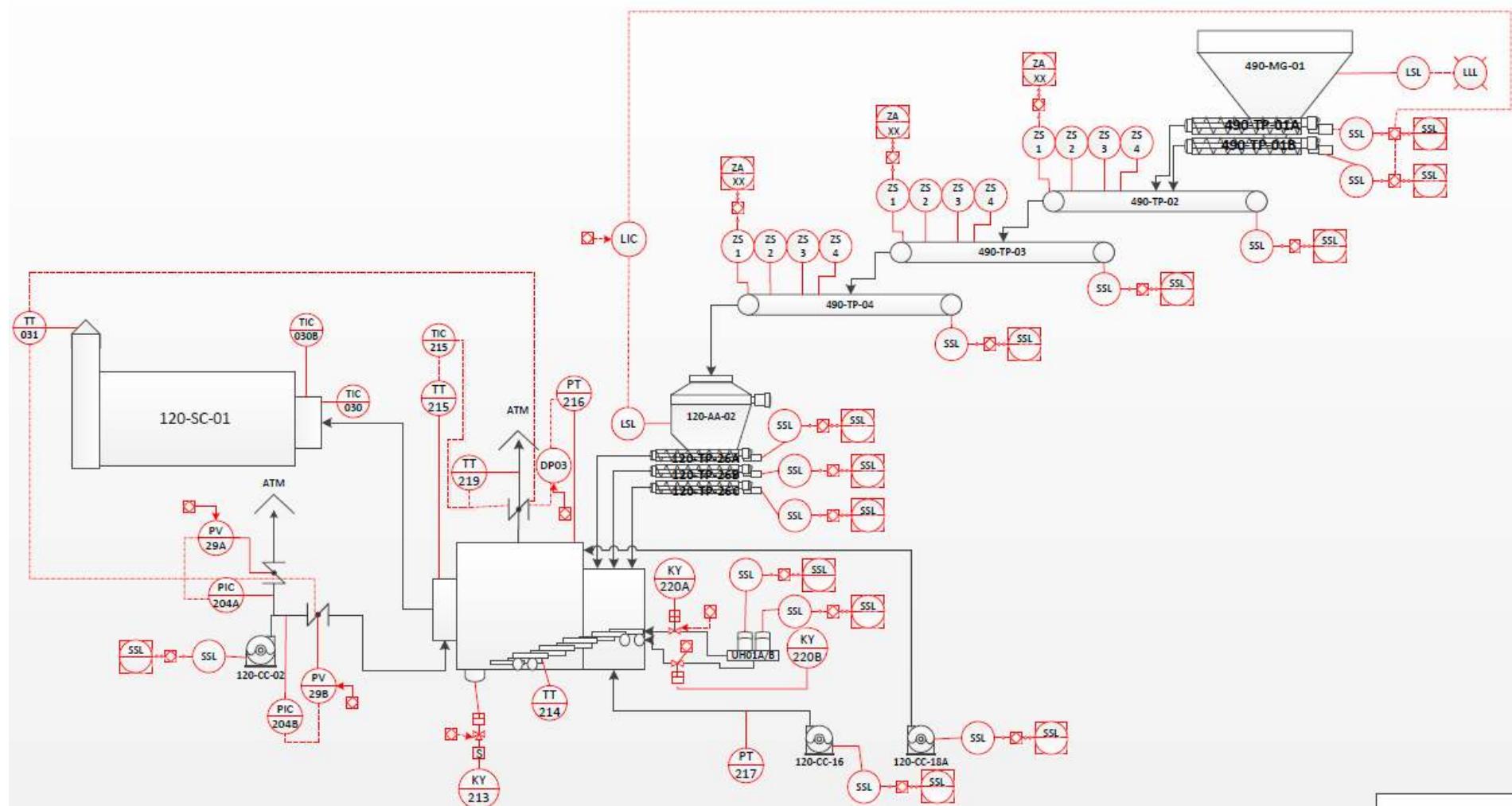


Figura 36 Diagrama do Processo – Fornalha
Fonte: Empresa Objeto Estudo

A fornalha estudada foi dimensionada para:

1. Possibilitar o aquecimento do combustível para que seja atingida a temperatura de ignição de forma auto-sustentável;
2. Promover a mistura do ar com o combustível a uma dosagem ideal;
3. Propiciar a retenção dos gases oriundos da queima do combustível por um intervalo de tempo, de tal forma, a ocorrer a combustão completa. Isto porque estes gases, ao sofrerem combustão, liberam energia calorífica.

Estes fatos constituem o que na empresa convencionou-se chamar po 3Ts da combustão que são: Temperatura do combustível, Tempo de Execução e Turbulência do ar.

Ainda, algumas das características gerais da fornalha a cavaco em questão são:

- Capacidade calorífica: 15.000.000 Kcal/h;
- Pressão da fornalha admissível: 5 – 8 mmH2O;
- Combustível (fonte de calor): Cavaco (umidade máxima 50%) e tora;
- Temperatura máxima: 1.200 graus Celcius;
- Alimentação: 6 ton/h.

Equipamentos:

- Ventilador primário 120-CC-16;
- Ventilador secundário 120-CC-17;
- Unidade hidráulica 120-UH-01A e B;
- Unidade de extração de cinza.

Logo, a equipe optou por separar o processo de funcionamento da caldeira em 2 nós, de modo a facilitar as análises, conforme apresentado na Figura 37 e na Figura 38.

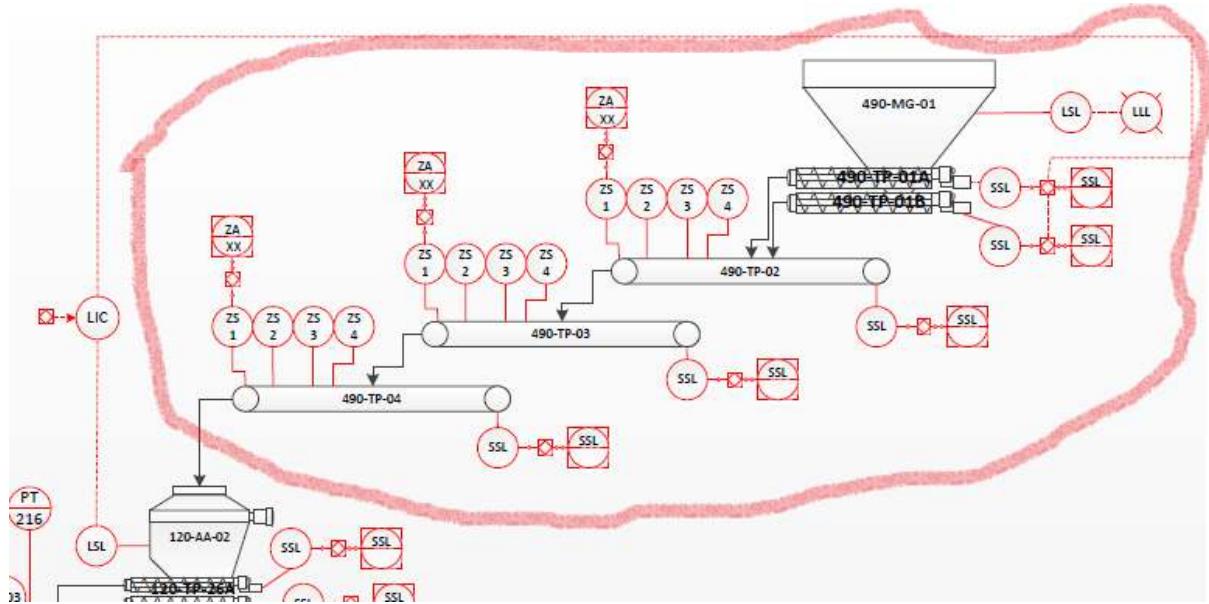


Figura 37 Fornalha N° 1
Fonte: Empresa Objeto Estudo

O primeiro nó é chamado de ‘Sistema de combustível (Alimentação e transporte de cavaco)’ e começa no pátio e termina na entrada da moega 2 (120-AA-02) depois de transportado para a câmara de combustão da fornalha pelas moegas e correias transportadoras: 490-MG-01, 490-TP/02, 490-TP-03 e 490-TP-04. É um processo de transporte, sem alterações física nem químicas no cavaco, pode haver alguma degradação física durante o transporte e opera sob temperatura ambiente e pressão atmosférica.

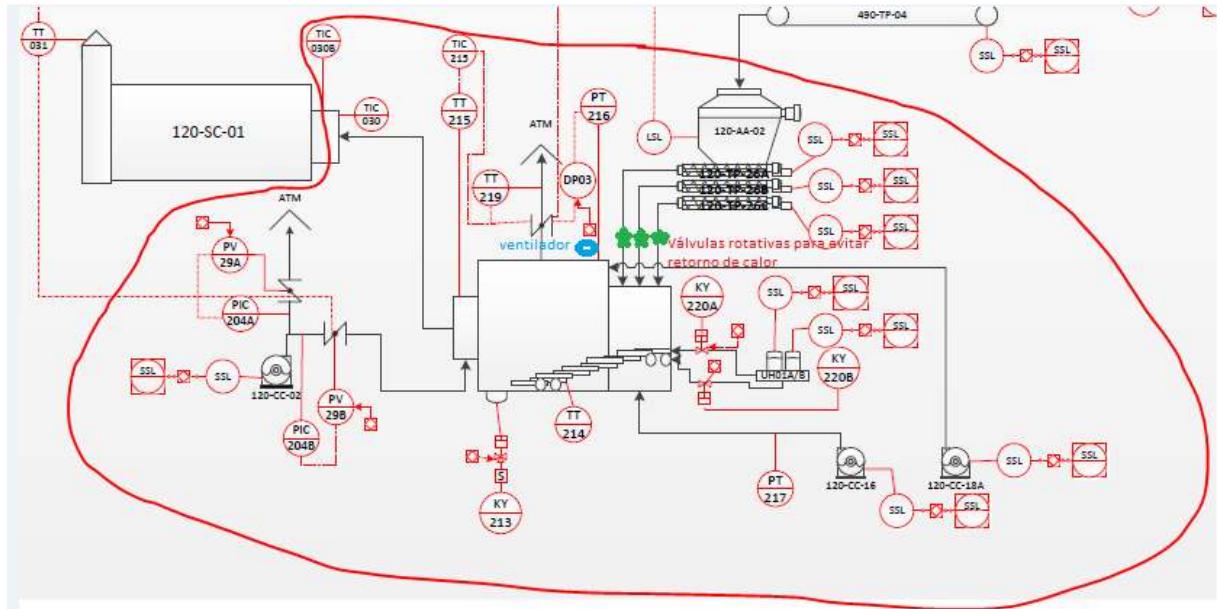


Figura 38 Fornalha N° 2
Fonte: Empresa Objeto Estudo

O nó 2, por sua vez, é chamado de 'Moega de alimentação, rosca dosadoras e fornalha' e começa na moega da fornalha e termina na entrada do secador do granulador. As válvulas rotativas são acionadas junto com o helicoide e é usado o memo motor.

Após separar devidamente os nós, a equipe HAZOP analisou cada um deles separadamente, através da ferramenta base proposta pela empresa objeto de estudo. Conforme já apresentado da metodologia do presente trabalho, a ferramenta apresenta possíveis cenários de desvio do padrão normal de operação e a equipe analisa estes cenários através das potenciais causas e consequências. Esta etapa corresponde à etapa 3.1.3.2 da metodologia deste trabalho.

No quadro da Figura 39 apresenta-se então as análises do nó 1 resumidos, e o quadro completo pode ser encontrado no apêndice 6:

| Node 1 | DEVIATION | N° | CAUSE | CONSEQUENCE | INITIATING EVENT FREQUENCY | CONDITIONAL MODIFIER & ENABLING CONDITION | EXPOSURE FACTOR |
|--------|-----------|-----|---|---|----------------------------|---|-----------------|
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| 1 | No flow | 1.1 | Falta disponibilidade de pá carregadeira (tanto por máquina avariada quanto por indisponibilidade, na maioria das vezes por falta de operador - operador no horário de almoço/descanso) | Falta de Combustível na Fornalha, causando queda na temperatura, ocasionando uma umidade alta no produto que levará a uma perda de produção/parada do processo | F | 1 | 0.1 |
| | | 1.2 | Batida contra da pá carregadeira no sistema de moega danificando algum equipamento | Falta de Combustível na Fornalha, causando queda na temperatura, ocasionando uma umidade alta no produto que levará a uma perda de produção/parada do processo; Risco de acidentes pessoais por colisão | C | 1 | 0.1 |
| | | 1.3 | Operador da pá carregadeira coloca cavaco em excesso na moega e entope a moega | Falta de Combustível na Fornalha, causando queda na temperatura, ocasionando uma umidade alta no produto que levará a uma perda de produção/parada do processo; Risco ao operador ao tentar visualizar o nível de cavaco na moega - encostam a máquina e da propria maquina visualizam o nível. | D | 1 | 0.1 |
| | | 1.4 | Quebra/ruptura de tapete | Falta de Combustível na Fornalha, causando queda na temperatura, ocasionando uma umidade alta no produto que levará a uma perda de produção/parada do processo | C | 1 | 0.1 |
| | | 1.5 | Dano nas roscas de alimentação 140TP01 A e B | Falta de Combustível na Fornalha, causando queda na temperatura, ocasionando uma umidade alta no produto que levará a uma perda de produção/parada do processo | C | 1 | 0.1 |
| | | 1.7 | Queda de energia Geral - CCEE | Aumenta a temperatura da fornalha, pois perde exaustão, e quando atinge 1200 °C atua o damper (DP03) da chaminé para direcionar o calor externamente. | F | 1 | 0.1 |

Figura 39 HAZOP Nô 1 – Parte 1

Fonte: Elaborado pelo autor

O primeiro cenário de desvio proposto pela ferramenta foi o de “*no flow*”, ou nenhum fluxo. Deste modo, conforme apresentado na tabela, foram levantados 7 possíveis causas e consequências para esta situação variando desde a falta de disponibilidade de pá carregadeira até a queda de energia elétrica, e em geral as principais possíveis consequências levantadas estão relacionados à falta de combustível na fornalha, podendo acarretar em perdas de produção e em alguns casos até em possíveis acidentes dependendo da ação imediata do operador.

A frequência do evento inicial (*Initiating Event Frequency*) foi analisado conforme 66Figura 22 do presente trabalho, e as colunas de ‘conditional modifier e enabling condition’ e exposure factor permanecem constante, conforme discutido anteriormente no capítulo de etapas metodológicas do presente trabalho.

| Node 1 | DEVIATION | Nº | CAUSE | CONSEQUENCE | INITIATING EVENT FREQUENCY | CONDITIONAL MODIFIER & ENABLING CONDITION | EXPOSURE FACTOR |
|---|--|------|---|---|----------------------------|---|-----------------|
| Sistema de combustível (alimentação e transporte de cavaco) | | | <input type="button" value="Cause Check-List"/> <input type="button" value="Insert Line"/> <input type="button" value="Delete Line"/> | | | | |
| Show HAZOP Mode | | | | | | | |
| 2 | Less flow | 2.1 | Batida contra da pá carregadeira no sistema de moega danificando parcialmente algum equipamento | Limitação da capacidade da planta; perda de produção para poder manter a condição de processo | C | 1 | 0.1 |
| 7 | High temperatur e | 7.1 | Queima do cavaco devido a fagulhas de trabalho a quente próximo ou por devio da Regra de Ouro de Proibido Fumar | Incêndio na área de armazenagem de cavaco; risco de lesão pessoal; risco de perda de equipamento; | B | 1 | 1 |
| 9 | High level | 9.1 | Idem item 1.3 | | | | |
| 12 | Shut down | 12.1 | Parar a fábrica com cavaco no sistema (paradas longas, de mais de dois dias) | Entupimento da moega 1, que vai gerar problemas/dificuldades no start up seguinte | C | 1 | 1 |
| | | 12.2 | Parar a fábrica com cavaco no sistema (paradas longas, de mais de dois dias) | Madeira fica confinada, seca rápido, a umidade baixa; sob a exposição de radiação solar já seria suficiente para uma ocorrência de incêndio, com risco a pessoas (lesão ocupacional) e perda de produção | B | 1 | 1 |
| 13 | Compositio n – contaminati on – change composition | 13.1 | Umidade alta, não pelo o que a gente recebe do fornecedor, mas em dias com muita chuva. | Cavaco molhado, dificuldade de queimar e assim manter a temperatura da fornalha. Por isso, acaba-se reduzindo a carga porque não é possível manter a temperatura do secador. Além disso, afeta o sistema de ciclonagem, pois a Temperatura de saída dos gases dos secador é normalmente em torno de 100°C. Se for menor, há o risco de condensar vapor no sistema de ciclonagem, e assim "sujar/entupir" o ciclone. | F | 1 | 0.1 |
| | | 13.2 | Por vezes recebemos do fornecedor cavaco com granulometria fora do padrão. | Quebra a 490-MG-01 devido ao tamanho do cavaco fora do padrão; a quebra das duas rosca para o transporte/uso de cavaco, afetando a produção. | E | 1 | 0.1 |

Figura 40 HAZOP Nº 1 - Parte 2

Fonte: Elaborado pelo autor

Na sequência foram analisados mais 5 possíveis cenários propostos pela ferramenta: menor fluxo, alta temperatura, alto nível, desligamento e contaminações. As possíveis causas estão relacionadas principalmente com quebras de equipamentos devido à falhas operacionais e paradas da fábrica, e as possíveis consequências são variadas, incluindo-se incêndios, entupimento de equipamento, quebras e limitação de capacidade de maquinário.

| Node 1 Sistema de combustível (alimentação e transporte de cavaco) Show HAZOP Mode | DEVIATION | Nº | CAUSE Cause Check-List Insert Line Delete Line | CONSEQUENCE | INITIATING EVENT FREQUENCY | CONDITIONAL MODIFIER & ENABLING CONDITION | EXPOSURE FACTOR |
|--|-------------------------------|------|--|--|----------------------------|---|-----------------|
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| 14 | Sampling | 14.1 | Amostragem na hora da descarga/chegada do caminhão do cavaco | O próprio operador de cavaco faz a amostragem de cavaco após o caminhão bascular (após a saída do caminhão). No entanto, há o risco de atropelamento quando da manobra do caminhão, porque os caminhões normalmente são grandes (Bitrem) | D | 1 | 0.1 |
| 17 | No electricity | 17.1 | Ver 1.6 e 1.7 | | F | 1 | 0.1 |
| 20 | Maintenance | 20.1 | Manutenção da esteira, apenas com equipamento/esteira parada | Parada da produção e riscos de acidentes ocupacionais | F | 1 | 0.1 |
| 21 | Inspection – test program | 21.1 | Lubrificação nas roscas e esteiras via engraxadeira no motor – não identificado risco de acidente ao operador, mas identificado risco ambiental se o lubrificador não observar o nível de graxas e colocar em excesso. | Vazamento de graxa - Dano ambiental local | D | 1 | 0.1 |
| | | 21.3 | Operadores realizam inspeção visual pela correia como atividade de rotina. Essa correia possui proteções. | Risco de proteção; risco de queda | C | 1 | 0.1 |
| 22 | Corrosion – erosion | 22.1 | Abrasão na moega pela fricção da madeira - Desgaste lento | Queda de poeira de madeira no chão - prejudica o housekeeping | E | 1 | 0.1 |
| 23 | Static electricity – earthing | 23.1 | Material combustível - madeira Risco de incêndio por descarga atmosférica | Consequências para pessoas; incêndio | B | 1 | 0.1 |
| 25 | Control system | 25.1 | Intertravamento entre as esteiras | Falta de alimentação para o granulador, parada de produção, aumento de umidade, perda de produtos e lesões pessoais. | A | 1 | 0.1 |
| 26 | Spare parts | 26.1 | Spare parts para esteiras | Parada de produção devido à falta de peças de reposição. | A | 1 | 0.1 |

Figura 41 HAZOP Nô 1 – Parte 3

Fonte: Elaborado pelo autor

Para fechar a primeira parte das análises do nó 1, a equipe discutiu sobre mais 8 possíveis cenários propostos pela ferramenta, são eles amostragem, falta de eletricidade, manutenção, inspeções e testes, corrosão, eletricidade estática, sistemas de controle e peças de reposição. As possíveis causas estão relacionadas à intervenções de operadores para amostragens, manutenções, lubrificações e inspeções e também à desgastes do equipamento, travamento de esteiras, fricção da matéria prima, e falta de peças de reposição. Já as possíveis consequências estão principalmente relacionados à lesões pessoais, mas também à quedas de materiais, vazamentos e paradas e perdas de produção. A partir deste momento, apresentam-se então as análises resumidas relacionadas ao nó 2 (Figura 42 a 47), o quadro completo referente ao nó 2 pode ser encontrado no apêndice 7.

| Node | DEVIATION | N° | CAUSE | CONSEQUENCE | INITIATING EVENT FREQUENCY | CONDITIONAL MODIFIER & ENABLING CONDITION | EXPOSURE FACTOR |
|--|------------|-----|---|--|----------------------------|---|-----------------|
| | | | | | ? | ? | |
| Moega de alimentação das secas das fornalhas | Show HAZOP | | CauseCheck-List Insert Line Delete Line | | | | |
| 1 | No flow | 1.1 | Falha no sensor de nível de nível baixo - sensor dá sinal de que tem cavaco, mas não tem, assim o fluxo para | Redução de cavaco, o operador percebe pelo tempo da moega de recebimento parada e/ou temperatura de saída do secador, e age para corrigir, porém é crítico quando o operador está em horário de almoço, já que este não possui renda, apenas um colega que fica verificando a atividade durante sua ausência (1h de almoço). Durante esse período, pode ocorrer de o produto sair muito úmido. | D | 1 | 0.1 |
| | | 1.2 | Falha nos helicóides (com um quebrado ainda dá pra trabalhar, com dois não) - Por quebra do motor ou da reduutora | Caso haja quebra apenas de um helicóide, ainda é possível trabalhar. Com apenas um já não é possível trabalhar, e é este cenário que está sendo considerado aqui. Perda de produção. | B | 1 | 0.1 |
| | | 1.4 | Falha na rotativa - quebra mecânica. Helicóide segue funcionando, mas há um problema na rotativa. | Conforme item 1.2; Caso haja quebra apenas de uma rotativa, ainda é possível trabalhar. Com apenas um já não é possível trabalhar, e é este cenário que está sendo considerado aqui. Perda de produção. | B | 1 | 0.1 |
| 2 | Less flow | 2.1 | Falta de qualidade no cavaco - o helicóide trava por um pedaço muito grande de madeira | Perda de temperatura pela diminuição da combustão do cavaco; diminui-se a carreg da fábrica até que o problema seja resolvido. | E | 1 | 0.1 |
| 3 | More flow | 3.1 | Falha elétrica no inversor - aumenta a rotação e queima muito mais cavaco do que o normal esperado | Refratório da fornalha funde, assim a fornalha fica sem proteção, e vem a abrir, expondo a calor excessivo. | C | 1 | 0.1 |
| | | 3.2 | Erro operacional - operador de forma não intencional coloca muito cavaco na fornalha | Inicialmente, pelo excesso de cavaco, há o abafamento do cavaco, devido ao acúmulo de cavaco no sistema na entrada da fornalha, pode haver secagem do produto na parte destinada a secagem da grelha, com possível combustão do material e retorno de chama no sistema de dosagem. | C | 1 | 0.1 |

Figura 42 HAZOP Nô 2 – Parte 1

Fonte: Elaborado pelo autor

As análises do nó 2 começam a partir do cenário de 'no flow' ou nenhum fluxo, em que as possíveis causas que levariam à falta de fluxo são falhas no sensor de nível, nos helicoides e na rotativa, e as consequências se resumem em perdas de produção. Os próximos cenários analisados são referentes à redução de fluxo, aumento de fluxo e pressão alta, os quais tem por possíveis causas falta de qualidade da matéria prima, falha elétrica, erros operacionais e falhas de dispositivos, e as consequências possíveis vão desde a operação ineficiente por estar fora dos padrões normais até a exposições de perigos aos operadores, como a geração de calor excessivo, combustão de materiais e aumento de temperatura na entrada do secador.

| Node 2 | DEVIATION | N° | CAUSE | CONSEQUENCE | INITIATING EVENT FREQUENCY | CONDITIONAL MODIFIER & ENABLING CONDITION | EXPOSURE FACTOR |
|--|---------------|-----|---|---|----------------------------|---|-----------------|
| | | | | | | | |
| Moega de alimentação, rosas dosadoras, fornalha Show HAZOP Mode | High pressure | 5.1 | A fornalha trabalha a partir de -8mmH2O para baixo. Obstrução da meia lua por acúmulo de produto na meia lua | 1. Aumento da umidade do produto 2. Queda de temperatura na saída do secador 3. Aumento de temperatura na entrada do secador e dentro da camara. | D | 1 | 0.1 |
| | | 5.2 | Falha no medidor de pressão - | 1. Aumento da umidade do produto 2. Queda de temperatura na saída do secador 3. Aumento de temperatura na camara 4. Sistema de segurança de pressão não vai atuar, mas vai atuar o de temperatura. Pela pressão positiva, há o risco de sair labaredas pela porta da fornalha, expondo colaboradores. | D | 1 | 0.1 |
| | | 5.4 | Deixar qualquer porta de visita aberta, por falha operacional | 1. Aumento da umidade do produto 2. Queda de temperatura na saída do secador 3. Aumento de temperatura na camara Pela pressão positiva, há o risco de sair labaredas pela porta da fornalha, expondo colaboradores. | C | 1 | 0.1 |
| | | 5.6 | Problemas no inversor de frequencia do 120CC16 (ar de combustão da fornalha a cavaco), se mandar ar demais pressuriza a fornalha. | Aumento da pressão da fornalha, pela pressão positiva, há o risco de sair labaredas pela porta da fornalha, expondo colaboradores. | C | 1 | 0.1 |
| | | 5.7 | 120DP03 (damper da chaminé de emergência) aberto - damper abriu por alguma outra falha, e não fechou (problema mecânico), ou quebrou quando fechou. | 1. Aumento da umidade do produto 2. Queda de temperatura na saída do secador 3. Aumento de temperatura na camara Pela pressão positiva, há o risco de sair labaredas pela porta da fornalha, expondo colaboradores. | D | 1 | 0.1 |

Figura 43 HAZOP N° 2 – Parte 2

Fonte: Elaborado pelo autor

| Node 2 | DEVIATION | N° | CAUSE | CONSEQUENCE | INITIATING EVENT FREQUENCY | CONDITIONAL MODIFIER & ENABLING CONDITION | EXPOSURE FACTOR |
|--|---------------|------|--|--|----------------------------|---|-----------------|
| | | | | | | | |
| Moega de alimentação, rosas dosadoras, fornalha Show HAZOP Mode | High pressure | 5.8 | Falha na abertura do DP03 - Esse damper deve abrir quando a planta para, para evitar que concentre calor na fornalha, o que poderia levar a incêndio. A não abertura concentra calor na fornalha aumentando a pressão. | 1. Concentra o calor aumentando a pressão 2. Saída de chama nas portas de visita 3. Prejudicial para o refratário da fornalha, corroendo o risco de queda do refratário 4. Aumento de temperatura na camara Pela pressão positiva, há o risco de sair labaredas pela porta da fornalha, expondo colaboradores. | D | 1 | 0.1 |
| | | 5.9 | Abertura da PV29B (por falha, mas posicionado, ou sujo) - Essa válvula nunca é aberta com a fornalha a cavaco pois pressuriza a fornalha a cavaco. No projeto era para esse ar ser usado como ar de diluição, porém como a fornalha a cavaco está mais distante do 120-CC-02, acaba pressurizando. | 1. Aumento da pressão na fornalha 1. Aumento da umidade do produto 2. Queda de temperatura na saída do secador 3. Aumento de temperatura na camara 4. Saída de fogo pelas portas de visita Unidade não chega a parar | D | 1 | 0.1 |
| | | 5.10 | 120CC03 parado - causa aumento de pressão porque é esse ventilador que causa depressão na fornalha. Pode parar por vibração, falta de energia, problemas elétricos ou mecânicos. Pode não parar o motor, acoplamento e correias quebraram. | Parada da fábrica por aumento de pressão na fornalha | D | 1 | 0.1 |
| | | 5.11 | Queda de energia, não haverá mais a despressurização da fornalha (ventiladores 120CC03 A e B param) | 1. Aumento da pressão na fornalha 2. O damper atua, abre para evitar concentração de calor na fornalha 3. Se o gerador não entrar, por tiragem natural o calor atinge ventiladores 120CC03 e lavadores, provocando incêndio | C | 1 | 1 |

Figura 44 HAZOP N° 2 – Parte 3

Fonte: Elaborado pelo autor

| Node | DEVIATION | N° | CAUSE | CONSEQUENCE | INITIATING EVENT FREQUENCY | CONDITIONAL MODIFIER & ENABLING CONDITION | EXPOSURE FACTOR |
|------|------------------|------|--|---|----------------------------|---|-----------------|
| | | | <input type="button" value="Cause Check-list"/> <input type="button" value="Insert Line"/> <input type="button" value="Delete Line"/> | | | ? | ? |
| | | 5.12 | 120CC01 ligado - ar de combustão da fornalha a óleo (as duas fornalhas são juntas, não têm divisória entre elas). | 1. Aumento da pressão; 2. Aumento da umidade do produto; 3. Queda de temperatura na saída do secador; 4. Aumento de temperatura na câmara; 5. Saída de fogo pelas portas de visita | D | 1 | 0.1 |
| 5 | High pressure | 5.13 | Dutos dos ventiladores 120CC03 A e B sujos, diminui tiragem de ar para despressurização da fornalha, aumentando a pressão da câmara | 1. Aumento da pressão; 2. Aumento da umidade do produto; 3. Queda de temperatura na saída do secador; 4. Aumento de temperatura na câmara 5. Saída de fogo pelas portas de visita; 6. Restrição de produção - ocorre próximo a parada mensal, percebe-se aumento da pressão e diminuição da temperatura, diminui-se a carga da fábrica para garantir a qualidade do produto. | D | 1 | 0.1 |
| | | 7.4 | Falha no medidor de temperatura - TT 214; Se tiver falha nesse transmissor, e a T ultrapassar 1200°C não vai desarmar. | Não desarme da fornalha por temperatura alta; prejudica o refratário da fornalha. | D | 1 | 0.1 |
| 7 | High temperature | 7.5 | Falha no controlador de temperatura TIC 215; Se tiver falha nesse transmissor, e a T ultrapassar 1200°C não vai desarmar. | Não desarme da fornalha por temperatura alta; prejudica o refratário da fornalha. | D | 1 | 0.1 |
| | | 8.1 | Falha no inverter da 120TP26/bloqueio do inverter da 120TP26 - entra menos cavaco do que o requerido. Com dois inversores trabalhando não é necessário parar a fábrica, mas baixa a carga da fábrica. Com um inverter não é possível operar. | 1. Aumento da umidade do produto 2. Queda de temperatura na saída do secador | E | 0.1 | 0.1 |
| | | 8.2 | Falha no controlador de temperatura TIC 215; A temperatura está baixa, mas a controladora entende como se estivesse alta e fica desarmando. | 1. Desarme da fábrica por T alta | D | 1 | 0.1 |
| | | 8.3 | Falha no inverter do 120CC16 (ar de combustão da fornalha a cavaco), queima menos, diminuindo a temperatura. | 1. Aumento da umidade do produto 2. Queda de temperatura na saída do secador | D | 1 | 1 |

Figura 45 HAZOP Nô 2 – Parte 4

Fonte: Elaborado pelo autor

As figuras referentes à parte 2, 3 e 4 (respectivamente Figura 43, Figura 44 e Figura 45) correspondem à sequências das análises do possível cenário de pressão alta. Conforme pode-se notar, existem muitas possíveis causas que levariam à um cenário de aumento excessivo de pressão no sistema estudado, porém a maioria dessas causas resumem-se à uma combinação de falha operacional (como falha de higienização e falha na abertura de válvulas) que acarretam falhas em dispositivos que levam ao aumento da pressão do sistema e podem resultar em consequências como aumento da temperatura, incêndios, vazão de labaredas e etc. Os quais expõe o equipamento, a produção e os colaboradores.

Ainda, na parte 5 analisou-se o cenário de pressão baixa, o qual não foi necessário o desmembramento das consequências, uma vez em que esta não compromete a operação. Também, começou-se a analisar o cenário de alta temperatura.

Na sequência das análises, concluiu-se que as possíveis causas do cenário de alta temperatura podem ser oriundas de falhas no medidor de temperatura e

falha no controlador de temperatura, que acarretariam no não desarme da fornalha podendo levar à danos ao equipamento.

Já em relação ao cenário de temperatura baixa, as possíveis causas também se resumem em falhas em dispositivos como inversores e controladores, os quais acarretariam em danos à qualidade do produto.

| Node | DEVIATION | N° | CAUSE | CONSEQUENCE | INITIATING EVENT FREQUENCY | CONDITIONAL MODIFIER & ENABLING CONDITION | EXPOSURE FACTOR |
|--|-----------------|-----|---|--|----------------------------|---|-----------------|
| Moaga de alimentação, roscas dosadoras, fornalha | | | <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">Cause Check-List</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">Insert Line</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">Delete Line</div> | | ? | ? | |
| 8 | Low temperatura | 8.6 | Parada da 120UH01A/B por problemas elétricos/mecânicos | Com a parada do sistema hidráulico 120UH01A/B, o operador precisa parar as roscas dosadoras de entrada de cavaco, pois o fogo ficará todo concentrado no inicio da fornalha. Concentra temperatura em um ponto, ocorre aumento da umidade do produto, queda de temperatura na saída do secador e parada da unidade pois não é possível manter a qualidade do produto. Risco de ocorrer também dano ao refratário da fornalha se o operador não parar o fornecimento de cavaco, porque o fogo ficará todo concentrado em um ponto. | D | 1 | 0.1 |
| | | 8.7 | Quebra de grelha do 120FF01B - é detectado pelo sensor de amperagem | Com a parada do sistema hidráulico 120UH01A/B, o operador precisa parar as roscas dosadoras de entrada de cavaco, pois o fogo ficará todo concentrado no inicio da fornalha. Concentra temperatura em um ponto, ocorre aumento da umidade do produto, queda de temperatura na saída do secador e parada da unidade pois não é possível manter a qualidade do produto. Risco de ocorrer também dano ao refratário da fornalha se o operador não parar o fornecimento de cavaco, porque o fogo ficará todo concentrado em um ponto. | D | 1 | 0.1 |

Figura 46 HAZOP Nô 2 – Parte 5

Fonte: Elaborado pelo autor

Na parte 5 (Figura 46), a equipe seguiu as análises em relação à temperatura baixa e desta vez analisou como possíveis causas a parada de componentes por falhas elétricas e mecânicas e quebras os quais tem por possível consequências a concentração de calor na entrada do secador levando à danos no equipamento e perdas de produção devido e falhas na qualidade do produto.

| Node 2 Moega de alimentação, roscas dosadoras, fornalha Show HAZOP Mode | DEVIATION | N° | CAUSE Cause Check-List Insert Line Delete Line | CONSEQUENCE | INITIATING EVENT FREQUENCY ? | CONDITIONAL MODIFIER & ENABLING CONDITION ? | EXPOSURE FACTOR |
|---|---|------|--|---|---------------------------------|--|-----------------|
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| 9 | High level | 9.1 | Falha no sensor de nível alto da moega de entrada de cavaco na fornalha. Esse controle de nível controla a esteira de transporte de cavaco. | Falha de automação - Controlador indica que o nível está baixo, mas está alto, cavaco vai para TP 04, enchendo a esteira de cavaco. Isso pode levar ao desarme da esteira, e parada da fábrica (porém por pouco tempo). | D | 1 | 0.1 |
| 10 | Low level | 10.1 | Falha no sensor de nível baixo da moega de entrada de cavaco na fornalha - não entra cavaco na moega | Queda de temperatura da fornalha; produto com mais qualidade (afeta qualidade) | D | 1 | 0.1 |
| 13 | Composito n – contaminação – change composition | 13.1 | Ar de diluição com grande quantidade de pó (120-CC-16). Hoje esse cenário é mais difícil de ocorrer porque a sucção é na rua (próximo ao sistema de lavagem), ar mais limpo. Antes a sucção de ar era dentro da fábrica, então esse cenário era mais provável. | Pó gruda no refratório, esse pó pode ter material ácido, e com o tempo danificar o refratório, podendo levar a queda de partes do refratório, chapa da fornalha fica incandescente (mais comum ocorrer em cima da fornalha). Reparo do refratório tem custo alto. <i>Cenário pouco provável ultimamente.</i> | B | 1 | 0.1 |
| 17 | No electricity | 17.1 | Falta de luz pela CCEE ou por problema na subestação | Concentração de calor na fornalha, incêndio; perda de produção. | C | 1 | 1 |
| 28 | Explosion | 28.1 | Gases não saem na meia lua - meia lua entupida. O confinamento dos gases levaria à pressurização da fornalha, com risco de explosão (porém esse risco é remoto, porque requer elevado aumento de pressão). | Explosão/ruptura da fornalha . | B | 1 | 1 |
| 30 | Emission | 30.1 | Queima não completa, gerando CO (monóxido de carbono) e fuligem - mais raro na caldeira a cavaco | Consequências para o meio ambiente. | B | 1 | 0.1 |

Figura 47 HAZOP Nô 2 – Parte 6

Fonte: Elaborado pelo autor

Na sequência, a equipe passou a analisar os cenários de desvio de nível, desligamentos, contaminação, falta de instrumento, de eletricidade e de manutenção. Estes, tem por possíveis causas falhas em sensores e problemas em subestações, os demais cenários já foram contemplados em etapas anteriores. As consequências são pouco prováveis, mas resumem-se em danos à produção, ao produto e possível incêndio no caso de falhas na subestação.

Por fim, terminam-se as análises com os cenários de corrosão, eletricidade estática, instrumentação, sistema de controle, explosões e emissões. A maioria destes cenários já foram contemplados nas etapas anteriores, porém cabe ressaltar as discussões referentes à explosão e emissões, as quais podem ter como causas a concentração de gases levando à pressurização da fornalha resultando na explosão da mesma. Também à queima não completa do cavaco resultando em CO e fuligem, trazendo danos ao meio ambiente.

4.4 Análise das barreiras de proteção necessárias e determinação do nível de integridade de segurança necessário ao sistema analisado

Passado o levantamento dos possíveis eventos indesejáveis, bem como suas causas, consequências e ‘exposure factor’, chega o momento da equipe HAZOP analisar as barreiras de proteção necessárias ao sistema, bem como as barreiras de proteção já existentes para cada cenário. Só então, a ferramenta irá indicar se o nível de proteção do sistema (Overall expressed equivalent SIL) é considerada aceitável pela ferramenta. Os conceitos referentes à estas análises foram discutidos na seção 3.1.4 do presente trabalho.

As análises são apresentadas de forma resumida e separadas de acordo com o nó do processo. Os resultados das análises das barreiras do nó 1 são apresentadas na Figura 48.

| Nº | CONSEQUEN-CE RATING | | | REQUIRED SAFETY LEVEL (ALL IPL) | | | INSTALLED SAFETY LEVEL (ALL IPL) | | SAFEGUARDS | | | | | | | | | | Automa- tic Consequ- ence Reduc- tion | |
|------|---------------------|-----|-----|---------------------------------|-----|-----|----------------------------------|----------------------------------|-----------------------|--|--|-----|-----------------|-----------------|------|--|------|--|--|-----|
| | | | | | | | BPLS | | Operator Intervention | | | SIS | | Inherent Quali- | | Action Devices | | Automa- tic Consequ- ence Reduc- tion | | |
| | HS | Env | Eco | HS | Env | Eco | Overall expressed EQUIVALENT SIL | Overall expressed EQUIVALENT SIL | Item | PFD | Item | PFD | Item | PFD | Item | PFD | Item | PFD | Item | PFD |
| 1.5 | 0 | 0 | 1 | OK | OK | OK | OK | OK | 1.00 | 1 | | 1 | 0 | No SIF Required | 1 | Fluxo redundante - com uma rosca estragada, o fluxo segue, não é preciso parar | 0.1 | 1 | | 1 |
| 7.1 | 4 | 0 | 3 | OK | OK | OK | OK | OK | 1.00 | 1 | Segra de Ouro: Proibido fumar; Sistema de Permissão de Trabalho para atividades de trabalho a quente | 0.1 | 0 | No SIF Required | 1 | | | 1 | | 1 |
| 12.1 | 0 | 0 | 5 | OK | OK | OK | OK | OK | 1.00 | 1 | Recomendação: para paradas superiores a dois dias parar com o sistema da moagem 01 e correias transportadoras do cavaco vazio | 0.1 | 0 | No SIF Required | 1 | | | 1 | | 1 |
| 12.2 | 4 | 0 | 3 | OK | OK | OK | OK | OK | 1.00 | 1 | Recomendação: para paradas superiores a dois dias parar com o sistema da moagem 01 e correias transportadoras do cavaco vazio | 0.1 | 0 | No SIF Required | 1 | | | 1 | | 1 |
| 13.2 | 0 | 0 | 4 | OK | OK | 1 | 1 | 1.00 | 1 | Entrada com a ferralha a céu | 0.1 | 0 | 0 | 1 | | | 1 | | 1 | |
| 14.1 | 3 | 0 | 0 | - | OK | OK | 0 | 0.00 | 1 | Operadores de cavaco têm a instrução de que precisam acompanhar o caminhão e orientar a mandrilha | 1 | 0 | 0 | 1 | | | 1 | | 1 | |
| 20.1 | 5 | 0 | 0 | - | OK | OK | 0 | 1.00 | 1 | Procedimentos e métodos de trabalho devidamente descritos | 0.1 | 0 | No SIF Required | 1 | | | 1 | | 1 | |
| 21.1 | 0 | 4 | 0 | OK | - | OK | 0 | 1.00 | 1 | Colaborador usa uma cadeia de contenção móvel para transporte e para sua atividade | 0.1 | 0 | No SIF Required | 1 | | | 1 | | 1 | |
| 23.1 | 3 | 4 | 0 | OK | OK | OK | OK | 1.00 | SPDA 0.1 | | | 1 | 0 | No SIF Required | 1 | | | 1 | | 1 |

Figura 48 resultados das análises das barreiras do nó 1

Fonte: Elaborado pelo autor

Conforme apresentado, as barreiras de proteção existentes são satisfatórias à ferramenta, e garantem que o processo seja operado com nível de segurança suficiente. Para o nó 1 existe uma barreira de proteção (Passive Protection Devices) a qual refere-se à rosca de alimentação de combustível do sistema de alimentação da fornalha, ou seja, se uma rosca de alimentação de combustível do sistema falhar, existe outra que entra em ação, este sistema faz-se satisfatório no âmbito da presente ferramenta. As outras barreiras de proteção existentes neste nó estão relacionadas à operação de operadores e, para cada cenário de desvio de operação, existe um procedimento descrevendo as ações do operador de modo a eliminar ou reduzir as consequências. Por fim, existe ainda uma barreira de proteção referente à BPCS, neste caso, corresponde ao sistema de proteção contra descargas atmosféricas (SPDA).

A seguir (Figura 49, Figura 50 e Figura 51), são apresentadas as análises referentes às barreiras de proteção do nó 2, as quais tem seus resultados divididos em 3 partes:

| Nº | CONSEQUENCE RATING | REQUIRED SAFETY LEVEL (ALL IPL) | | | INSTALLED SAFETY LEVEL (ALL IPL) | SAFE GUARDS | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|--------------------|---------------------------------|---|----|----------------------------------|-----------------------|-----|--------------------------------------|----------------------------------|--|------|--|------|--|-----------------|-------------------------|-----------------|-----------------|-------|------|-----|---|---|--|
| | | BPCS | | | | Operator Intervention | | | SIS | | | Instrument General | | Passive Selection Device | | Automatic | | | | | | | | |
| | | H | S | E | Env | HS | Eco | Overall expressed and EQUIVALENT SIL | Overall expressed EQUIVALENT SIL | Item | PFD | ? | Item | PFD | SIL Achieved | Minimum SIL Recommended | PFD | Item | PFD | Item | PFD | | | |
| 12 | 0 | 0 | 4 | OK | OK | OK | OK | OK | OK | 1 | | | 1 | 0.1 | 0 | No SIF Required | 1.000 | | 1 | | 1 | | | |
| 14 | 0 | 0 | 4 | OK | OK | OK | OK | OK | OK | 1 | | | 1 | 0.1 | 0 | No SIF Required | 1.000 | | 1 | | 1 | | | |
| 2.1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 3 | 0 | 5 | 1 | OK | - | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1.00 | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3.1 | 3 | 0 | 2 | OK | OK | 1 | 1 | 1 | 2.00 | Alarme de temperatura alta da fornalha; Shutdown automático 1200°C; alarme de temperatura alta entrada secador. | 0.1 | Operador diminui para alimentação do cavaco pela sinalização no CLP; Manut preventiva nos inversores. | 0.1 | 0 | No SIF Required | 1.000 | | 1 | | 1 | | | | |
| 3.2 | 3 | 0 | 2 | OK | OK | 1 | 1 | 1 | 2.00 | | 0.1 | Operador diminui para alimentação do cavaco pela sinalização no CLP. | 0.1 | 0 | No SIF Required | 1.000 | | 1 | | 1 | | | | |
| 5.1 | 0 | 0 | 4 | OK | OK | - | | 0 | 1.00 | Alarme de temperatura alta da fornalha; Shutdown automático 1200°C; alarme de temperatura alta entrada secador; shutdown por Pressão alta. | 0.1 | Operador diminui para alimentação do cavaco pela sinalização no CLP; Rotina de limpeza da meia lua. | 1 | 0 | No SIF Required | 1.000 | | 1 | | 1 | | | | |
| 5.2 | 4 | 0 | 5 | OK | OK | OK | OK | OK | OK | 1 | 1.00 | Alarme de temperatura alta da fornalha; Shutdown automático 1200°C; alarme de temperatura alta entrada secador; shutdown por Pressão alta. | 0.1 | | | 1 | 0 | No SIF Required | 1.000 | | 1 | | 1 | |
| 5.4 | 4 | 0 | 5 | OK | OK | OK | OK | OK | OK | 1 | 2.00 | Alarme de temperatura alta da fornalha; Shutdown automático 1200°C; alarme de temperatura alta entrada secador; shutdown por Pressão alta. | 0.1 | Operador corta alimentação do cavaco com alarme de temperatura/pressão alta. | 0.1 | 0 | No SIF Required | 1.000 | | 1 | | 1 | | |

Figura 49 barreiras de proteção do nó 2

Fonte: Elaborado pelo autor

| Nº | CONSEQUENCE RATING | REQUIRED SAFETY LEVEL (ALL IPL) | | | | | | INSTALLED SAFETY LEVEL (ALL IPL) | SAFEGUARDS | | | | | | | | | | | | |
|------|--------------------|---------------------------------|---|----|-----------------------|----|----|----------------------------------|------------|---|---|--|--|------|-----------------|-----------------|-------------------------|-----|------|-----|------|
| | | BPCS | | | Operator Intervention | | | | SIS | | Instrument General | | Pneumatic Selection Device | | Automatic | | | | | | |
| | | H | S | E | nv | HS | En | v | Eco | Overall expressed and EQUIVALENT SIL | Overall expressed and EQUIVALENT SIL | Item | PFD | Item | PFD | SIL Achieved | Minimum SIL Recommended | PFD | Item | PFD | Item |
| 5.6 | 4 | 0 | 5 | OK | OK | OK | - | 0 | OK | 2.00 | Alarme de pressão alta; Shutdown de pressão alta. | 0.1 | Operador corta alimentação do cavaco com alarme de temperatura/pressão alta. | 0.1 | 0 | No SIF Required | 1000 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 5.8 | 4 | 0 | 4 | OK | OK | - | 0 | 0 | 2.00 | Alarme de pressão alta; Shutdown de pressão alta. | 0.1 | Inspeção no dumper. | 0.1 | 0 | No SIF Required | 1000 | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 5.9 | 4 | 0 | 5 | OK | OK | OK | - | 0 | OK | 2.00 | Alarme de pressão alta; Shutdown de pressão alta. | 0.1 | Intervenção do operador quando alarme de pressão alta. | 0.1 | 0 | No SIF Required | 1000 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 5.11 | 3 | 5 | 3 | - | OK | - | 0 | 0 | 1.00 | Cores de spray d'água ligado à água de incêndio (bomba diesel) do Pilar manda água pro lavador 7 para refrescar o sistema e não ocorrer o incêndio - entra automática quando falha a luz. | 0.1 | | 1 | 0 | No SIF Required | 1000 | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 5.13 | 4 | 0 | 5 | OK | OK | OK | - | 0 | OK | 2.00 | Alarme de pressão alta; Shutdown de pressão alta. | 0.1 | Intervenção do operador quando alarme de pressão alta. | 0.1 | 0 | No SIF Required | 1000 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 7.4 | 0 | 0 | 4 | OK | OK | - | 0 | 0 | 2.00 | Controladores e transmissores de temperatura da secador irão mostrar o aumento de T; TT 214 da fornalha fornece indicação T alta. | 0.1 | Atuação do operador ao alarme de T alta do TIC 030 | 0.1 | 0 | No SIF Required | 1000 | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 8.1 | 0 | 0 | 5 | OK | OK | OK | - | 0 | OK | 1.00 | Avaliação da temperatura do produto; indicação de temperatura na fornalha. Procure-se achar a umidade reduzindo a alimentação, prioriza-se a qualidade. | 0.1 | | 1 | 0 | No SIF Required | 1000 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 8.3 | 0 | 0 | 4 | OK | OK | - | 0 | 0 | 2.00 | Avaliação da temperatura do produto; indicação de temperatura na fornalha. Procure-se achar a umidade reduzindo a alimentação, prioriza-se a qualidade. | 0.1 | Preventiva nos ventiladores (T20CC16) | 0.1 | 0 | No SIF Required | 1000 | 1 | 1 | 1 | 1 | |

Figura 50 barreiras de proteção do nó 2

Fonte: Elaborado pelo autor

| Nº | CONSEQUENCE RATING | REQUIRED SAFETY LEVEL (ALL IPL) | | | | | | INSTALLED SAFETY LEVEL (ALL IPL) | SAFEGUARDS | | | | | | | | | | | | |
|------|--------------------|---------------------------------|---|----|-----------------------|----|----|----------------------------------|---------------------------------------|--|--------------------------------------|---|---|-----------------|-----------------|-----------------|-------------------------|-----|------|-----|------|
| | | BPCS | | | Operator Intervention | | | | SIS | | Instrument General | | Pneumatic Selection Device | | Automatic | | | | | | |
| | | H | S | E | nv | HS | En | v | Eco | Overall expressed and EQUIVALENT SIL | Overall expressed and EQUIVALENT SIL | Item | PFD | Item | PFD | SIL Achieved | Minimum SIL Recommended | PFD | Item | PFD | Item |
| 8.6 | 0 | 0 | 3 | OK | OK | 1 | 1 | 1 | 1.00 | | | 1 | Inspeção no sistema hidráulico 120LU01WB; Operador atua cortando a alimentação de cavaco. | 0.1 | 0 | 0 | 1000 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 8.7 | 0 | 0 | 3 | OK | OK | 1 | 1 | 1 | 1.00 | | | 1 | Operador atua cortando a alimentação de cavaco. | 0.1 | 0 | 0 | 1000 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 9.1 | 0 | 0 | 5 | OK | OK | OK | - | 0 | OK | 1.00 | | 1 | Manutenção preventiva de sensor de nível da moeda dosadora de cavaco para a fornalha. | 0.1 | 0 | No SIF Required | 1000 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 10.1 | 0 | 0 | 4 | OK | OK | - | 0 | 2.00 | Indicação de Temperatura baixa no CLP | 0.1 | Atuação do operador da fornalha. | 0.1 | 0 | No SIF Required | 1000 | 1 | 1 | 1 | 1 | | |
| 13.1 | 0 | 0 | 3 | OK | OK | OK | - | 0 | OK | 1.00 | | 1 | Inspeção preventiva do refratário (dentro da inspeção da fornalha). | 0.1 | 0 | No SIF Required | 1000 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 17.1 | 3 | 0 | 3 | - | OK | - | 0 | 0 | 1.00 | | | 0.1 | Geradores entram automaticamente. | 0.1 | 0 | No SIF Required | 1000 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 28.1 | 1 | 0 | 2 | 1 | OK | - | 0 | 1 | 2.00 | Alarme de pressão alta; shutdown de pressão alta (desarma em - 8minCA); alarme de temperatura alta; shutdown T alta. | 0.1 | Atuação sob alarme de pressão alta da fornalha. | 0.1 | 0 | No SIF Required | 1000 | 1 | 1 | 1 | 1 | |

Figura 51 barreiras de proteção do nó 2

Fonte: Elaborado pelo autor

Conforme apresentado nas figuras, as barreiras de proteção dos cenários apresentados para o nó 2 são classificadas como BPCS e Intervenção dos Operadores, ou até mesmo encontra-se cenários com ambas as barreiras. As barreiras classificadas como intervenção do operador resumem-se em inspeções e manutenções preventivas do maquinário, válvulas, controles e etc., ações procedimentadas para a intervenção do operador em caso de desvios do processo, como corte de alimentação de cavaco, limpezas e atuação em caso de alarmes.

Já as barreiras de proteção classificadas como BPCS resumem-se em alarmes de pressão alta integrados à dispositivos de desligamento automático do sistema, válvulas reguladoras de alimentação, as quais tem por finalidade regular a humidade do sistema, alarmes de temperaturas altas relacionados com dispositivos de desligamento automático, indicadores e geradores. Todos com a finalidade de manter o processo sob os parâmetros normais de operação e, em caso de desvios, são barreiras que desligaram o sistema como modo de segurança. Caso alguma destas barreiras falhe, é importante ressaltar que existe a intervenção de operadores treinados como uma segunda barreira de proteção.

4.5 Determinação de meios de proteção de modo a eliminar os possíveis desvios de padrão de operação que possam comprometer a segurança de processo

Passadas as análises das possíveis causas e consequências dos cenários de desvio padrão de operação sugeridos pela ferramenta, bem como a análise do nível de proteção mínimo exigido pelo sistema e a comparação deste nível com as barreiras e nível de proteção corrente existentes, chega o momento da equipe sugerir pontos de melhoria para os processos analisados.

Os pontos de melhoria sugeridos podem ser em virtude de o nível de segurança do sistema não corresponder ao mínimo requerido, para aumentar o SIL equivalente do sistema mesmo que o nível de segurança corrente já seja satisfatório, sanar gaps do processo identificados pela equipe, procedimentar atividades já realizadas, melhorar a qualidade do processo/produto, reduzir perdas e etc.:

Ressalta-se que as recomendações foram elaboradas com base no histórico de ocorrências da fábrica e com base na experiência e conhecimento técnico de processo da equipe HAZOP.

Neste sentido, coube a equipe entregar à gerência e às áreas relacionadas uma lista de recomendações para cada item o qual foi identificado alguma oportunidade de ajuste ou melhoria. A seguir são apresentados e discutidos a lista de recomendações de cada nó, elaboradas pela equipe:

| Node | Item | Recommendation |
|--------|------|--|
| Node 1 | 1.1 | Procedimentar/formalizar que é sempre necessário ter outro colaborador disponível para operar a pá carregadeira (inclusive em horários de almoço)- Fechar, tem um operador por turno e um renda para almoços |
| Node 1 | 1.3 | Passarela de acesso à moega (do outro lado da rampa) para visualizar o nível da moega (projeto em andamento) - |
| Node 1 | 12.2 | Verificar e confirmar: para paradas superiores a dois dias parar com o sistema da moega 01 e correias |
| Node 1 | 13.1 | Aumentar a área coberta de cavaco |
| Node 1 | 14.1 | Formalizar na IO do operador de cavaco que deve sempre acompanhar descarga de cavaco para manobra de caminhão. Incluir na IO a etapa de amostragem de cavaco. |
| Node 1 | 21.3 | Adequar o guarda corpo da passarela ao lado da 490-TP-02,03 e 04 NBR 9077 |

Figura 52 Lista de Recomendações – Nô 1

Fonte: Elaborado pelo autor

No que tange às análises do primeiro nó do sistema analisado, que corresponde basicamente ao sistema de alimentação e transporte do cavaco, a equipe identificou 6 pontos de melhorias, cada ponto relacionado com um cenário diferente.

Em relação ao cenário de ‘falta de fluxo’ no sistema, existem 2 recomendações feitas pela equipe (1.1 e 1.3). Primeiramente, foi identificado que a indisponibilidade de operadores de pás carregadeiras podem resultar em falta de combustível na fornalha, causando queda na temperatura, ocasionando uma umidade alta no produto que levará a uma perda de produção e paradas do processo. A segunda recomendação para ‘falta de fluxo’ é se o operador colocar cavaco demais na moega e a entupindo, o que pode resultar também em falta de combustível na fornalha, causando queda na temperatura, ocasionando uma umidade alta no produto que levará a uma perda de produção/parada do processo.

A próxima recomendação é oriunda de possíveis paradas longas da fábrica na qual o sistema fique com cavaco, neste cenário a madeira fica confinada, seca

rápido, a umidade baixa e a exposição de radiação solar já seria suficiente para uma ocorrência de incêndio, com risco a pessoas (lesão ocupacional) e perda de produção. Ao contrário deste cenário de umidade baixa, existe o cenário de umidade alta, como por exemplo em dias em que chove no cavaco. Neste sentido, o cavaco molhado tem dificuldade de queimar e assim manter a temperatura da fornalha. Por isso o sistema acaba-se reduzindo a carga térmica. Além disso, afeta o sistema de ciclonagem, pois a Temperatura de saída dos gases dos secador é normalmente em torno de 100°C. Se for menor, há o risco de condensar vapor no sistema de ciclonagem, e assim "sujar/entupir" o ciclone.

Recomenda-se ainda uma melhoria no processo de descarga e amostragem do cavaco, no qual ocorre que o próprio operador de cavaco faz a amostragem de cavaco após o caminhão bascular (após a saída do caminhão). No entanto, há o risco de atropelamento quando da manobra do caminhão, porque os caminhões normalmente são grandes (Bitrem) e o espaço de manobra é pequeno.

Por fim, recomenda-se uma adequação do guarda-corpo das passarelas de acordo com as normas regulamentadoras vigentes, uma vez que os operadores realizam inspeção visual pela correia como atividade de rotina e este local é um local de risco de acidentes.

| Node | Item | Recommendation |
|--------|------|---|
| Node 2 | 1.1 | Necessário tagear moega alimentadora da fornalha. |
| Node 2 | 1.2 | Incluir na manutenção preventiva dos helicoides da fornalha a cavaco medição de temperatura |
| Node 2 | 5.2 | Redundância no medidor de pressão da fornalha |
| Node 2 | 5.4 | Garantir que novos operadores tenham essa instrução - Não deixar qualquer porta de visita aberta (porque aumenta a P da fornalha) - Os operadores chave têm esse conhecimento e eles precisam revisar todos esses pontos para partir a planta+AL10 |
| Node 2 | 5.8 | Verificar se há testes de rotina para verificar se o gerador atua em caso de falta de luz, e nesses mesmos testes avaliar se o damper abre. |
| Node 2 | 5.9 | Na revisão da IO da fornalha, colocar de que forma o operador deve atuar quando alarme de pressão alta para cada situação descrita no Hazop |
| Node 2 | 5.13 | Isolamento térmico do sistema de secagem da unidade de granulação (até os ventiladores) |
| Node 2 | 7.4 | Documentar na IO ação necessária quando alarme de temperatura alta na entrada do secador. |
| Node 2 | 7.5 | Redundância no controlador de temperatura TIC 215 |
| Node 2 | 8.2 | Incluir inspeção controladora TIC 215 no plano de inspeção dos sensores da fornalha |
| Node 2 | 8.6 | Criar sistema de intertravamento entre sistema hidráulico 120UH01A/B e rosca dosadoras de cavaco - ao ter problemas no sistema hidráulico automaticamente é parada a alimentação de cavaco para evitar que o fogo concentre em um ponto, o que pode vir a danificar o refratário da fornalha |
| Node 2 | 8.7 | Intertravamento entre sistema hidráulico 120UH01A/B e rosca dosadoras de cavaco - ao ter problemas no sistema hidráulico automaticamente é parada a alimentação de cavaco para evitar que o fogo concentre em um ponto, o que pode vir a danificar o refratário da fornalha (hoje isso está na mão do operador) |
| Node 2 | 10.1 | Avaliar a probabilidade de sensor de T na saída dos gases do secador (esses gases arrastam muito pó, tornando difícil essa medição, então talvez não seja viável) |
| Node 2 | 11.1 | Avaliar a possibilidade de automação da ignição da fornalha a cavaco |
| Node 2 | 23.1 | Verificar o sistema de SPDA do CR120 (limite em ohms) |
| Node 2 | 28.1 | Instalar redundância de controle/alarme de pressão alta no corpo da fornalha |

Figura 53 Lista de Recomendações – Nô 2

Fonte: Elaborado pelo autor

No que concerne as recomendações feitas pela equipe em relação ao nó 2, que corresponde à moega de alimentação, rosca dosadora e fornalha, foram identificadas 16 oportunidades de melhoria.

As primeiras 2 recomendações estão relacionadas ao cenário de falta de fluxo, o primeiro originado em uma possível falha no sensor de nível baixo de cavaco, que pode resultar em redução de cavaco no sistema e redução da temperatura de saída do secador, e isso pode resultar em produto saindo muito úmido. Deste modo, cabe um trabalho específico que começa por tagear e identificar os pontos importantes da moega. Da mesma forma, a falha dos helicoides também pode gerar uma situação de falta de fluxo de cavaco no sistema, e resultar na diminuição da temperatura do secador por falta de combustível (cavaco).

As 4 seguintes recomendações estão relacionadas à um cenário de aumento da pressão do sistema, o primeiro deles é em relação à falha do medidor de pressão, que pode gerar um aumento da umidade do produto, queda de temperatura

na saída do secador, aumento de temperatura na câmara e ainda existe a possibilidade de o sistema de segurança de pressão não atuar, mas vai atuar o de temperatura, deste modo, pela pressão positiva, há o risco de sair labaredas pela porta da fornalha, expondo colaboradores. O mesmo pode ocorrer, ao deixar portas dos equipamentos abertas, por falha operacional.

A próxima recomendação tem por objetivo garantir a abertura do damper, sempre que o sistema parar. Este damper (DP03) deve abrir quando a planta para, para evitar que concentre calor na fornalha, o que poderia levar a incêndio, a não abertura concentra calor na fornalha aumentado a pressão. Da mesma forma, foi identificado outra possível falha no sistema que pode resultar no aumento da pressão, esta falha é relacionada à abertura da válvula PV29B, o que gera o aumento da pressão na fornalha e da umidade do produto, queda de temperatura na saída do secador, aumento de temperatura na câmara e saída de fogo pelas portas de visita. Por fim, recomenda-se um projeto de isolamento térmico do sistema de secagem, uma vez que este é feito através de dutos dos ventiladores, que ao serem sujos, diminui a tiragem de ar para despressurização da fornalha, aumentando a pressão da câmara.

As 2 recomendações seguintes estão relacionadas à um cenário de aumento da temperatura do sistema, que podem ser originados por falhas no medidor de temperatura (TT214) e falha no controlador de temperatura (TIC 215), e, em caso de falha destes dispositivos, se a temperatura aumentar drasticamente, o sistema não irá desarmar. Ou seja, a barreira de segurança não é satisfatória.

Fez-se necessário, também, fazer algumas recomendações para o possível cenário de pressão baixa do sistema, a primeira é em relação à falha do mesmo controlador de temperatura (TIC 215), o qual pode, em modo de falha, medir a temperatura como se estivesse alta, mas neste caso estando baixa, deste modo ele ficaria desarmando o sistema, o que poderia até parar a granulação. As próximas duas recomendação são em relação à falha no sistema hidráulico e quebra da grelha na entrada do secador. Nestes casos, o operador precisa parar as roscas dosadoras de entrada de cavaco, pois o fogo ficará todo concentrado no início da fornalha o que gera uma concentração da temperatura em um ponto e resulta no

aumento da umidade do produto, queda de temperatura na saída do secador e parada da unidade pois não é possível manter a qualidade do produto. Risco de ocorrer também dano ao refratário da fornalha se o operador não parar o fornecimento de cavaco, porque o fogo ficará todo concentrado em um ponto.

Foram feitas, ainda, recomendações para a falha do sensor de nível baixo da moega, o qual pode fazer com que a entrada de cavaco no sistema seja interrompido, causando danos à qualidade do produto pelo aumento da umidade. Também, foi recomendado um sistema de ignição da fornalha automático, uma vez que o sistema atual é manual e existe o risco à qualidade e segurança de processo. Por conseguinte, foi sugerido uma verificação completa do sistema SPDA (Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas) da fornalha. Por fim, foi identificado um remoto risco de explosão do sistema, o qual está relacionado ao confinamento de gases no sistema pelo entupimento da meia lua (sistema de liberação de gases, O confinamento dos gases levaria à pressurização da fornalha, com risco de explosão, deste modo, para aumentar o nível de proteção no sistema, foi recomendado instalar um sistema redundante de alarme de pressão alta.

4.6 Discussão crítica quanto aos caminhos e principais desafios presentes no contexto da implantação das técnicas de análise e priorização de riscos

Durante o desenvolvimento do presente trabalho, percorreu-se um longo caminho, repleto de desafios e particularidades, os quais são consequências da aplicação prática da utilização de técnicas. Objetiva-se neste capítulo, apresentar e discutir algumas destas particularidades que corroboram ou discordam da teoria e/ou do que apresentam alguns autores acerca das técnicas utilizadas. Além disso, objetiva-se com este capítulo promover algumas análises e discussões que sintetizem os resultados apresentados ao longo do presente estudo.

Sendo assim, dentro de um âmbito industrial, para que se possa desenvolver trabalhos desta magnitude, o primeiro pré-requisito é a estratégia da empresa estar alinhada e direcionada à segurança ocupacional e à segurança de processos. Faz-

se necessário que a iniciativa seja demandada pela alta gerência, e que esta gerência tenha metas à cumprir em relação à gestão de riscos dentro dos parques industriais. O está alinhado com o exposto por MATOS (2009) que afirma que o HAZOP demanda muito tempo dos participantes, e consequente custo para a companhia, o que só é possível através do patrocínio dos gerentes e uma estratégia organizacional voltada à segurança.

Após demandado pela gerência, o primeiro grande passo para os trabalhos de gestão de risco dentro da empresa objeto estudo foi a aplicação do HAZID, que tinha o intuito de analisar o parque industrial de modo mais abrangente, enfocando-se as análises, primeiramente, em perigos externos ao parque industrial, como ameaças climáticas, segurança patrimonial, risco de greves e etc.: Surge então o primeiro desafio para a equipe, a qual não tem muita ação sobre todos estes possíveis cenários e, ainda assim, deve analisá-los de modo racional, filtrando o que realmente tem probabilidade de acontecer. Um exemplo muito discutido durante as análises foi a questão de greves por parte dos funcionários e também a questão de ventos e tempestades.

Passadas as análises mais gerais, a equipe de HAZID passou a analisar os processos de modo um pouco mais específico, para isso precisou dividir as instalações em nós, o que facilitou muito as análises e vai ao encontro com as definições de SIDDIQUI *et al.*, (2014), que afirmam que a técnica HAZID quebra um projeto em componentes menores, para que se possa identificar perigos específicos de cada nó, dentro de uma instalação. Ressalta-se que o objetivo central do time é analisar de modo abrangente os perigos e riscos gerais da instalação e dos processos, o que faz-se coerente à teoria, assim como o exposto em URS AUSTRÁTILA PTY LTD, HAZID report (2005) que o HAZID é uma técnica de identificação de perigos gerais, para análise breve de riscos ou ameaças primárias, é um primeiro passo em um processo de gestão de redução de riscos em uma planta industrial, em que o propósito é a identificação de possíveis incidentes ou eventos indesejáveis.

Outro fato relevante em relação à aplicação das técnicas de gestão é riscos é em relação às equipes multidisciplinares. MATOS (2009) já defendia que tanto para

o HAZID, quanto para o HAZOP deve haver a participação de uma equipe multidisciplinar, formada por especialistas de engenharia, instrumentistas, operadores, engenheiros e técnicos de segurança. Desta maneira, para o desenvolvimento dos trabalhos foi necessário reunir estas equipes na empresa objeto estudo. Encontrar profissionais capacitados e com experiência de processo foi fácil e ao mesmo tempo de extrema importância e confirma o que defende MATOS em 2009 dizendo que o êxito do estudo depende da experiência dos participantes. Todavia, uma das maiores dificuldades durante o decorrer dos trabalhos foi o de conciliar os horários dos participantes, na medida em que cada um tem suas demandas e obrigações de rotina para cumprir, e as análises são, muitas vezes, extensas e demoradas. Deste modo, muitas foram as vezes em que reuniões precisaram ser remarcadas e até mesmo encerradas antes do previsto, o que fez com que o período do projeto durasse mais do que o planejado.

Analizando-se mais à fundo agora a experiência da aplicação da técnica HAZOP, uma das particularidades ressaltadas pela equipe foi o nível de detalhamento e de desdobramentos de possibilidades que a equipe precisou se aprofundar, uma vez em que o HAZOP líder sempre cobrou que quanto mais detalhadas fossem as análises, melhor seriam os resultados finais. O que vai de encontro com o exposto por OLIVEIRA *et al.*, (2006) afirmando que o principal objetivo de um Estudo de Perigos e Operabilidade é investigar de forma minuciosa e metódica cada segmento de um processo, visando descobrir todos os possíveis desvios das condições normais de operação, identificando as causas responsáveis por tais desvios e as respectivas consequências.

Havia ainda uma grande desconfiança da equipe em relação ao estudo se basear em cenários pré-estabelecidos, o qual poderia gerar tendências e tirar o foco e não cobrir todos os possíveis problemas, porém observou-se ao longo do estudo que as palavras guia foram de grande valia para orientar o estudo de modo sistemático e na verdade direcionou as análises para que fossem tão completas o quanto possível.

Por fim, ressalta-se ainda a precisão das ferramentas no sentido de expor o risco aceitável para o sistema, através da comparação entre nível de proteção

requerido e nível de proteção atual de cada sistema estudado. A ferramenta mostrou-se eficiente tanto no HAZID, o qual indicou que seria necessário um estudo mais detalhado para o sistema da fornalha, quanto no HAZOP que indicou assertivamente muitas oportunidades de melhorias ao comparar as barreiras de proteção existentes com os níveis requeridos, o que vai de acordo com o que defende MELO (2012), afirmando que sistemas de controle são projetados para manter o processo dentro dos parâmetros de processo específicos considerados aceitáveis para a operação normal e segura da planta.

5 CONCLUSÕES

Conclui-se, a partir de um estudo que comprehende as análises de uma planta industrial de modo abrangente e afunila-se para um processo dividido em dois nós, que a planta objeto de estudo apresenta nível de Segurança de Processos aceitáveis à uma operação segura. O que significa que os riscos oriundos do processo, e até mesmo os riscos inerentes ao processo, são eliminados ou, caso não seja possível eliminar o risco, estes são tão reduzidos o quanto for razoavelmente possível (*As Low As Reasonably Practicable* – ALARP). O que está alinhado ao objetivo geral do presente trabalho, o qual se traduzia a propor meios para a mitigação dos riscos prioritários no âmbito de uma planta química.

Através da aplicação da técnica HAZID, a qual comprehendeu as análises mais gerais dos perigos os quais a planta industrial está exposta, conclui-se que o processo que necessitava de maior atenção e de uma análise mais detalhada está inserido no contexto da granulação, mais especificamente no sistema da fornalha. Enquanto os processos de moagem, acidulação estão controlados, bem como a integridade da planta em relação à ameaças climáticas e externas. A análise do HAZID fez-se extremamente importante dentro do contexto de gestão de riscos do presente trabalho, uma vez em que é o primeiro passo para uma análise mais minuciosa focada nos riscos prioritários no âmbito da planta industrial. Ou seja, faz-se necessário compreender e avaliar os perigos e riscos gerais da planta, para identificar os pontos que não tem um nível de integridade de segurança satisfatório aos requisitos pré-estabelecidos pela organização, este propósito foi descrito no primeiro objetivo geral do presente trabalho, o qual consistia em ‘desenvolver um detalhamento do local objeto de estudo, quanto aos seus perigos e riscos, destacando os locais críticos’.

Uma vez identificados os riscos prioritários, os quais foi necessário uma análise mais direcionada, utilizou-se a técnica HAZOP, da qual pode-se extrair algumas conclusões no âmbito do presente trabalho. Desta maneira, conclui-se que o sistema de alimentação do processo de granulação não apresentava nível de segurança satisfatório à uma operação segura. Nível este não satisfatório oriundo da

ausência, ou à não confiabilidade das barreiras de proteção existentes no sistema. O que corresponde ao cumprimento do terceiro objetivo específico, descrito como ‘com base nos riscos prioritários, investigar todos os possíveis desvios críticos de operação, seus riscos e possíveis consequências que podem causar danos para pessoas, produção e/ou meio-ambiente’. Sendo assim, a técnica mostrou-se de fundamental importância para a gestão de riscos do sistema analisado, uma vez que pode relacionar as barreiras de proteção existentes com o nível de proteção exigido pelo sistema, o qual proporcionou à equipe a referência necessária para a proposição de novos sistemas que ajudassem a eliminar ou reduzir os riscos dos cenários pré-estabelecidos e cumprir o último objetivo específico, o qual consiste em ‘propor encaminhamentos para a mitigação dos riscos e da ocorrência dos cenários críticos pré-identificados’.

Por fim, pode-se concluir que o presente trabalho fez-se extremamente importante no âmbito da gestão de riscos de uma planta industrial, a qual estava alinhada com a política zero acidentes e objetivos gerais de aprimorar a Segurança dos Processos da empresa objeto estudo. Ainda, as técnicas utilizadas corresponderam às expectativas de identificar, priorizar e avaliar os riscos referentes à processos industriais, uma vez que a partir de uma análise abrangente e visão geral dos processos da planta, as técnicas foram direcionando os estudos em processos e cenários cada vez mais específicos, os quais, de fato, não apresentavam nível de integridade de segurança necessários ao funcionamento adequado da instalação. Logo, conclui-se que, ao serem aplicadas na prática, as técnicas correspondem à teoria e podem ser utilizadas de modo eficaz em indústrias químicas de fertilizantes.

6 REFERÊNCIAS

AGUIAR, Laís. **Metodologias de análise de riscos APP & HAZOP**. 2008

ANSI/ISA-91.00.01-2001. **Identification of Emergency Shutdown Systems that are Critical to Maintaining Safety in Process Industries**, 2001.

APPOLINÁRIO, Fabio. **Dicionário de Metodologia Científica**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2011

AZEVEDO, Guilherme. **ANÁLISE DO DESEMPENHO DO MERCADO NACIONAL DE FERTILIZANTES NO PERÍODO ENTRE 2005 E 2014**. 2015.

BOTTAZZINI, M.C. **Sistema inteligente de monitoramento de riscos em ambientes de trabalho**. Florianópolis: UFSC, 2001

BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento Social. BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento Social

BENITE, Anderson. **SISTEMA DE GESTÃO DA SEGURANÇA E SAÚDE NO TRABALHO PARA EMPRESAS CONSTRUTORAS**. 2004

BOGDAN, R. S.; BIKEN, S. **Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria e aos métodos**. 12.ed. Porto: Porto, 2003.

BRASIL. Presidência da República. **Decreto nº. 86.955**, de 18 de Fevereiro de 1982. Dispõe sobre a inspeção e a fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes. Diário Oficial da União, Brasília, 24 fev 1982.

CAMARGO, Mônica. **A importância do uso de fertilizantes para o meio ambiente**. Pesquisa & Tecnologia. São Paulo, vol. 9, 2012.

CAMERON, Ian; RAMAN, Raghu. **Process Systems Risk Management** . 6. ed. [S.I.]: Elsevier, 2005.

CARDELLA, Benedito. **Segurança no trabalho e prevenção de acidentes – uma abordagem holística: segurança integrada à missão organizacional com produtividade, qualidade, preservação ambiental e desenvolvimento de pessoas.** São Paulo: Atlas, 1999.

CONFEDERATION OF BRITISH INDUSTRY In: Don, P. **Workplace ill-health, Safety Management.** London: British Safety Council, 1997.

CHIAVENATO, Idalberto. **Administração de recursos humano: fundamentos básicos.** 7 ed. São Paulo: Manole, 2010.

CHINAQUI, Emerson. **Análise e Gerenciamento de Riscos de Processo na Indústria Química.** 2012.

COSTA MATOS, Juliana. **Aplicação do hazop dinâmico na avaliação de perigo operacional em uma coluna de destilação de uma planta de separação de ar.** 2009. 96f. Dissertação de Mestrado (Engenharia Química)- UFRJ, Rio de Janeiro, 2009.

DE SOUZA, Rodrigo; LIMA, Gilson. **Importância dos elementos estruturantes de um programa de gestão de segurança de processo: estudo de caso em uma empresa de energia.** 2013

DE CICCO, F. **Manual sobre Sistemas de Gestão da Segurança e Saúde no Trabalho.** São Paulo: Risk Tecnologia, 1996 Vol. II.

DE CICCO, Francesco; FANTAZZINI, Mario Luiz. **Introdução à engenharia de segurança de sistemas**. 3ed. S.º Paulo: FUNDACENTRO, 1988

DIAS, V. P.; Fernandes, E. **Fertilizantes: uma visão global sintética**. BNDES Setorial, n. 24, p. 97-138. Rio de Janeiro: BNDES, 2006.

DINIZ, Antônio Castro. **Manual de Auditoria Integrado de Saúde, Segurança e Meio Ambiente (SSMA)**. 1. ed. São Paulo: VOTORANTIM METAIS, 2005.

DINIZ, Americo; ALMEIDA, Ana; FRANÇA, Sandro. **Desenvolvimento de programa de segurança de processo: um caso de sucesso entre a braskem e a dnv**. 2012

ENEGET, 2009, Salvador, BA. **Gestão integrada para identificação e análise dos riscos** [S.l.: s.n.], 2009

FERRI, Fernando. **A estrutura e a estratégia concorrencial da indústria de fertilizantes no brasil**. 2010

FREITAS, M.C. de, GOMEZ, C.M. **Acidentes químicos ampliados: um desafio para a saúde pública**, Revista Saúde Pública, 1995.

GUIMARÃES, L. B. M.; COSTELLA, M. F. **Segurança no trabalho: acidentes, cargas e custos humanos**. In: GUIMARÃES, L. B. M. (Org.) Ergonomia de processo. Série monográfica de ergonomia. v. 2, 4 ed. Porto Alegre: FEEng, 2004

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo, Editora Atlas, 2002.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 5.ed. São Paulo: Atlas, 1999.

GRUNDEMANN, R.W.M ; VAN VUUREN, C.V. **Preventing absenteeism at the workplace: a European portfolio of case studies.** European Foundation for the improvement of Living & Working Conditions. Dublin, Ireland, 1998.3

IOL, International Labour Organization - OSH Management System: A tool for continual improvement. 2011

LEES, F. P..Loss. **Prevention in the Process Industries: Hazard Identification, Assesment and Control.** 2nd edition, London: Butherworth – Heinemann, 1996.

MARSZAL, E. M.; SCHARPF, E. W. **Safety Integrity Level Selection: Systematic Methods Including Layer of Protection Analysis, The instrumentation, Systems and Automation Society**, USA, 2002.

MENTE, Felipe. **Modelo ergonômico de gestão participativa em segurança e saúde ocupacional.** 2007. 135 p. Dissertação de Mestrado (Engenharia de Produção)- UFRGS, Porto Alegre, 2007

MELO, Ana Paula. **Nível de integridade de segurança (sil) integrado com fatores humanos e organizacionais .** 2012.

NSC - NATIONAL SAFETY COUNCIL. **Apresenta estatísticas norte americanas sobre acidentes.** Disponível em: <<http://www..nsc.org>>.

NEVES, Flávio César; ARAÚJO, José Antônio M. de; GÁRIOS, Marcelo. **Material didático da disciplina gerência de riscos.** Belo Horizonte, 1996.

NORTH, K. **Environmental business management: an introduction.** Geneva: International Labour Office, 1992.

SILVA, Elsio. **GESTÃO INTEGRADA PARA IDENTIFICAÇÃO E ANÁLISE DOS RISCOS.** 2009.

NR, **Norma Regulamentadora Ministério do Trabalho e Emprego.** NR-12 - Máquinas e Equipamentos. 2016.

OHSAS 18001. Occupational health and safety management systems – specification. British Standards Institution, London, 1999.

OLIVEIRA, Luiz; BARDY, Mariana; VISCO, Nilda. **Técnicas de Identificação de Perigos.** In: DINIZ, Flávio et al. Apostila de Análise de Riscos . DNV: DNV, 2006

PEIXOTO, Neverton. Segurança do Trabalho. Santa Maria: E-TEC Brasil, 2011.

SAURIN, Tarcisio et al. **Análise de uma classificação de barreiras contra acidentes em produtos e processos.** 2007.

SAUER, Maria Eugênia. **Análise dos procedimentos de partida do reator iea-r1 : uma aplicação da técnica hazop .** 2000.

SIDDIQUI, NA; NADAN, Abhishek; SHARMA, Madhuben. **Risk Management Techniques HAZOP & HAZID Study.** 2014. 4 p. Article (University of Petroleum and Energy)- University of Dehradum, India, 2014.

HOLLNAGEL, E. **Barriers Analysis and Accident Prevention,** Ashgate, Aldershot, UK. 2004

RASMUSSEN, J. **Risk management in a dynamic society: a modeling problem. Safety Science,** 1997.

REASON, J. **Human error: models and management.** Br. Med. J., n.320, p.768-70, 2000

RIBEIRO, Carolina; AMARAL, Fernando. **Proposta de implementação de um sistema de gestão de saúde e segurança no trabalho com base na OHSAS 18001: um estudo de caso.** 2013. 22 p. Dissertação (Engenharia de Produção)-UFRGS, Porto Alegre, 2013

SOUNIS, Emílio. **Manual de higiene e medicina do trabalho.** São Paulo: Ícone, 1991.

Vincoli, Jeffrey W. **Basic guide to Accident Investigation and Loss Control.** New York. John Wiley & Sons Inc, 1994.

URS AUSTRÁTILA PTY LTD. **HAZID Workshop Report and Minutes with Treated Risk.** 2005

WICKENS, C. D.; GORDON, S. E.; LIU, Y. **Safety, accidents, and human error.** In: **An introduction to human factors engineering.** New York: Longman, 1998.

ZOCCHIO, Álvaro. **Prática da Prevenção de Acidentes: ABC da Segurança do Trabalho.** 2002.

APÊNDICE 1

Quadro com os níveis dos possíveis eventos indesejáveis, utilizado nas análises de HAZID e HAZOP.

| | | Categorias | | | |
|---------------------|------------|--------------------|--|---|-------------------|
| Nível | Severidade | HES (Pessoas) | Meio ambiente | Descrição | Valor material |
| Catastrófico | 1 | Várias fatalidades | Dano com tempo de recuperação maior que 5 anos. | Dano maior à planta, complete demolição da planta | Maior 30 M€ |
| | | | Atenção pública internacional | Cessão de produção | |
| Crítico | 2 | Uma fatalidade | Dano com tempo de recuperação menor que 5 anos | Maior dano a equipamentos, quebra de equipamentos chaves do processo | Menos que 15 M€ |
| | | | Evacuação da vizinhança necessária. Atenção pública nacional | Perda maior de qualidade ou produção | |
| Perigoso | 3 | Lesão permanente | Dano com tempo de recuperação menor que 2 anos. | Dano considerável aos equipamentos, ruptura, etc... | Menos que 2 M€ |
| | | | Necessária atenção da vizinhança. Atenção pública local. | Perda considerável de qualidade ou produção | |
| Perigo considerável | 4 | Tratamento médico | Danos não permanentes | Dano menor a equipamentos, fogo em área limitada, emissão de substância inflamável ou tóxico quente | Menos que 0,1 M€ |
| | | | Liberação causando cheiro desgradável fora da unidade | Pequena perda de qualidade ou produção | |
| Perigo menor | 5 | Primeiros socorros | Dano insignificante | Dano insignificante, pequena emissão de água, ar, nitrogênio, vapor, etc... | Menos que 10.000€ |
| | | | Sem reação externa | Não há perda de qualidade ou produção | |

APÊNDICE 2

Quadros apresentando os resultados completos das análises da ferramenta HAZID, referentes aos perigos e riscos gerais da instalação.

| Eventos Indesejáveis | | Efeito no Processo/Unidade | Barreiras de Proteção existentes | Consequências com as Barreiras de Proteção | | Probabilidade (com as Barreiras de proteção) | Risco Residual |
|----------------------------|---------------------------------------|--|--|--|---------|--|----------------|
| Palavras-Guia | Direcionamento | | | Descrição | C (1-5) | P (1-5) | |
| Perigos Naturais | | | | | | | |
| Clima Extremo | Temperatura Extrema | NA | | | | | |
| | Ondas | NA | | | | | |
| | Vento | Colapso da instalação | Seguir norma de construção NBR | Ventos maiores que 55m/s | 1 | 0 | |
| | Poeiras | NA | | | | | |
| | Inundações | NA | | | | | |
| | Tempestades de Areia | NA | | | | | |
| | Gelo | NA | | | | | |
| Tempestades de Chuva | Tempestades de Neve | NA | | | | | |
| | Relâmpagos | Pegar fogo, fatalidade | PPCI e Sistema SPDA | Queima de equipamentos, choque elétrico. | 3 | 3 | |
| Atividades Sísmicas | Terremotos | NA | | | | | |
| | Erução de Vulcão | NA | | | | | |
| Erosão | Avalanches | NA | | | | | |
| | Deslizamentos | NA | | | | | |
| | Degradação | NA | | | | | |
| | Escoamentos | NA | | | | | |
| Estruturas | Estrutura do solo | Solo arenoso | Avaliação da Resistência do solo | Afundamentos | 4 | 1 | |
| | Fundação do solo | Solo arenoso | Avaliação da Resistência do solo | Queda da estrutura | 4 | 0 | |
| | Esgotamento de Reservatórios Fluviais | Lixiviação do solo calcário | Sondagem, estudo do solo a respeito de bolsões de calcário. | Afundamento da estrutura | 4 | 1 | |
| Eventos Indesejáveis | | Efeito no Processo/Unidade | Barreiras de Proteção existentes | Consequências com as Barreiras de Proteção | | Probabilidade (com as Barreiras de proteção) | Risco Residual |
| Palavras-Guia | Direcionamento | | | Descrição | C (1-5) | P (1-5) | |
| Impactos Ambientais | | | | | | | |
| Descargas na Atmosfera | Queima | NA | | | | | |
| | Ventilação | Pequena emissão ao meio ambiente | | Pequenos odores | 5 | 2 | |
| | Emissões | Emissão de material particulado | Projeto considerando os controles para evitar emissões fugitivas. | Contaminação do ar e solo | 3 | 2 | |
| | Eficiência Energética | Aumento de emissões devido à queima de combustível | Reducir consumo de combustíveis fósseis e uso de combustíveis renováveis | Contaminação do ar | 4 | 1 | |
| Descargas na água | Drenagem | Descarga de água ao meio ambiente | Efluente líquido recircula em um circuito fechado. | | 5 | 0 | |
| | Qualidade da água | NA | | | | | |
| | Opções de Eliminação de Resíduos | NA | | | | | |
| Descargas no Solo | Drenagem | NA | | | | | |
| | Derrame de Produtos Químicos | Vazamentos | Novo layout com contenção interna ao redor dos prédios | Contaminação do solo | 4 | 2 | |
| | Opções de Eliminação de Resíduos | NA | | | | | |

| Eventos Indesejáveis | | Efeito no Processo/Unidade | Barreiras de Proteção existentes | Consequências com as Barreiras de Proteção | | Probabilidade (com as Barreiras de proteção) | Risco Residual |
|--|---|--|---|--|---------|--|----------------|
| Palavras-Guia | Direcionamento | | | Descrição | C (1-5) | P (1-5) | |
| Perigos Externos e de Terceiros | | | | | | | |
| Sabotagem | Ameaças internas e externas à segurança | NA | | | | | |
| Atividades de Desordem | Tumultos | NA | | | | | |
| | Perturbação Civil | NA | | | | | |
| | Greves | Paralisação dos colaboradores da empresa a ser contratada | Política de gerenciamento de contratadas (TOPS 1-12) e manter bom relacionamento com a empresa. | Atraso da entrega da obra | 4 | 2 | |
| Atividades de Terceiros | Ações Militares | NA | | | | | |
| | Requisição de terras | NA | | | | | |
| | Mão de Obra contratada | Greves e protestos de empresas terceiras e competição de mão-de-obra | Gestão de pessoas | Atraso da entrega da obra e falta de mão-de-obra na operação | 4 | 3 | |
| Eventos Indesejáveis | | Efeito no Processo/Unidade | Barreiras de Proteção existentes | Consequências | | Probabilidade | Risco Residual |
| Palavras-Guia | Direcionamento | | | Descrição | C (1-5) | P (1-5) | |
| Incêndios | Sala de controles | Incêndio | PPCI | Perda de equipamentos, danos à unidade, lesão pessoal. | 3 | 3 | |
| | Acomodação | NA | | | | | |
| Entrada de Fumaça | Entrada em salas de controle | Entrada de fumaça nas salas de controles | Detector de fumaça; Máscara de fuga. | Lesão pessoal | 4 | 3 | |
| Entrada de Gases | Entrada de gases em áreas seguras | Entrada amônia nas salas de controle | Detector de fumaça; Máscara de fuga. | Lesão Pessoal | 4 | 3 | |
| Sabotagem | NA | | | | | | |
| Eventos Indesejáveis | | Efeito no Processo/Unidade | Barreiras de Proteção existentes | Consequências | | Probabilidade | Risco Residual |
| Palavras-Guia | Direcionamento | | | Descrição | C (1-5) | P (1-5) | |
| Perigos de Doenças | Doenças endêmicas | NA | | | | | |
| | Infecções | NA | | | | | |
| | Água/Comida contaminada | NA | | | | | |
| | Sociais (Ex-hiv) | NA | | | | | |
| | Ameaças biológicas | NA | | | | | |
| Físicos | Água tomável | NA | | | | | |
| | Iluminação | 1,2,3,4 | Seguir a NBR 5413 | | 5 | 0 | |
| | Barulho | 1,2,3,4 | Seguir a NR 15 Norma regulamentadora; equipamentos de proteção individual. | | 5 | 2 | |
| Temperatura | Frio/Calor Extremo | 1,2,4 | Seguir a NBR 16401 – Condições de conforto térmico | | 5 | 2 | |
| | Ventilação | N.A. | | | | | |
| | Isolamentos | 2,4 | Equipamentos isolados termicamente (Ex.: fornalha). | | | | |
| Atmosfera | Fumaças residuais | | Equipamentos com sistema de exaustão (Ex.: despoieiramento) | | 4 | 3 | |
| | Espaços Confinados | Períodos de manutenção (1,2,3,4) | Seguir a NR 33 | | 5 | 2 | |

APÊNDICE 3

Quadros apresentando os resultados completos das análises da ferramenta HAZID, referentes ao processo de Moagem.

| Eventos Indesejáveis | | Efeito no Processo/Unidade | Barreiras de Proteção existentes | Consequências | | Probabilidade | Risco Residual |
|--|--------------------------|-----------------------------------|---|---------------|---------|---------------|----------------|
| Palavras-guia | Direcionamento | | | Descrição | C (1-5) | P (1-5) | |
| Condições de Processo | Pressão máxima | NA | | | | | |
| | Temperatura máxima | NA | | | | | |
| | Temperatura mínima | NA | | | | | |
| Reação Química Indesejada | | NA | | | | | |
| Resíduos do processo - inflamável - não inflamável | Nuvens de gás | NA | | | | | |
| | Detecção de gás | NA | | | | | |
| | Resposta à emergências | NA | | | | | |
| Resíduos do Processo - inflamável - não inflamável | Fogo | NA | | | | | |
| | Explosão | NA | | | | | |
| | Calor | NA | | | | | |
| | Fumaça | NA | | | | | |
| | Detecção de Fogo | NA | | | | | |
| | Resposta à emergências | NA | | | | | |
| Resíduos do Processo – Tóxico | Detecção de gases | NA | | | | | |
| | Resposta à emergências | NA | | | | | |
| Queima | Calor | NA | | | | | |
| | Fonte de Ignição | NA | | | | | |
| | Localização | NA | | | | | |
| Ventilação | Descarga na atmosfera | NA | | | | | |
| | Localização | NA | | | | | |
| | Dispersão | NA | | | | | |
| Manutenção | | | Plano de manutenção – Empresa Objeto de Estudo | | 4 | 4 | |
| Eventos Indesejáveis | | Efeito no Processo/Unidade | Barreiras de Proteção existentes | Consequências | | Probabilidade | Risco Residual |
| Palavras-guia | Direcionamento | | | Descrição | C (1-5) | P (1-5) | |
| Amostragem | Erro do Operador | NA | | | | | |
| Colisão | | Alimentação com pás carregadeiras | Velocidade controlada, Tacôgrafo, Segregação de pedestres | | 3 | 3 | |
| Queda | No mesmo nível. | NA | | | | | |
| | De nível mais alto | | Escadas e guarda-corpos seguindo a norma. | | 4 | 2 | |
| | Tropeço | NA | | | | | |
| | Afogamento | Queda na moega de rocha | Moega fechada, tampa de inspeção com grade. | | 3 | 3 | |
| Impacto | De objeto em movimento | NA | | | | | |
| | Objeto/Fragmento lançado | NA | | | | | |
| Contato | Com objeto afiado | NA | | | | | |
| | Com eletricidade | NA | | | | | |
| | Com superfícies quentes | NA | | | | | |
| | Com fluidos químicos | NA | | | | | |
| | Com químicos corrosivos | NA | | | | | |
| Exposição | A gases perigosos | NA | | | | | |
| | A vapor | NA | | | | | |
| | A poeira | Contato com pó da rocha | Equipamentos de despoieiramento (filtro manga), EPI's | | 5 | 1 | |
| Radiação | | NA | | | | | |
| Manuseio de materiais | Elevação/lçamento | Construção e manutenção | PT especial, Plano de Segurança | | 3 | 3 | |

APÊNDICE 4

Quadros apresentando os resultados completos das análises da ferramenta HAZID, referentes ao processo de Acidulação.

| Eventos Indesejáveis | | Efeito no Processo/Unidade | Barreiras de Proteção existentes | Consequências | | Probabilidade | Risco Residual |
|--|--------------------------|--|---|---------------|---------|---------------|----------------|
| Palavras-Guia | Direcionamento | Descrição | | | C (1-5) | P (1-5) | |
| Condições de Processo | Pressão máxima | Ácido sulfúrico pressurizado | Barreira física, inspeção de linha, câmeras de vídeo para controle. | | 3 | 2 | |
| | Temperatura máxima | NA | | | | | |
| | Temperatura mínima | NA | | | | | |
| Reação Química Indesejada | | Falta de rocha – risco de queda de ácido | Posição das esteiras (layout adequado) para evitar a queda em local de circulação de pessoas. | | 3 | 1 | |
| Resíduos do processo - inflamável - não inflamável | Nuvens de gás | NA | | | | | |
| | Detecção de gás | NA | | | | | |
| | Resposta à emergências | NA | | | | | |
| Resíduos do Processo - inflamável - não inflamável | Fogo | NA | | | | | |
| | Explosão | NA | | | | | |
| | Calor | NA | | | | | |
| | Fumaça | NA | | | | | |
| | Detecção de Fogo | NA | | | | | |
| | Resposta à emergências | NA | | | | | |
| Resíduos do Processo – Tóxico | Detecção de gases | NA | | | | | |
| | Resposta à emergências | NA | | | | | |
| Queima | Calor | NA | | | | | |
| | Fonte de Ignição | NA | | | | | |
| | Localização | NA | | | | | |
| Eventos Indesejáveis | | Efeito no Processo/Unidade | Barreiras de Proteção existentes | Consequências | | Probabilidade | Risco Residual |
| Palavras-Guia | Direcionamento | Descrição | | | C (1-5) | P (1-5) | |
| Ventilação | Descarga na atmosfera | NA | | | | | |
| | Localização | NA | | | | | |
| | Dispersão | NA | | | | | |
| Manutenção | | | Plano de manutenção Yara RIG | | 4 | 4 | |
| Amostragem | Erro do Operador | NA | | | | | |
| Queda | No mesmo Nível | NA | | | | | |
| | De nível mais alto | | Escadas e guarda-corpos seguindo a norma. | | 4 | 2 | |
| Impacto | De objeto em movimento | NA | | | | | |
| | Objeto/Fragmento lançado | NA | | | | | |
| Contato | Com objeto Afiado | NA | | | | | |
| | Com Eletricidade | NA | | | | | |
| | Com superfícies quentes | | | | | | |
| | Com fluidos químicos | Ácido sulfúrico | Tubulação fechada, inspeções, cameras de vídeo para controle. | | 3 | 3 | |
| | Com químicos corrosivos | | Área controlada, EPI's. | | 4 | 2 | |
| Exposição | A gases perigosos | Gás do sistema de lavagem. | Área controlada, EPI's. | | 4 | 2 | |
| | A vapor | NA | | | | | |
| | A poeira | Pó da rocha | Ciclonagem, despoieiramento. | | 3 | 2 | |
| Manuseio de materiais | Elevação/Içamento | Construção e manutenção | PT especial, Plano de Segurança. | | 3 | 3 | |

APÊNDICE 5

Quadros apresentando os resultados completos das análises da ferramenta HAZID, referentes ao processo de Granulação.

| Eventos Indesejáveis | | Efeito no Processo/Unidade | Barreiras de Proteção Existentes | Consequências | | Probabilidade | Risco Residual | Comentário |
|------------------------------------|-------------------------|--|---|--|---------|---------------|----------------|--|
| Palavras- | Palavras- | | | Descrição | C (1-5) | P (1-5) | | |
| Perigos do Processo | | | | | | | | |
| Condições do Processo | Pressão máxima | Fornalha a cavaco; Pressão no lavador do sistema de lavagem acima da capacidade. Ácido sulfúrico | Limitador de nível para evitar excesso de carga; Barreira física, inspeção de linha, câmeras de vídeo para controle. | Queda do lavador; perda de produção. | 3 | 4 | | Interlock do limitador de nível com as bombas 60BB02 e 60BB02R |
| | Temperatura mínima | Temperatura do óleo deve ser no mínimo 70°C | Aquecimento; isolamento na linha de óleo; procedimentos operacionais. | Perda de qualidade | 5 | 5 | | |
| | Temperatura máxima | Oleo tanque de serviço granulação (ponto de fulgor=180°); temperatura da fornalha máxima de 1350 °C. | Shutdown automático da fornalha; Controle por termostato no tanque de óleo | Explosão (tanque de óleo); destruição do refratário da fornalha. | 3 | 4 | | Ter acompanhamento de temperatura de óleo de recobrimento do tanque de serviço no painel da granulação |
| Liberação do processo - inflamável | Gases | Névoa de óleo de recobrimento | Controle de temperatura do óleo; | Lesão pessoal – queimadura | 5 | 2 | | |
| Eventos Indesejáveis | | Efeito no Processo/Unidade | Barreiras de Proteção Existentes | Consequências | | | Probabilidade | Risco Residual |
| Palavras-Guia | | | | Descrição | C (1-5) | P (1-5) | | |
| Liberação do processo - inflamável | Respostas à Emergências | Unidade possui procedimento de emergência | | | | | | |
| | Fogo | Sistema de alimentação da fornalha. Alta temperatura na área próxima. Restrições térmicas sobre o material que aumenta o dano rápido Risco de incêndio na tremronha de alimentação (fluxo de calor) | Exaustão forçada dos gases quentes pela chaminé | Fatalidades | 2 | 3 | | |
| | Explosão | Tanque de óleo de recobrimento E Sistema de Ignição da Caldeira com gases | Sistema de válvulas de segurança | Fatalidades | 2 | 3 | | |
| | Calor | Fornalha (já citado anteriormente.) | | | | | | |
| | Fumaca | NA | | | | | | |
| Ventilação | Resposta à emergência | Unidade possui plano de emergência | | | | | | |
| | Descarga na | Liberação de gases e material particulado | Sistema de lavagem; filtro manga. | Poluição ambiental; reclamações da população. | 4 | 2 | | |

| Eventos Indesejáveis | | Efeito no Processo/Unidade | Barreiras de Proteção Existentes | Consequências | | Probabilidade | Risco Residual | Comentário |
|-----------------------|--------------------------------|--|---|------------------------------------|---------|---------------|----------------|---|
| Palavras-Guia | | | | Descrição | C (1-5) | P (1-5) | | |
| Manutenção | | Manutenção corretiva, e programadas mensais e anuais | Procedimentos; permissão de trabalho; APR; inspeções nas ferramentas. | Lesão pessoal | 4 | 3 | | |
| Amostragem | Erro de operação | Operadores retiram amostra da saída do secador; amostra de matéria-prima e cavaco. | Uso de EPIs | Batida contra | 2 | 4 | | Providenciar amostrador para coletar amostra de cavaco na moega e aumentar altura do guarda-corpo existente |
| Colisão | | Risco de colisão de pá carregadeira | Cancela; velocidade máxima permitida. | Lesão pessoal; dano material. | 2 | 2 | | Unidade segue procedimento de acesso a corredores |
| Queda | No mesmo nível | Tropeções na unidade | | Lesão pessoal | 5 | 5 | | |
| | Para um nível inferior | Operador de silo; subir nos filtros manga | Uso do cinto de Segurança | Lesão pessoal | 4 | 3 | | |
| | Tropeço | Tropeções na unidade | | Lesão pessoal | 5 | 5 | | |
| Batida contra | | Tropeções na unidade | | Lesão pessoal | 5 | 5 | | |
| Espremar, apertar | | Correias transportadoras. | NR 12 e TOPS 1-08 | Lesão pessoal | 2 | 4 | | Plano de adequação NR 12 e Normas-Empresa |
| Eventos Indesejáveis | | Efeito no Processo/Unidade | Barreiras de Proteção Existentes | Consequências | | Probabilidade | Risco Residual | Comentário |
| Palavras-Guia | | | | Descrição | C (1-5) | P (1-5) | | |
| Impacto | Fragmentos | Durante atividades de manutenção | | | | | | |
| Contato | Com objetos cortantes | Durante atividades de manutenção e ferramentas | Inspeção nas ferramentas; Instruções operacionais. | Lesão pessoal | 5 | 4 | | |
| | Com condutores de eletricidade | Controle do CCM para acesso apenas dos electricistas | | | | | | |
| | Com químicos corrosivos | Contato com água acidulada por vazamento no Sistema de lavagem | Ação do operador | Lesão pessoal; dano ambiental. | 5 | 5 | | |
| Exposição | Com gases perigosos | Já Abordado | | | | | | |
| | Com vapor | Controle do vapor que entra no granulador - vazamentos | | Perda de vapor; lesão pessoal. | 5 | 5 | | Estudar viabilidade de isolamento de válvulas de vapor e água do granulador |
| Eventos Indesejáveis | | Efeito no Processo/Unidade | Barreiras de Proteção Existentes | Consequências | | Probabilidade | Risco Residual | |
| Palavras-Guia | | | | Descrição | C (1-5) | P (1-5) | | |
| | Poeira | Poeira presente no processo | Uso de EPIs por parte dos colaboradores | Lesão pessoal (doença ocupacional) | 5 | 5 | | |
| Redução de O2 | | Espaço confinado segue procedimento | | | | | | |
| Radiação | | Balança radioativa colocada em área restrita. | | | | | | |
| Manuseio de Materiais | Elevação | Atividades de manutenção | Procedimento; permissões de trabalho. | Lesão pessoal | 4 | 3 | | |

APÊNDICE 6

Quadros apresentando os resultados completos das análises da ferramenta HAZOP, referentes ao nó 1.

| DEVIATION | N° | CONSEQUENCE | CONSEQUENCE CE RATING | REQUIRED SAFETY LEVEL (ALL IPL) | INSTALLE D SAFETY LEVEL (ALL IPL) | SAFE GUARDS | | | | AUTOMATI C Conseque nce Reductio | | | |
|-----------|-----|---|--------------------------|---------------------------------------|--|-------------|------|------|-----|--|-----------------|-------------------------------|-----|
| | | | | | | BPCS | | | | SIS | | | |
| | | | | | | HS | Env | HS | Env | Overall expressed EQUIVALE NT SIL | SIL Achieved | Minimum SIL Recommended | PFD |
| No flow | 1.1 | Falta de Combustível na Formalha, causando queda na temperatura, ocasionando uma umidade alta no produto que levará a uma perda de produção/parada do processo | 0 0 5 | OK | - | 0 | 0.00 | | 1 | | 1 | 0 | 1 |
| | 1.2 | Falta de Combustível na Formalha, causando queda na temperatura, ocasionando uma umidade alta no produto que levará a uma perda de produção/parada do processo. | 4 5 4 | OK | OK | OK | 0.00 | | | 1 | 0 | No SIF Required | 1 |
| | 1.3 | Risco de acidentes pessoais por colisão | | | | | | | | | | | |
| | 1.4 | Falta de Combustível na Formalha, causando queda na temperatura, ocasionando uma umidade alta no produto que levará a uma perda de produção/parada do processo. Risco ao operador ao tentar visualizar o nível de cavaço na moega - encostam a máquina e da própria máquina visualizam o nível. | 3 0 5 | - | OK | OK | 0 | 0.00 | 1 | | 1 | 0 | 1 |
| | 1.5 | Falta de Combustível na Formalha, causando queda na temperatura, ocasionando uma umidade alta no produto que levará a uma perda de produção/parada do processo | 0 0 5 | OK | OK | OK | 0.00 | | 1 | | 1 | No SIF Required | 1 |
| | 1.7 | Aumenta a temperatura da formalha, pois perde exaustão, e quando atinge 1200 °C ativa o damper (DP03) da chaminé para direcionar o calor extamente. | 0 0 5 | OK | OK | OK | 1.00 | | 1 | | 1 | No SIF Required | 1 |
| | | | | | | | | | 1 | | 1 | 0.1 | 1 |

| DEVIATION | Nº | CONSEQUENCE | CONSEQUENCE | REQUIRED SAFETY LEVEL (ALL IPL) | INSTALLED SAFETY LEVEL (ALL IPL) | SAFE GUARDS | | | Automati c Consegu ence Reductio n | |
|------------------|------|---|-------------|--|--|--|--|-------|---|-------|
| | | | | | | BPCS | | | | |
| | | | | | | SIL | SIL Achieved PFD | Item | | |
| | | | | HS | Eco | HS | Eco | Item | | |
| | | | | HS | Eco | HS | Eco | Item | | |
| | | | | Overall expressed EQUIVALENT SIL | Overall expressed EQUIVALENT SIL | Overall expressed EQUIVALENT SIL | Overall expressed EQUIVALENT SIL | Item | | |
| Less flow | 2.1 | Limitação da capacidade da planta, perda de produção para poder manter a condição de processo | 0 0 4 OK OK | 0.00 | 1 | | | 1 0 | No SIL Required | 1 1 1 |
| High temperature | 7.1 | Incêndio na área de armazenagem de cavaco; risco de lesão pessoal; risco de perda de equipamento. | 4 0 3 OK OK | 1.00 | 1 | | | 0 | No SIL Required | 1 1 1 |
| Shut down | 12.1 | Entupimento da moeira 1, que vai gerar problemas/dificuldades no start up seguinte | 0 0 5 OK OK | 1.00 | 1 | | | 0 | No SIL Required | 1 1 1 |
| | 12.2 | Madeira fica confinada, seca rápido a umidade baixa, sob a exposição de radiação solar já seria suficiente para uma ocorrência de incêndio, com risco a pessoas (lesão ocupacional) e perda de produção | 4 0 3 OK OK | 1.00 | 1 | | | 0 | No SIL Required | 1 1 1 |
| Compositio | 13.1 | Cavaco molhado, dificuldade de queimar e assim manter a temperatura da formaña. Por isso, acaba-se reduzindo carga porque não é possível manter a temperatura do secador. Além disso, afeta o sistema de cionagem, pois a Temperatura de saída dos gases do secador é normalmente em torno de 100°C. Se for menor, há o risco de condensar vapor no sistema de cionagem, e assim "sujar/entupir" o ciclone. | 0 5 5 OK - | | | 0.00 | 1 | 1 0 0 | 1 1 1 | 1 1 1 |

| DEVIATION | Nº | CONSEQUENCE | CONSEQUENCE | REGULATED SAFETY LEVEL (ALL EPL) | INSTALLED SAFETY LEVEL (ALL EPL) | SAFE GUARDS | | | Autemah Device c Camara sense Retracti on | | | | | |
|--|------|--|-----------------------------|-------------------------------------|--|-------------|-----|----|---|--|--|--------------------|--------------------|--------------------|
| | | | | | | HS | Eco | HS | Eco | Overall exposed equival ent SEL | Overall exposed equival ent SEL | SEL ach ived | SEL ach ived | SEL ach ived |
| Composite n – contamina on – change composition | 13.2 | Quebra a 400.NG3-01 devido ao tamanho do cavaco fora do padrão; a quebra das duas roscas para o transponente de cavaco, afetando a produção. | 0 0 4 OK 0 1 1 1 1.00 | | | | | | | | | | | |
| Sampling | 14.1 | O próprio operador de cavaco faz a amostragem de cavaco após o caminhão bascular (após a saída do caminhão). No entanto, há o risco de acidente quando da manobra do caminhão, porque os caminhões normalmente são grandes (Elrem) | | | | | | | | | | | | |
| Maintenanc e | 20.1 | Parada da produção e riscos de acidentes ocupacionais | 5 0 0 - OK 0 0 1.00 | | | | | | | | | | | |
| Inspection – test program | 21.1 | Vazamento de graxa - Dano ambiental local | 0 4 0 OK - OK 0 1.00 | | | | | | | | | | | |
| | 21.3 | Risco de proteção, risco de queda | 3 0 0 OK OK OK 0.00 | | | | | | | | | | | |
| Corrosion – erosion | 22.1 | Queda de poeira de madeira no chão - prejudica o housekeeping | 4 5 0 - - OK 0 0.00 | | | | | | | | | | | |
| Stable electricity – earthing | 23.1 | Consequências para pessoas, intenção | 3 4 0 OK OK OK 1.00 SD4 0.1 | | | | | | | | | | | |
| Control System | 25.1 | Falta de alimentação para o granulador, parada de produção, aumento de unidade, perda de produtos e lesões pessoais. | 4 5 4 OK OK 0.00 1 | | | | | | | | | | | |
| Spare parts | 26.1 | Parada da produção devido à falta de peças de reposição. | 0 0 2 OK OK OK 0.00 1 | | | | | | | | | | | |

APÊNDICE 7

Quadros apresentando os resultados completos das análises da ferramenta HAZOP, referentes ao nó 2.

| DEVIATION CN | SEQUENCE Nº | CONSEQUENCE | REQUIRED SAFETY LEVEL (ALL IP1) | INSTALLED SAFETY LEVEL (ALL IP1) | SAFE GUARDS | | | | SIS | Doppler Alert enabled | Instrument Status | Autonomic Consequence Reduction | | |
|-----------------|----------------|---|---------------------------------------|---|-------------|---|---|---|---|-----------------------|-------------------|---------------------------------------|-------|---|
| | | | | | H | E | F | Overall express equivalent SIL | Overall expressed equivalent SIL | Item | FFD | Item | FFD | |
| No Flow | 1.1 | Redução de caixa, o operador percebe pelo tempo da injeção de recebimento parada e/ou temperatura de saida do seletor, e age para corrigir, porém é crítico quando o operador está em horário de almoço, já que este não possui renda, apenas um colega que faz verificando a atividade durante sua ausência (fim de almoço). Durante esse período, pode ocorrer de o produto sair muito úmido. | | | | | | | | | | | | |
| | 1.2 | Caso haja quebra apêndis de um helicóide, ainda é possível trabalhar. Com apenas um já não é possível trabalhar, é esse cenário que está sendo considerado aqui. Perda de produção. | 0 0 4 | OK OK OK | 0.00 | | | | 1 | | | | | |
| | 1.4 | Conforme item 1.2, Caso haja quebra apêndis de uma roldana, ainda é possível trabalhar. Com apenas um já não é possível trabalhar, e é este cenário que está sendo considerado aqui. Perda de produção. | 0 0 4 | OK OK OK | 1.00 | | | | 1 | 0 | No SIF Required | 1.000 | 1 | |
| | | | | | | | | | | 1 | 0 | No SIF Required | 1.000 | 1 |

| DEVIATI ON | Nº | CONSEQUENCE | REQUIRED SAFETY LEVEL (ALL IP _L) | INSTALLE D SAFETY LEVEL (ALL IP _L) | SAFEGUARDS | | | | Automação Consequen cia |
|---------------|----|--|--|---|---|---------------|---------------------|----------------------------|-------------------------------|
| | | | | | Opener BPCS | Opener SIL | SIL Achie ved | Minimum SIL Recommended | |
| | | | H E S rev 0 | HS Ece v | Overall expressed equivalent SIL | Item PFD | Item PFD | Item PFD | Item PFD |
| 5.2 | | 1. Aumento da umidade do produto 2. Queda de temperatura na saída do secador 3. Aumento de temperatura na camara 4. Sistema de segurança de pressão não vai atuar, mas vai atuar o de temperatura. Pela pressão positiva, há o risco de sair labaredas pela porta da fornalha, expondo colaboradores. | 4 0 5 OK | OK | OK | 1.00 | 0.1 | 1 0 | No SIL Required 1.000 |
| 5.4 | | 1. Aumento da umidade do produto 2. Queda de temperatura na saída do secador 3. Aumento de temperatura na camara Pela pressão positiva, há o risco de sair labaredas pela porta da fornalha, expondo colaboradores. | 4 0 5 OK | OK | OK | 2.00 | 0.1 | 0 | No SIL Required 1.000 |
| 5.6 | | 1. Aumento da pressão da fornalha, pela pressão positiva, há o risco de sair labaredas pela porta da fornalha, expondo colaboradores. | 4 0 5 OK | OK | OK | 2.00 | 0.1 | 0 | No SIL Required 1.000 |
| 5.7 | | 1. Aumento da umidade do produto 2. Queda de temperatura na saída do secador 3. Aumento de temperatura na camara Pela pressão positiva, há o risco de sair labaredas pela porta da fornalha, expondo colaboradores. | 4 0 5 OK | OK | OK | 2.00 | 0.1 | 0 | No SIL Required 1.000 |

| Nº DE MATRÍCULA (DN) | CORRSE DUE NCE | CONSEQUÊNCIA D' INFLUENCIA | REQUIRED SAFETY LEVEL [ALL IFPL] | INSTALLE D SAFETY LEVEL [ALL IFPL] | EPC'S | | Operable Intervention | | SAFE GUARDING | | |
|----------------------|---|----------------------------|----------------------------------|------------------------------------|--------------------|--------------------|---|--------------------|---|--------------------|-----------------|
| | | | | | SHS | Indication General | SHS | Indication General | SHS | Indication General | |
| | | | H E S En E5 w | H E S En E5 w | Overall express ad | Overall express ad | SHS | Indication General | SHS | Indication General | |
| | | | Overall express ad | Overall express ad | Overall express ad | Overall express ad | SHS | Indication General | SHS | Indication General | |
| 5.8 | 1. Concentração de calor aumentando a pressão 2. Saida de chama nas portas de vista 3. Prejudicial para o refratário da formalta, comendo o risco de queda do refratório 4. Aumento de temperatura na câmara Pela pressão positiva, há o risco de ser labaredas pela porta da formalta, expondo colaboradores. | High pressure | 4 0 4 OK - | 4 0 4 OK - | 0 | 2.00 | Alarme de pressão alta; Shutdown de pressão alta | 0.1 | Inspeção no damper | 0.1 | No SIF Required |
| 5.8 | 1. Aumento da pressão na formalta 2. Queda de temperatura na saída do secador 3. Aumento de temperatura na câmara 4. Saida de fogo pelas portas de vista Unidade não chega a parar. | High pressure | 4 0 5 OK OK | 4 0 5 OK OK | 0 | 2.00 | Alarme de pressão alta; Shutdown de pressão alta. | 0.1 | Intervenção do operador quando alarme de pressão alta | 0.1 | No SIF Required |
| 5.10 | Parada da fabrica por aumento de pressão na formalta. | High pressure | 0 0 4 OK - | 0 0 4 OK - | 0 | 1.00 | Alarme de pressão alta; Shutdown de pressão alta. | 0.1 | 0 | 0 | No SIF Required |
| 5.11 | 1. Aumento da pressão na formalta 2. O damper atua, sobre para evitar concentração de calor na formalta 3. Se o gerador não entrar, portagem natural o calor atinge ventiladores 120CC03 e lavadores, provocando incêndio. | High pressure | 3 5 3 - | 3 5 3 - | 0 | 1.00 | Corte de spray d'água ligado à água de encanado (bomba diesel) do Pler manda água para lavador 7 para refrescar o sistema e não ocorrer o incêndio - entra automático quando falta luz. | 0.1 | 0 | 0 | No SIF Required |

| DEVIATION | N° | CONSEQUENCE | CONSEQUENCE | REQUIRED SAFETY LEVEL (ALL IPL) | INSTALLED SAFETY LEVEL (ALL IPL) | SAFETY REQUIREMENTS | | | SAFETY REQUIREMENTS | | | SAFETY REQUIREMENTS | | | | | | | | | |
|------------------|-----------------------|----------------------------------|---|-------------------------------------|--|--|-----|-----|---------------------|------|-----|---------------------|---|---|--|-----|-----------------|-----------------|-------|---|---|
| | | | | | | HS | En | Eco | HS | En | Eco | HS | En | Eco | | | | | | | |
| | | | | Overall expressed EQUIVALENT SIL | Overall expressed EQUIVALENT SIL | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5.13 | 1. Aumento da pressão | 2. Aumento da umidade do produto | 3. Queda de temperatura na saída do secador | 4. Aumento de temperatura na câmara | 5. Saída de fogo pelas portas de vista | 6. Restrição de produção - ocorre proximo a parada mensal, percebe-se aumento da pressão e diminuição da temperatura, diminui-se a carga da fábrica para garantir a qualidade do produto | 7.4 | 0 | 5 | OK | OK | OK | 2.00 | Alarme de pressão alta; Shutdown de pressão alta. | Intervenção do operador quando alarme de pressão alta. | 0.1 | 0 | No SAF Required | 1.000 | 1 | 1 |
| High pressure | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| High temperature | 8.1 | 1. Aumento da umidade do produto | 2. Queda de temperatura na saída do secador | 0 | 0 | 4 | OK | - | 0 | | | 2.00 | Atuação do operador ao mostrar o aumento de Tc TT 214 da fornalha item vai indicar T alta. | Atuação do operador ao alarme de falha da TIC 030 | 0.1 | 0 | No SAF Required | 1.000 | 1 | 1 | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 8.2 | 1. Desarme da fábrica por T alta | 0 | 0 | 4 | OK | - | 0 | 0.00 | | | | Avaliação de temperatura do produto; Indicação de temperatura na fornalha, Procurar atertar a umidade reduzindo a alimentação, prioritário a qualidade. | | 0.1 | 1 | No SAF Required | 1.000 | 1 | 1 | |
| | 8.3 | 1. Aumento da umidade do produto | 2. Queda de temperatura na saída do secador | 0 | 0 | 4 | OK | - | 0 | 2.00 | | | Avaliação de temperatura do produto, indicação de temperatura na fornalha, Procurar atertar a umidade reduzindo a alimentação, prioritário a qualidade. | 1 | 1 | 0 | 0 | 1.000 | 1 | 1 | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| DEVIATION N° | CONSEQUENCE | REQUIRED SAFETY LEVEL (ALL IPs) | INSTALLED SAFETY LEVEL (ALL IP) | SAFE GUARDS | | | | Automati c Consequ ence | |
|--------------|---|---------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|--------|-----------------------|--|-------------------------|--|
| | | | | BPCS | | Operator Intervention | | | |
| | | | | Instrument General | Device | SIS | ? | | |
| | | | | ? | | ? | | | |
| 8.6 | Com a parada do sistema hidráulico [20]U[H014/B, o operador precisa parar as roscas dosadoras de entrada de cavaco, pois o fogo ficará todo concentrado no inicio da fornalha. Concentra temperatura em um ponto, ocorre aumento da umidade do produto, queda de temperatura na saída do secador e parada da umidade pois não é possível manter a qualidade do produto. | H E S S | E E En En | Overall expressed EQUIVALENT SIL | Item | PFD | ? | | |
| 8.7 | Com a parada do sistema hidráulico [20]U[H014/B, o operador precisa parar as roscas dosadoras de entrada de cavaco, pois o fogo ficará todo concentrado em um ponto, porque o fogo ficará todo concentrado em um ponto. | 0 0 3 | OK | 1 1 | 1.00 | | | | |
| 8.7 | Com a parada do sistema hidráulico [20]U[H014/B, o operador precisa parar as roscas dosadoras de entrada de cavaco, pois o fogo ficará todo concentrado no inicio da fornalha. Concentra temperatura em um ponto, ocorre aumento da umidade do produto, queda de temperatura na saída do secador e parada da umidade pois não é possível manter a qualidade do produto. | 0 0 3 | OK | 1 1 | 1.00 | | | | |
| 9.1 | Falha de automação - Controlador indica que o nível está baixo, mas está alto, cavaco vai para TP-04, enchendo a esteira de cavaco. Isso pode levar ao desarme da esteira, e parada da Fábrica (porem por pouco tempo). | 0 0 5 | OK | OK | OK | 1.00 | | | |
| 10.1 | Queda de temperatura da fornalha, produto com mais qualidade (área qualidade) | 0 0 4 | OK | - | 0 | 2.00 | Indicação de Temperatura baixa no CLP | | |
| High level | Falha de automação - Controlador indica que o nível está baixo, mas está alto, cavaco vai para TP-04, enchendo a esteira de cavaco. Isso pode levar ao desarme da esteira, e parada da Fábrica (porem por pouco tempo). | 0 0 5 | OK | OK | OK | 1.00 | Manutenção preventiva de sensor de nível da moagem dosadoras de cavaco para a fornalha | | |
| Low level | Queda de temperatura da fornalha, produto com mais qualidade (área qualidade) | 0 0 4 | OK | - | 0 | 2.00 | Indicação de Temperatura baixa no CLP | | |
| | | | | | | | Atuação do operador da fornalha | | |
| | | | | | | | 0.1 | No SIL Required | |
| | | | | | | | 0 | No SIL Required | |
| | | | | | | | 1.000 | 1 | |
| | | | | | | | 0 | No SIL Required | |
| | | | | | | | 1.000 | 1 | |
| | | | | | | | 0 | No SIL Required | |

| DETAILED N N | Nº N | CONSEQUENCE | CONSEQUENCE RATING | REQUIRED SAFETY LEVEL (ALL IFPL) | INSTALLED SAFETY LEVEL (ALL IFPL) | | | | OPERATOR INTERVENTION | | | | SAFEGUARDS | | | |
|--------------------|---------|---|-----------------------|--|---|----|----|-------------------------------------|--|---|------|---|------------|-----|------|-----------------|
| | | | | | H | E | HS | Env Expo v ew cu ntr | Overall expressed add equiv ent SEL | Overall expressed equiv ent SEL | Item | FFD | Item | FFD | Item | FFD |
| Shut down | 12.2 | | | | ? | ? | ? | - | - | - | | | | | | |
| Composite | 13.1 | Pô grada no refratário, esse pô pode ter material destruído, e com o tempo danificar o refratório, podendo levar a queda de partes do refratório, chapa da fornalha fia, incandescente (mais comum ocorrer em cima da fornalha). Reparo do refratório tem custo alto. | 0 0 3 | OK | OK | OK | OK | 1.00 | | | 1 | Inspeção preventiva do refratório (dentro da inspeção da fornalha). | | 0.1 | 0 | No SIF Required |
| Composite | 17.1 | Cetálio pouco produzido ultimamente, concentração de calor na fornalha, incêndio, perda de produção. | 3 0 3 | - | OK | - | 0 | 1.00 | | | 0.1 | Geradores entram automaticamente. | | 1 | 0 | No SIF Required |
| Explosion | 28.1 | Explosão/ruptura da fornalha. | 1 0 2 | 1 | OK | - | 1 | 2.00 | | | 0.1 | Alarme de pressão alta; shutdown de pressão alta (desarma em 8min/CA); alarme de temperatura alta; shutdown T alta. | | 0.1 | 0 | No SIF Required |
| Emission | 30.1 | Consequências para o meio ambiente. | 0 4 0 | OK | OK | OK | OK | 0.00 | | | 1 | | | 1 | 0 | No SIF Required |