

MORIVALDO EGIDIO DIOGENES JUNIOR

AVALIAÇÃO DE PERIGOS E RISCOS DE EXPLOSÃO NO PROCESSO DE  
MOAGEM, PENEIRAMENTO E MISTURA DE GELATINA

São Paulo

2022

MORIVALDO EGIDIO DIOGENES JUNIOR

Versão Original

AVALIAÇÃO DE PERIGOS E RISCOS DE EXPLOSÃO NO PROCESSO DE  
MOAGEM, PENEIRAMENTO E MISTURA DE GELATINA

Monografia apresentada à Escola Politécnica  
da Universidade de São Paulo para a  
obtenção do título de Especialista em  
Engenharia de Segurança do Trabalho.

São Paulo  
2022

Dedico este trabalho a minha família e principalmente a minha esposa e ao meu filho, que não mediram esforços para me apoiar durante o desenvolvimento do curso de Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me proporcionado saúde e disposição para me dedicar durante esses dois anos e meio do curso de Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho,

À minha esposa e ao meu filho que em muitas ocasiões tiveram paciência e abriram mão da minha presença em momentos dedicados ao estudo. Você são minha fonte inesgotável de motivação para seguir sempre em frente,

E aos Professores e Colaboradores do PECE - pela dedicação, esforço e adaptação ao senário da pandemia Covid-19 para que as experiências e conhecimento fossem transmitidos.

“A menos que modifiquemos a nossa  
maneira de pensar, não seremos capazes de  
resolver os problemas causados pela forma  
como nos acostumamos a ver o mundo”

(Albert Einstein)

## RESUMO

DIOGENES JUNIOR, Morivaldo Egídio. **Avaliação de perigos e riscos de explosão no processo de moagem, peneiramento e mistura de gelatina.** 2022 75f. Monografia (Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho) - Programa de Educação Continuada, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2022.

Esta pesquisa tem como objetivo avaliar os perigos e riscos de explosão no processo de moagem, peneiramento e mistura de gelatina com o uso da ferramenta de análise de riscos. Foi realizado um estudo de caso que teve por objeto a identificação e avaliação de perigos e riscos decorrentes da formação de atmosferas explosivas por pó de gelatina nas etapas do processo de moagem, peneiramento, mistura e envase da gelatina em uma indústria de fabricação. Ao realizar uma técnica de análise de riscos, busca-se compreender de forma detalhada os riscos, ou potenciais riscos em determinado objeto, podendo ser processos, máquinas, sistema ou subsistemas, e consequentemente gerar subsídios para a formulação de um planejamento, construção, operação e controle de forma a garantir a redução dos riscos. Neste estudo foi aplicada a ferramenta de Análise Preliminar de Risco. Foi possível perceber que o processo de inspeção e avaliação de perigos e riscos de formação de atmosfera explosiva por pó de gelatina, realizado, permitiu a observação de riscos de explosão nas etapas de processo que compreende a secagem, moagem, peneiramento e envase da gelatina, entretanto, inúmeras oportunidade de melhoria de gestão dos perigos também foram evidenciadas. Por outro lado, é preciso considerar que a empresa apresenta um procedimento operacional de perigos e riscos de forma sistemática em relação a formação de atmosfera de poeiras explosivas por pós de gelatina que contribui de forma consistente com o controle de acúmulo de poeira nas áreas e equipamentos, e isso é um aspecto fundamental para o controle do risco de explosão.

**Palavras-chave:** Gelatina. Colágeno Hidrolisado. Segurança do Trabalho. Gerenciamento de Riscos, Análise Preliminar de riscos.

## ABSTRACT

DIOGENES JUNIOR, Morivaldo Egidio. **Evaluation of dangers and risks of explosion in the process of moagem, penetration and mixing of gelatin.** 2022 75f. Monograph (Specialization in Occupational Safety Engineering) - Continuing Education Program, Polytechnic School of the University of São Paulo, São Paulo, 2022.

The objective of this research was to assess the dangers and risks of explosion in the moagem process, penetration and mixing of gelatin with the use of the risk analysis tool. A case study was carried out with the objective of identifying and assessing dangers and risk of occurrence from the formation of explosive atmospheres due to gelatin in the stages of the process of grinding, penetrating, mixing and packaging of gelatin in a manufacturing industry. To carry out a risk analysis technique, it seeks to understand in detail the risks, or potential risks in a certain object, which can be processes, machines, systems or subsystems, and consequently generate subsidies for the formulation of a planning, construction, operation and control in order to guarantee the reduction of two risks. This study was applied to the Preliminary Risk Analysis tool. It was possible to perceive that the process of inspection and assessment of dangers and risks of formation of explosive atmosphere by gelatin pouring, carried out, allowed the observation of risks of explosion in the stages of the process that includes drying, moagem, penetration and packaging of gelatin, meanwhile, numerous opportunities to improve the management of the risks are also evident. On the other hand, it is necessary to consider that the company presents an operational procedure of dangers and risks in a systematic way in relation to the formation of an explosive atmosphere due to gelatin post, which contributed consistently to control the accumulation of dust in the areas and equipment. and this is a fundamental aspect to control the risk of explosion.

**Key-Words:** Gelatin. Hydrolyzed Collagen. Workplace safety. Risk Management, Preliminary Risk Analysis.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Estrutura do colágeno .....	18
Figura 2- Processo resumido da obtenção do colágeno hidrolisado .....	22
Figura 3- Triângulo de Fogo .....	37
Figura 4- Categorias de Frequência.....	57
Figura 5 - Categorias de Severidade.....	57
Figura 6 - Matriz de Riscos para atividade/serviço .....	58
Figura 7 - Modelo Análise Preliminar de Riscos (APR) .....	59

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Composição, em porcentagem, dos aminoácidos das gelatinas tipo A e tipo B .....	26
Tabela 2 - Características de algumas poeiras combustíveis .....	33
Tabela 3 – Indicação de zonas de risco .....	53
Tabela 4: Levantamento de equipamentos e os riscos relacionados com poeira combustível no processo analisado.....	61
Tabela 5: Análise Preliminar de Riscos da Área de Secagem de Gelatina .....	62
Tabela 6: Análise Preliminar de Riscos da Área de Moagem, peneiramento, mistura e envase da Gelatina.....	63
Tabela 7: Análise Preliminar de Riscos da Área de Moagem, peneiramento, mistura e envase da gelatina.....	64.

## **LISTA DE QUADROS**

Quadro 1- Ocorrência de acidentes com poeiras combustíveis no Brasil .....	34
Quadro 2- Descrição de gases e vapores inflamáveis e poeiras e fibras combustíveis conforme classificação de zonas .....	37

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT)
APR	Análise Preliminar de Riscos
CH	Colágeno Hidrolisado
EPI	Equipamento de Proteção Individual
EPC	Equipamento de Proteção Coletiva
EUA	Estados Unidos da América
FTA	Fail Mode & Effect Analysis
FMEA	Fail Mode & Effect Analysis
GR	Gerenciamento de Riscos
HAZOP	Hazard and Operability Studies
ICI	Imperial Chemical Industries Ltd.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	12
1.1 OBJETIVO.....	13
1.2 JUSTIFICATIVA .....	13
<b>2 REVISÃO DA LITERATURA .....</b>	15
2.1 REAPROVEITAMENTO DE SUBPRODUTOS PROVENIENTES DE ABATEDOUROS.....	15
2.2 COLÁGENO .....	16
<b>2.2.1 Colágeno Hidrolisado .....</b>	20
2.3 GELATINA.....	22
<b>2.3.1 Tratamento da matéria prima .....</b>	27
<b>2.3.2 Extração da gelatina.....</b>	28
<b>2.3.3 Purificação e secagem.....</b>	29
2.4 RISCOS DE EXPLOSÃO .....	30
<b>2.4.1 Atmosfera Explosiva .....</b>	30
2.4.1.1 Poeiras Combustíveis.....	32
<b>2.4.2 Classificação de Área de Risco de Explosão .....</b>	35
2.4.2.1 Triângulo do Fogo .....	37
2.4.2.2 Fontes de Ignição .....	38
<b>2.4.3 Estudo de Classificação de Áreas .....</b>	39
<b>2.4.4 Medidas Preventivas de Redução de Risco de Explosão .....</b>	40
2.5 GERENCIAMENTO DE RISCOS NA ENGENHARIA DE SEGURANÇA DO TRABALHO .....	42
<b>2.5.1 Análise Preliminar de Riscos (APR) .....</b>	47
<b>3 MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	50
3.1 TIPO DE PESQUISA.....	50
3.2 OBJETO DO ESTUDO.....	50
3.3 ETAPAS DE DESENVOLVIMENTO DO ESTUDO .....	51
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	60
<b>CONCLUSÕES .....</b>	68
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	69

## 1 INTRODUÇÃO

O Colágeno representa a principal proteína presente nos mamíferos e corresponde a 30% do total de proteínas. Além disso, compõe a estrutura do tecido conjuntivo de peles, tendões, cartilagens, órgãos e ossos, e nos tecidos conjuntivos esse componente faz parte da matriz extracelular em conjunto com as proteínas elastina e reticulina. Assim, esse produto está presente em todos os tecidos conjuntivos de todos os animais, e como subprodutos para a fabricação do colágeno hidrolisado e gelatina, é extraído principalmente de animais bovinos, suínos e aves (PRESTES, 2013).

Segundo Leon-Lopez et al., (2019) já foram identificados mais de 28 tipos de colágeno, contudo, o tipo I é um mais comum em pele, osso, dentes, tendão, ligamentos, ligadura vascular e órgãos. Já o tipo II é encontrado comumente nas cartilagens. A conversão da gelatina a partir do colágeno ocorre a partir da hidrólise catalisada por ácido, base por aquecimento. Diferentes processos e etapas devem ser realizadas até que se alcance a consistência desejada para gelatina.

Como outros ambientes produtivos, na fabricação da gelatina, alguns riscos e perigos podem ser evidenciados e por sua característica de pó, nas etapas de moagem, peneiramento e envase, por exemplo, os riscos podem estar associados com as poeiras combustíveis o risco de explosão a partir da formação de uma atmosfera explosiva (COSTELLA; PILZ; BET, 2016).

Entende-se como uma área classificada quando a poeira combustível pode apresentar potencial para formação de uma nuvem de explosão dependendo das concentrações presentes no ar, e assim, se faz necessário que haja a adoção de precauções especiais que visem garantir a instalação de equipamentos de forma segura (SOUZA, 2021).

Diante os riscos e perigos de explosão a partir das poeiras explosivas é fundamental que haja a avaliação desses riscos de forma preliminar. No gerenciamento de riscos

uma das ferramentas que podem ser empregada é a Análise Preliminar de Risco (APR) que consiste em uma avaliação qualitativa de problemas gerais de segurança. A APR tem sido muita utilizada em novos sistemas, em um cenário em que não há experiência em riscos na operação, entretanto, também podem ser úteis como ferramentas de revisão geral de segurança em processos já operacionais, para a identificação de riscos que poderiam não ser percebidos podendo assim, ser aplicado na fase inicial de um projeto, de processo, produto ou sistema (PIZZATTO, 2012).

A técnica HAZOP, considerada outra ferramenta de gerenciamento de riscos pode ser entendida como um procedimento indutivo, qualitativo, que deve ser realizado por uma equipe multidisciplinar, voltado para a identificação de perigos, buscando compreender as causas de possíveis desvios em variáveis de processos, em diferentes pontos do processo. Trata-se ainda de uma técnica muito utilizada em diferentes ramos industriais, por favorecer a identificação dos principais perigos e problemas relacionados à determinada operação e depois disso, propor ações para que estes riscos e perigos sejam sanados ou amenizados, bem como seus impactos (CÔRREA, 2014).

## 1.1 OBJETIVO

Esta pesquisa tem como objetivo avaliar os perigos e riscos de explosão no processo de moagem, peneiramento e mistura de gelatina com a utilização de ferramentas de avaliação de riscos.

## 1.2 JUSTIFICATIVA

Em qualquer processo produtivo, vários riscos ou perigos podem estar presentes, e por isso é fundamental que os gestores promovam o gerenciamento desses riscos

de forma adequada. No processamento da gelatina, mas especificamente nas etapas de moagem, peneiramento e envase deste produto, é comum que ocorra a poeira combustível e consequentemente, gere uma atmosfera explosiva com potencial para explosão, devido principalmente a fontes de ignição como diferentes equipamentos necessários nestas etapas. Diante esse cenário, justifica-se a escolha dessa temática para discussão como uma forma de mostrar por meio de um estudo de caso, a importância da prevenção de riscos com a utilização de ferramentas de análise de riscos, sendo as técnicas definidas para este estudo o APR e o HAZOP.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 REAPROVEITAMENTO DE SUBPRODUTOS PROVENIENTES DE ABATEDOUROS

O setor de carnes no Brasil tem se mostrado em crescimento progressivo, e consequentemente, aumentando o despejo de resíduos oriundos das indústrias de processamento de carne. O país apresenta, portanto, um dos maiores rebanhos bovinos o que o coloca entre os países líderes em relação às exportações mundiais de carne. O seu reconhecimento como um dos maiores produtores e exportadores, também se dá em relação à carne suína e de aves (FEISTEL, 2011).

O segmento agroindustrial que envolve o processamento de carnes é subdividido em produtivo e de abate, neste segundo estão os abatedouros e os matadouros-frigoríficos, os quais podem ser separados em aqueles que abatem os animais e separam sua carne e vísceras para industrialização, além de gerar seus derivados e subprodutos; e aqueles que não abatem, mas compram carnes em carcaças ou cortes e vísceras para seu processamento e geração de derivados e subprodutos. (FEISTEL, 2011).

Nas últimas décadas tem se notado uma pressão maior quanto ao destino de diferentes resíduos, associada principalmente com questões relacionadas ao meio ambiente, fazendo com que as organizações de diversos ramos, busquem por alternativas sustentáveis para o reaproveitamento desses resíduos, além da pressão de caráter legal, que regem diferentes setores. O reaproveitamento dos subprodutos animais tem sido uma alternativa de destino sustentável (ALMEIDA; VANALLE, SANTANA, 2012).

Essa necessidade também tem sido percebida no contexto dos abatedouros frente à elevada produção principalmente de carnes bovinas, suínas e de aves e a geração de subprodutos, o que consequentemente, gera grande impacto negativo para o

meio ambiente. Em geral, estes subprodutos são recolhidos ou enviados por outras indústrias e passam por vários processos para a geração de outros produtos tais como plasma, farinha, ração, couro, graxa e para a produção de hidrolisados proteicos, extração de colágeno e gelatina, o que acaba contribuindo com o aumento do faturamento das indústrias, além da redução dos problemas ambientais (SILVA et al, 2011; ROJAS; GOZZO, 2017).

Entende-se como subprodutos, provenientes dos abatedouros, peles, ossos, gordura, sangue e vísceras em decorrência dos do abate de animais para obtenção de alimento. De modo geral, esses subprodutos representam a massa de porcos em 52%, e em bovinos, chega a 66% do volume total. As peles são consideradas as mais significativas em relação a sua composição a qual contém principalmente colágeno, considerado uma importante matéria-prima principalmente para a produção do colágeno hidrolisado e gelatina (MARCHESE, 2017).

## 2.2 COLÁGENO

A palavra colágeno se origina do termo Kolla (cola) proveniente do vocabulário grego, juntamente com a palavra Geno (produção) podendo assim, ser entendida como a produção de cola animal, a partir de diferentes matérias-primas. Além disso, essa substância representa 1/3 do total de proteínas dos vertebrados e acredita-se que essa proteína corpórea pode variar entre 20% a 30% em mamíferos (BORDIGNON, 2010).

Como exposto por Silva e Penna (2012) a busca pela qualidade de vida tem gerado maior procura dos indivíduos pelo consumo de produtos mais saudáveis que promovam a saúde e bem-estar. Somado a isso, ainda há a preocupação com os aspectos estéticos, assim como a prevenção de doenças degenerativas através do consumo de alimentos mais saudáveis fato este que também tem contribuído com o desenvolvimento de inúmeras pesquisas que buscam caracterizar alimentos ou ingredientes que possam apresentar propriedades terapêuticas e nutricionais.

Estes produtos têm sido chamados de alimentos funcionais, os quais podem apresentar um ou mais ingredientes com propriedades terapêuticas, incluindo entre outros, as fibras alimentares, oligossacarídeos, carotenoides, proteínas, peptídeos prebióticos, probióticos e o colágeno. O colágeno é, portanto considerado um ingrediente que apresenta características funcionais, por ser uma proteína de origem animal e sua função no organismo inclui sua contribuição com a integridade estrutural dos tecidos em que está presente (SILVA; PENNA, 2012).

Nas palavras de Silva e Penna (2012, p.532):

O colágeno é uma proteína fibrosa encontrada em todo o reino animal, contém cadeias peptídicas dos aminoácidos glicina, prolina, lisina, hidroxilisina, hidroxiprolina e alanina. Essas cadeias são organizadas de forma paralela a um eixo, formando as fibras de colágeno que proporcionam resistência e elasticidade à estrutura presente. As proteínas colagenosas formam agregados supramoleculares (fibrilas, filamentos ou redes), sozinhas ou em conjunto com outras matrizes extracurriculares. Sua principal função é contribuir com a integridade estrutural da matriz extracelular ou ajudar a fixar as células na matriz.

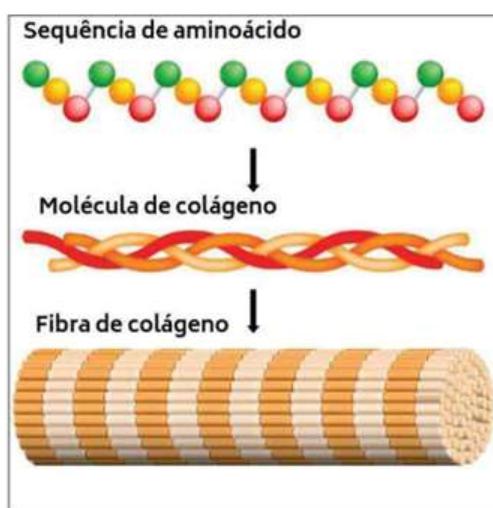
Segundo Ferreira (2013) o colágeno surge sob diferentes formas, principalmente no tecido conjuntivo, dentre elas, um terço dos aminoácidos corresponde à glicina (Gly), aproximadamente 10% são prolinas (Pro), cerca de 10% são prolina (Pro), hidroxiprolina (Hyp) e hidroxilisina. Uma molécula de colágeno típica se caracteriza como longa, apresenta estrutura rígida e podem ser agrupadas em três cadeias polipeptídicas chamadas de cadeia  $\alpha$  e ficam torcidas, uma em volta da outra, se assemelhando a uma corda de tripla hélice. Cabe ressaltar que apesar do colágeno poder ser encontrado em todo o corpo, os tipos e sua organização são determinados pelo papel estrutural no qual ele representa em cada órgão específico. Cada cadeia polipeptídica apresenta em media 1038 resíduos de aminoácidos.

De modo geral, o termo “colágeno” é empregado para descrever um grupo de aproximadamente 27 isoformas de proteínas encontradas em tecidos conjuntivos em diferentes partes do corpo, incluindo, ossos, tendões, cartilagem, veias, peles, dentes e músculos. O colágeno classificado como tipo I também chamado de

colágeno nativo ou tropocolágeno, é encontrado em maior proporção na pele, nos tendões, ligamentos e ossos. Trata-se, portanto, de uma proteína macromolecular formada por três cadeias polipeptídicas, sendo duas  $\alpha 1$  e uma  $\alpha 2$ , as quais, em sua porção central, assumem a forma de helicoidal, enquanto a forma globular é atribuída sob a forma helicoidal e nas extremidades amínica e carboxílica (PRESTES et al., 2013).

Miranda (2020) reforça que o colágeno (figura 1) representa a principal proteína estrutural dos tecidos conjuntivos incluindo a pele, tendões, cartilagens e ossos, representando de 25% a 30% de todas as proteínas do corpo. Estima-se que até 75% do peso total do tecido cutâneo essa proteína, faça parte da matriz extracelular assumindo a função de sustentação, juntamente com o ácido hialurônico, e outras fibras presentes na matriz extracelular como a reticulina e a elastina, para os fibroblastos, queratinócitos, melanócitos e células especializadas do sistema imunológico cutâneo.

Figura 1- Estrutura do colágeno



Fonte: Miranda (2020).

Como mostra a figura 1, o colágeno apresenta como unidade básica chamada de tropocolágeno, que por sua vez, é formado por 3 cadeias de peptídeos assumindo uma forma de molécula linear de 180 nm de cumprimento com largura aproximada

de 1,4 a 1,5 nm. Além disso, as 3 cadeias polipeptídicas se entrelaçam formando uma molécula com formato helicodal.

O colágeno pode também ser extraído do couro de animais bovino e suíno. Na indústria quando realizado o processo de hidrólise parcial dá-se origem a gelatina. Cabe salientar que esse produto é composto por diferentes propriedades físicas e químicas o que também vai depender dos processos de fabricação os quais são submetidos. Além do couro bovino, o colágeno também pode ser retirado dos ossos de animais, e no Brasil, por apresentar grande produção da carne bovina principalmente para exportação, o uso do colágeno bovino é bastante elevado (SOUZA; SOUZA; DOMINATO, 2019).

Quanto ao procedimento de extração do colágeno do couro animal, o primeiro passo é cortar o couro em pequenos pedaços que deverá ser pré-tratado por processos químicos para que haja a remoção de gordura e cálcio e assim, gerar uma desorganização estrutural do colágeno, antes de sua conversão em uma forma mais adequada para a extração. O segundo passo consiste em várias extrações e estágios de lavagem com água quente em temperaturas superiores a 45°C. Na terceira etapa ocorre a desidratação da solução de gelatina em estufa seguida de filtração para a retirada de uma solução viscosa. Em seguida são formadas frações em formatos longos e cilíndricos (fibras), ou o colágeno em pós (triturado e estocado) (SOUZA; SOUZA; DOMINATO, 2019).

Segundo Souza, Souza e Dominato (2019, p. 3):

Os restos das aparas de couro bovino, geradas após a fase de curtimento do couro, fornecem o colágeno para a gelatina após tratamento químico com formação de complexo de cromo III, com as cadeias laterais dos aminoácidos: ácido glutâmico e aspártico do colágeno.

É preciso observar que na extração do colágeno alguns procedimentos químicos estão presentes, dentre eles o cromo que por sua vez, pode ser prejudicial ao meio ambiente e por isso é fundamental que haja o controle tanto em seu transporte quanto em relação a sua transformação. Frente ao uso do colágeno em diferentes setores industriais como a indústria alimentícia, cosméticos e farmacêuticos, o

emprego do cromo nas gelatinas ou produtos que contenham gelatina pronto para consumo, por exemplo, é limitada em 0,1 mg/kg, embasada pela Consulta Pública n. 55, de 18 de novembro de 2011 (SOUZA; SOUZA; DOMINATO, 2019).

Para que o colágeno apresente maior absorção pelo intestino, durante o processo industrial desse ingrediente, ao passar pelo processo de hidrólise das fibras, é gerado a quebra das moléculas em pedaços menores, resultando assim, no colágeno hidrolisado (MIRANDA, 2020).

O colágeno tipo I representa uma importante fonte para o desenvolvimento do colágeno parcialmente hidrolisado, ou seja, a gelatina, e para o colágeno hidrolisado. A produção industrial da gelatina é extraída do colágeno por meio da hidrólise ácida ou alcalina, enquanto a produção do colágeno hidrolisado ocorre por meio do processo de hidrólise química e enzimática em condições controladas (PRESTES et al., 2013).

### **2.2.1 Colágeno Hidrolisado**

O colágeno hidrolisado (CH) trata-se de um produto com melhor absorção pelo organismo, considerado seguro e biodisponível. Na sua composição é possível observar uma mistura de peptídeos de colágeno com massa molecular (MM) reduzida (~3-6 kDa) oriundos da degradação enzimática do colágeno nativo da pele de animais como das espécies bovina, suína ou de peixes. Quanto ao processo industrial de produção para a extração desse colágeno, este se configura como complexo e envolvem diferentes etapas, inclusive a etapa da hidrólise enzimática. A etapa inicial, portanto, refere-se na transformação do colágeno natural, insolúvel e não recomendado para digestão, para transformação final em um produto que pode ser digerido com segurança e melhor absorvido pelo organismo (ZAGUE, 2015).

De acordo com Miranda (2020) os suplementos de colágeno hidrolisados apresentam proporções elevadas de aminoácidos, hidroxiprolina, prolina e glicina,

sendo que, o elemento hidroxiprolina é o único aminoácido, responsável por diferenciar o colágeno de outras proteínas.

Estudos têm demonstrado que os di-peptídeos prolilhidroxiprolina (Pro-Hyp) e hidroxiproglicina, são absorvidos na forma original e não como aminoácidos após a ingestão, e depositados na pele. Esses componentes, por sua vez, contribuem com o aumento da bioatividade dos fibroblastos dérmicos associado ainda ao aumento da síntese de colágeno e assim, gerando a melhora da hidratação, elasticidade e redução das rugas (MIRANDA, 2020).

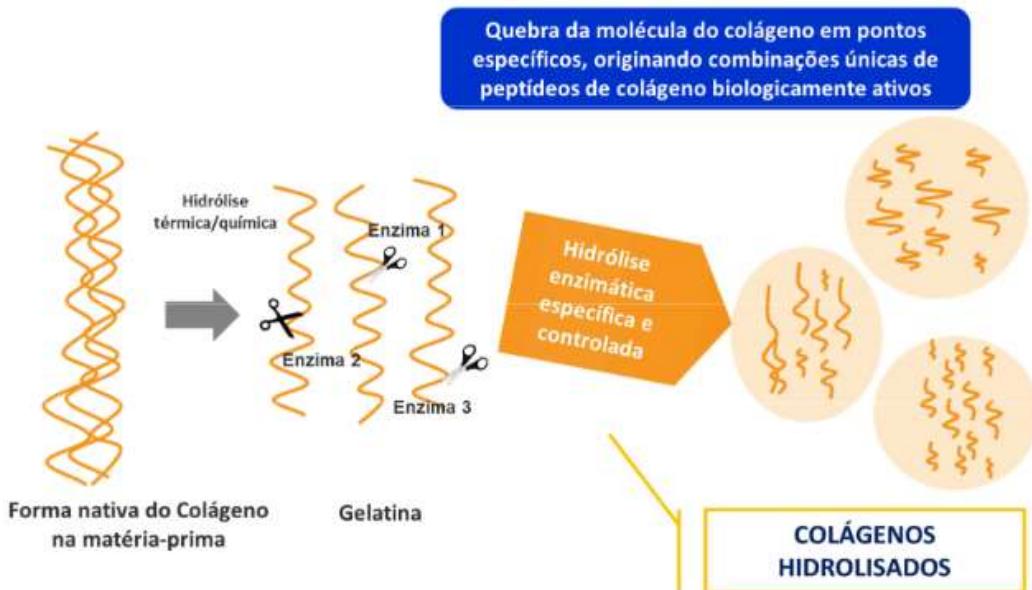
É importante reforçar que o CH é aprovado pela Agência de Vigilância Sanitária (ANVISA) como um alimento/ novo ingrediente, embora seu uso com essa finalidade já seja relatada desde a era medieval. Segundo relatos históricos, a primeira descrição sobre os benefícios da ingestão de derivados hidrolisados de colágeno por humanos data-se de 1.175, a partir de relatos sobre o consumo de caldo de cartilagem bovina (caldo de mocotó) e sua contribuição na melhora das condições das articulações e dessa maneira, contribuindo com a melhora da dor (ZAGUE, 2015).

Segundo Miranda (2020) o CH também pode ser classificado como um suplemento nutricosmético o qual se refere a um suplemento alimentar ou alimento composto por substâncias que apresentam propriedades capazes de agir na pele e alterar características como rugas, celulite, acne, entre outros. Pode ser encontrado em cápsulas, líquidos, pós ou alimentos. Seus efeitos, portanto, podem ser percebidos na pele, nas unhas, nos cabelos, promovendo a saúde e o bem-estar, e devido a sua ação benéfica no organismo, seus efeitos são perceptíveis no externo, também contribuindo, dessa forma, com a estética corporal.

Na contemporaneidade, com o avanço dos estudos sobre o CH, seu consumo aumentou de forma expressiva, principalmente em países da Europa, Estados Unidos da América, Ásia e América do Sul, assim como o interesse de pesquisadores quanto aos seus benefícios e efeitos no organismo. Na figura 1 é

possível observar, de forma resumida, o processo de formação do CH (ZAGUE, 2015).

Figura 2- Processo resumido da obtenção do colágeno hidrolisado.



Fonte: Zague, (2015, p. 42).

Na figura 2, é demonstrado o processo de degradação enzimática da molécula do colágeno nativo para a extração do colágeno hidrolisado. Cabe lembrar que esse processo se configura de grande complexidade e envolve diversas etapas, incluindo a degradação térmica e química do colágeno nativo, hidrólise enzimática a qual gera as combinações de peptídeos de colágenos que por sua vez, formam o colágeno hidrolisado (ZAGUE, 2015).

### 2.3 GELATINA

Historicamente, o uso da gelatina foi relatado pela primeira vez, em 1682, na França, a partir da descrição feita por Denis Papin, que incluía um processo de cozimento de ossos de alguns animais para a extração de uma massa gelatinosa. Algumas décadas depois, surgiu o termo gelatina, tendo como origem a palavra latina

“gelatus” que se traduz por firme, rígido ou gelado. Em 1754, na Inglaterra surgiu a primeira patente de fabricação desse produto (ROJAS, 2014).

No Brasil, segundo dados de 2007, o país apresentava grande representatividade no contexto mundial em relação a exportação desse produto que representava 80% da produção nacional, contabilizando 25 mil toneladas todo ano. Quanto às fontes de matéria-prima que permitiu tal produção, 49% corresponderam a peles suínas, seguido de 29,4% de origem bovina, e 23,1% de ossos. Dentre as empresas mais representativas do mercado mundial estão empresas como Rousselot, Capsugel Inc., Catalent Pharma Solutions, Gelita AG, PB Gelatin e Sterling (MARCHESE, 2017).

Em 2015 o mercado global de gelatina chegou a 412,7 mil toneladas, considerado como o setor de alimentos e bebidas que apresentou maior demanda (29%), seguido do setor farmacêutico (21%). Quanto ao tipo de matéria-prima mais utilizada destacou-se a pele suína com 40,6%. Também vale frisar que em 2016 representou o maior mercado europeu, responsável por 41,2% da receita global (MARCHESE, 2017).

De acordo com Ferreira (2013) o colágeno e a gelatina apresentam diferentes formas da mesma macromolécula. De modo geral, a gelatina pode ser compreendida como o colágeno desnaturado e ser obtida por meio de processos químicos, enzimáticos ou térmicos. A desnaturação, por sua vez, consiste em um processo onde ocorre a perda da estrutura tridimensional do colágeno, sendo os principais componentes desse processo: alterações no pH, responsável por alterar as interações eletroestáticas entre aminoácidos carregados, alterações na concentração do sal- força iônica por causa da redução da força das ligações de hidrogênio.

Esse produto consiste, portanto, em um ingrediente barato, de uso comum para a retenção de água e agente de gelificação com um valor nutricional mínimo. O objetivo da formação desse ingrediente é garantir o controle da hidrólise do colágeno além de promover a conversão em um material solúvel que apresente propriedades

físicas e químicas adequadas, incluindo a consistência do gel, aderência, cor e transparência Vale observar que a gelatina ao ser induzida por frio, estabilizado por ligações de hidrogênio, formando assim, géis reversíveis, contudo, para que haja a dissociação e agregação do colágeno em gelatina solúvel, é preciso que haja umidade e calor prolongado (PRESTES et al., 2013).

Quanto à qualidade da gelatina, Ferreira (2013, p.8) discorre que:

[...] depende, em grande parte, de suas propriedades reológicas, principalmente força gel e viscosidade. Mas outras características de transparência, particularmente a ausência de cor, sabor e fácil dissolução também são importantes. A força do gel é a principal propriedade da gelatina e esta característica determina seu valor comercial.

Segundo Silva et al., (2011) a gelatina corresponde a uma proteína originada da hidrólise parcial do colágeno animal, presente em ossos e peles, principalmente de animais da espécie suína e bovina. A gelatina pode ser obtida por meio de tratamento ácido passando a chamar tipo A e por meio de tratamento alcalino, chamada de tipo B. O processo de produção abarca três etapas sendo elas: tratamento da matéria prima, extração da gelatina e purificação e secagem.

Nas palavras de Marchese (2017, p. 3):

A gelatina, que é um biopolímero, é uma macromolécula natural de alta massa molar, cujas diferentes propriedades funcionais como ligação com água, formação de película, formação de espuma, habilidades de emulsão, a torna muito versátil para indústria alimentícia, farmacêutica, cosmética e fotográfica. É um material insípido com excelente biocompatibilidade, biodegradabilidade e atóxico, cujo baixo custo e abundância facilitam seu uso em um grande número de aplicações.

A gelatina é descrita por Prestes et al., (2013) como uma proteína solúvel em água extraída a partir da hidrólise controlada (65º C a 68º C) do colágeno (tecido conectivo branco fibroso) o qual, em sua forma natural é insolúvel em água. A gelatina classificada como tipo A apresenta massa molar de 80.000 a 125.000 Da; enquanto a gelatina B apresenta massa molar de 160.000 para 250.000 Da.

Conforme exposto por Rojas (2014) todos os tipos de gelatina apresentam similaridades em sua composição, que inclui a água, uma pequena quantidade de

sais minerais e proteína de tecido conectivo. Por outro lado, é preciso considerar que conforme a matéria-prima utilizada, o processo de pré-tratamento e intensidade da hidrólise, diferentes tipos de gelatina podem ser extraídas para finalidades distintas.

A gelatina, portanto, apresenta uma gama de possibilidades de uso e dentre suas aplicações em indústrias de alimentos, ela pode ser empregada para melhorar a elasticidade, consistência e estabilidade dos produtos alimentares, além de ser uma alternativa para substituir a gordura de produtos lácteos, e assim, reduzir o teor calórico de vários alimentos, sem que deixe sabor evidente. Esse produto também pode ser utilizado em outras áreas como a medicina, indústrias farmacêuticas e fotográficas, entre outros (ROJA, 2014).

Na indústria farmacêutica, a gelatina pode ser empregada para a confecção de cápsulas, além de outras finalidades como colas, adesivos e tintas. Além disso, também pode ser utilizadas para o tratamento de água por adsorção, por meio de combinação com nanomateriais, na restauração de livros danificados, em testes balísticos, fertilizantes, pet food, procedimentos cirúrgicos, e até mesmo em palitos de fósforos (MARCHESE, 2017).

O colágeno apresenta como componentes básicos, os aminoácidos que estão ligados entre si por meio de ligações peptídicas o que proporciona a formação de uma cadeia. A gelatina é estruturada por 18 diferentes aminoácidos, e quando o colágeno é hidrolisado e transformado em proteína solúvel, origina-se a gelatina, que por sua vez, pode apresentar variação quanto ao cumprimento de cadeia, o que vai depender do grau de hidrólise. A gelatina corresponde a uma gelatina de fácil digestão, pois sua composição se dá em grande parte pelos aminoácidos essenciais, exceto do triptofano. Além disso, representa o principal componente estrutural dos tecidos conectivos brancos, estando presente em órgãos e tecidos (FERREIRA et al., 2013).

Para Santos (2012), a formação da gelatina por 18 aminoácidos é independente da origem da matéria - prima utilizada, sendo a glicina o tipo mais prevalente tanto na

gelatina classificada como A, quanto na B. Na tabela 1, é possível verificar a distribuição dos aminoácidos em ambos os casos.

Tabela 1: Composição, em porcentagem, dos aminoácidos das gelatinas tipo A e tipo B.

Aminoácido	Gelatina do tipo A	Gelatina do tipo B
Glicina	33,0	33,5
Prolína	13,2	12,4
Alanina	11,2	11,7
Hidroxiprolína	9,1	9,3
Ácido glutâmico	7,3	7,2
Arginina	4,9	4,8
Ácido aspártico	4,5	4,6
Serina	3,5	3,3
Lisína	2,7	2,8
Valina	2,6	2,2
Leucina	2,4	2,4
Treonina	1,8	1,8
Finilanina	1,4	1,4
Histidina	0,6	0,4
Metionina	0,4	0,4
Tirosina	0,3	0,1

Fonte: Santos (2012).

A capacidade da formação do gel é uma das principais características da gelatina. Quando entra em contato com água fria, absorve de 5 a 10 vezes seu peso em água, e quando colocada em contato com temperaturas acima do ponto de fusão, a gelatina hidratada dissolve, passando ao processo de gelatinização além de formar um gel quando exposta em temperaturas mais baixas passando então, pelo processo de gelificação (SILVA et al., 2011).

A formação do gel, sob o ponto de vista molecular, abrange a renaturação da estrutura, o qual parte do estado desordenado até atingir a formação das estruturas de tripla hélice, ou seja, características do colágeno no estado nativo. Esse processo age como elo na formação da rede tridimensional, mantendo as propriedades físicas do gel de gelatina intactas devido à formação das estruturas tripla hélice. (FERREIRA et al., 2013).

Os principais processos para a obtenção da gelatina no processo fabril são MARCHENSE (2015):

- **Pré - tratamento:** Lavagem ácida (tipo A) ou Básica (tipo B); remoção de material não colagenoso e solubilização do colágeno;
- **Extração:** quando ocorre a remoção térmica do colágeno do tecido;
- **Purificação:** quando é realizada a filtragem de resíduos de gordura e insolúveis; deionização, remoção de sais;
- **Concentração:** evaporação da água;
- **Secagem:** etapa em que ocorre a filtragem, esterilização para segurança alimentar; resfriamento, extrusão e secagem
- **Moagem e Mistura:** processo de moagem e peneiramento (MARCHENSE, 2015).

### 2.3.1 Tratamento da matéria prima

O tratamento da matéria-prima é o primeiro passo para a obtenção da gelatina. Sendo assim, é necessário que se inicie com um pré-tratamento, onde é realizada a hidrólise da proteína, sem alteração da tripla hélice. Dependendo do tipo de material utilizado, também se pode alterar o emprego do produto utilizado sendo o ácido destinado principalmente para peles de suínos e o alcalino para ossos e pele de bovinos (ROJO, 2014).

A gelatina produzida por meio da hidrólise ácida passa a ser classificada como Tipo A, neste processo, o ponto isométrico fica entre 7 e 9, além de ocorrer a reorganização física da estrutura e pequenas alterações hidrolíticas, que por sua vez, geram a faixa de distribuição de massa molar. No processo de hidrólise alcalina, a gelatina é classificada como Tipo B, apresentando ponto isoelétrico entre 4,7 e 5,5, considerado um processo mais rigoroso, já que é capaz de hidrolisar até mesmo os aminoácidos, gerando uma menor faixa de distribuição de massa muscular (PRESTES et al., 2013).

Observa-se, portanto, segundo Prestes et al., (2013) que o método ácido pode ser considerado o que apresenta menor eficiência quando se trata de subprodutos provenientes da carne bovina e de aves, mas pode ser mais adequado quando se trata da carne suína, já que o colágeno presente nesta carne demonstra menor grau de ligações intercruzadas. Quanto à massa molar obtida nesse processo, fica entre 70.000 a 90.000Da, além disso, as gelatinas de pele suína apresentam gás mais transparentes e com cor mais agradável, em comparação com as advindas de couro bovino pelo processo alcalino.

A hidrólise controlada é realizada para a obtenção da gelatina solúvel no preparo industrial desse componente podendo ser realizada tanto pelo método de tratamento alcalino como ácido da matéria-prima, seguido de desnaturação térmica. Diferentes tipos de gelatina podem ser obtidas a partir do pH desses dois processos e das espécies de matéria-prima utilizadas, assim como o destino destas também podem variar conforme a aplicabilidade diante as necessidades do mercado (BORDIGNON, 2010).

No processo de desnaturação do colágeno, ocorre o controle da temperatura e com isso, a quebra dos filamentos em pequenos fragmentos. Além disso, as triplas hélices são separadas ocorrendo à variação das massas moleculares devido a cada tipo de preparação e fonte de matéria prima (BORDIGNON, 2010).

### **2.3.2 Extração da gelatina**

A etapa de extração da gelatina pode ser realizada com a utilização de água em alta temperatura, para que haja um rendimento adequado. Esse processo desencadeará a quebra das ligações covalentes e de hidrogênio gerando a conversão do colágeno em gelatina (BORDIGNON, 2010).

A extração térmica é responsável por retirar o colágeno da pele animal, sendo empregada, normalmente em processo de vários estágios e com o aumento da

temperatura (5 a 10º C) de forma gradual. Sendo assim, as peles passam por diferentes lavagens de forma continua com água quente a cerca de 50 a 60º C no primeiro estágio até o último com água em temperatura de ebulição. O resultado desse processo consiste em uma solução de aproximadamente 6% de gelatina (GELITA, 2017).

### **2.3.3 Purificação e secagem**

Na etapa da purificação/ filtração ocorre à eliminação dos resíduos de matéria-prima, gerando assim uma solução gelatinosa. Em seguida, na última etapa, ocorre a secagem do material que passa a ter um aspecto concentrado de forma enrijecida e quebradiça que seguirá para a moagem (ROJO, 2014).

Segundo Prestes et al., (2013) na etapa da purificação, são empregados filtros de terra diatomácea e filtros de celulose. Nesse processo além de ter como objetivo a separação da gordura da solução aquosa da gelatina e separa os sólidos, também retira os sais minerais para atingir o teor de cinzas final que deve ficar entre 2% a 3%. Cabe observar que nesta etapa pode ser utilizada técnicas de ultra filtração e nanofiltração.

A etapa da filtragem é fundamental para a remoção dos vestígios de gordura e fibras insolúveis que ainda possam estar na pele. Nesse processo, a solução filtrada passa por colunas de troca iônica, para que haja a eliminação de resíduos minerais, como exemplo, os sais, e isso é possível com o processo chamado de deionização. Quanto à etapa da concentração da solução de gelatina, esta acontece em evaporadores com vários estágios com ação de vácuo. Sendo assim, a solução que no início apresenta 5% de gelatina, passa a apresentar 25% no segundo estágio chegando a 38% no terceiro estágio (GELITA, 2017; MARCHESE, 2017).

Realizada a etapa de concentração, a solução obtida é submetida novamente a passagem em filtros para remoção de partículas finas, e em seguida é submetida a

um processador em alta temperatura que chega a 130º C. O resfriamento acontece em baixa temperatura, havendo ainda a necessidade de lavagem da solução que gera a forma gelificada (MARCHESE, 2017).

Para a extrusão da gelatina, esta é disposta contra uma tela de aço inoxidável, de forma uniformizada para que ocorra a secagem. Esse último processo ocorrerá em câmara dividida em zonas de 30 a 70º C no qual é possível perceber a fluidez do ar lavado e filtrado, favorecendo ainda o controle de temperatura e umidade (MARCHESE, 2017).

E para finalizar o processo, ocorrem às etapas de moagem, peneiramento e mistura, que consistem em processos específicos conforme os objetivos finais da gelatina. Depois disso, o produto, normalmente é embalado e encaminhado para a realização de testes para fins de controle de qualidade, para que seja liberado (GELITA, 2017).

## 2.4 RISCOS DE EXPLOSÃO

### 2.4.1 Atmosfera Explosiva

Compreende-se como uma atmosfera explosiva quando em um ambiente há a mistura de gás, vapor ou poeira combustível que ao entrar em contato com o ar (oxigênio) pode gerar uma faísca e provocar uma explosão. Dentre as fontes de ignição para essa ocorrência estão os equipamentos elétricos. Quando existe uma operação normal, o arco elétrico apresenta uma abertura e fechamento de contatos em casos de sobrecargas ou correntes de fuga e a sua temperatura pode se elevar (AGUIAR, 2017).

De acordo com Carvalho (2018) tem sido cada vez maior a ocorrência de um cenário de atmosfera explosiva nas empresas, principalmente do setor industrial, embora, muitas delas adotem as técnicas de segurança para evitar riscos desse tipo. Isso se

dá, muitas vezes, pela falta de uso e desenvolvimento de estudos que possibilitem a identificação precoce desses riscos.

Para Ramos (2018) atmosferas explosivas podem estar presentes, principalmente em indústrias de alimentos, como exemplos: fabricação de açúcar em bruto ou refinado, nas indústrias fabricantes de tintas e vernizes, nas indústrias petroquímicas entre outras. Dentre os gases e vapores inflamáveis, destacam-se a amônia, gasolina e hidrogênio, enquanto materiais, tais como, sisal, enxofre, farinha de trigo e aspirina podem estar atrelados às poeiras combustíveis.

A explosão pode ser definida como uma expansão dos gases de forma repentina, decorrente de uma pressão que se move de forma rápida assumindo a forma de uma onda de choque. A origem desse evento pode ser de caráter mecânico, quando há o rompimento de forma espontânea de um recipiente pressurizado, ou ainda a partir de uma reação química exotérmica. A reação gera o aumento do seu volume, associado com a oxidação da atmosfera inflamável, levando a liberação de grande quantidade de energia e assim, atingindo altas temperaturas. A produção elevada de gases passa então, a ser responsável pela onda de pressão em volta do local do ocorrido. A onda de choque seja ela decorrente da deflagração ou detonação é associada a muitos danos físicos provocados pela explosão (CHU, 2014).

Cabe salientar que a magnitude de uma explosão vai depender de múltiplos fatores, incluindo a temperatura, a pressão do ambiente, a composição da substância e as propriedades físicas, além do tipo e duração da energia que foi ativada, o espaço, se este é confinado ou aberto, entre outros (CHU, 2014).

Amaral (2015) cita que para o risco de probabilidade de formação de atmosfera explosiva por nuvem ou camada de poeiras e fibras combustíveis existe uma norma específica, sendo ela a NBR IEC 60079-10-2, de 2013. Já a norma IEC 60079-10-1 – Atmosferas explosivas – Parte 10-1, trata sobre as atmosferas explosivas de gás, a qual apresenta dentre outros aspectos, vários critérios de avaliação de uma área em relação à atmosfera explosiva visando à redução dos riscos de explosão, além

de demonstrar exemplos de referências de classificação de áreas, de diferentes fontes de risco.

#### 2.4.1.1 Poeiras Combustíveis

Explosões de poeiras como também pode ser chamada as poeiras combustíveis, trata-se de um processo relativamente simples, visto que se refere a qualquer material sólido que pode queimar no ar e com isso aumentar de forma abrupta e veloz, em decorrência da elevação do grau de subdivisão de material. Um dos primeiros estudiosos a tratar sobre explosões de poeiras foi o engenheiro Beyrsdorfer em 1925, partindo de três questões: “As explosões de pó realmente existem?”, “Porque estamos a ter tantas explosões de pó”; e “Porque não temos muitas mais explosões de pó” (CHU, 2014).

Ramos (2018) descrevem as poeiras combustíveis como partículas sólidas muito finas e divididas, apresentando 500 µm ou tamanho nominal menor, que podem ficar suspensas no ar, soltas na atmosfera sob seu próprio peso, podendo ainda queimar ou incandescer no ar ou formar misturas explosivas com a pressão atmosférica e temperatura normal. Essa poeira pode ainda estar depositada em equipamentos que podem entrar em combustão por causa do calor desses equipamentos (ABNT NBR IEC 60079/2013). Na tabela 2 é possível verificar alguns tipos de poeira combustível.

Tabela 2 - Características de algumas poeiras combustíveis.

Produto que geram poeiras combustíveis	Temperatura ignição	
	Camada	Nuvem
Carvão mineral	170	610
Milho	250	400
Alumínio em pó extrafino	326	610
Açúcar em pó	400 <sup>(*)</sup>	370
Farinha de trigo	440	440
Arroz	450	510

Fonte: Silva (2014) p. 25 (\*) Ignição através da chama. Demais por queima sem chama.

Os riscos de explosões de poeiras podem ocorrer em diferentes ramos de atividades, incluindo principalmente a indústria química, alimentar, têxteis,

pesticidas, papel, entre outras. Isso se dá principalmente porque, de modo geral, a manipulação de produtos no processo de fabricação das indústrias podem gerar nuvens de poeira combustíveis que podem desencadear uma explosão (CHU, 2014).

Cortella, Pilz e Bet (2015) complementam que as atividades industriais, de modo geral, durante o processo de transformação, podem produzir resíduos sólidos, líquidos ou gasosos as quais apresentam diferentes características que por sua vez, podem ser inflamáveis e explosivas. Esse risco além de afetar as estruturas físicas da fábrica, também pode atingir os trabalhadores, a comunidade vizinha e o meio ambiente, quando desencadeia algum tipo de explosão, acarretando prejuízos patrimoniais e danos irreparáveis para as pessoas e a natureza. Além dos ramos industriais supracitados, os autores acrescentam as indústrias de armazenagem, secagem e beneficiamento de produtos agrícolas, fabricantes de ração animal e metalúrgicas.

Diante essa possibilidade é importante considerar que embora, na presença de uma massa de material inflamável sólida aquecida conforme a área limitada da superfície do material exposto ao oxigênio do ar, a energia gerada é liberada de forma gradual e até mesmo inofensiva, visto que é dissipada de forma rápida, por outro lado, quando essa mesma massa está em forma de pó moído e fino (< 0,5 mm) além de estar misturado com o ar em forma de pó, os resultados podem ser negativos. Esse cenário se dá porque a área da superfície exposta ao ar é relativamente maior e com ativação, o material se oxida como maior rapidez, e assim, a massa que antes era tida como inofensiva, agora é liberada de forma abrupta e com grande quantidade de calor. Como explica Chu (2014, p. 14):

[...] Apesar de uma mistura de pó inflamável com o ar, poder oxidar com uma violência explosiva, só algumas das misturas o irão fazer. Isto porque existem uma gama de concentrações de pó e de ar dentro da qual a mistura pode explodir, no entanto as misturas que estejam acima ou abaixo deste intervalo (nível inferior 30-60 gr/m<sup>3</sup> e o nível superior 2- 6 Kg/m<sup>3</sup> ) não terão a capacidade para explodir. A menor concentração de pó suscetível de explodir é referido como o limite inferior de explosividade e a concentração acima do qual uma explosão não terá lugar é referido como o limite superior de explosividade [...].

De acordo com Costella, Pilz e Bet (2016) as explosões de poeira combustível são relativamente ocorrem de forma esporádica, contudo, quando acontece, na maioria dos casos, apresenta grande impacto negativo e devastador para a indústria, para os trabalhadores, e para o entorno em geral.

Rangel Junior (2017) descreve uma análise realizada nos Estados Unidos da América (EUA) entre os anos de 1980 e 2005 ocorreram pelo menos, 281 eventos dessa natureza os quais foram causadores de 119 mortes e 718 feridos, sete incidentes da poeira combustível, resultaram em explosões catastróficas associadas com grande impacto econômico em comunidades locais além de afetar várias indústrias com diferentes poeiras combustíveis. Em 2008, ocorreu a explosão da Imperial Sugar, uma refinaria de açúcar nas proximidades de Savannah, Geórgia, EUA, provocando 13 óbitos e 30 pessoas feridas. No Brasil, já foram registradas muitas ocorrências, dentre elas, destacam-se:

Quadro 1- Ocorrência de acidentes com poeiras combustíveis no Brasil.

<b>Data</b>	<b>Ocorrência</b>
Janeiro de 1992	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Explosão da célula C-2, do sítio vertical do Porto de Paranaguá Curitiba – PR;</li> <li>- óbito de cinco trabalhadores e cinco feridos.</li> </ul>
Junho de 1993	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Explosão de um túnel de expedição de grãos da Cooperativa Agrícola Vale do piqueri (Coopevale), em Assis Chateubriand – Paraná - PR;</li> <li>- Óbito de quatro trabalhadores e seis feridos;</li> <li>- O impacto da explosão foi tão grande que deslocou o túnel seis metros acima do subsolo, lançando-o a mais de um metro no ar, formando uma cratera de mais de 40 metros.</li> </ul>
Novembro de 2001	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Explosão no depósito da empresa multinacional Coimbra, responsável pelo armazenamento de grãos do Corredor de exportação do porto de Paranaguá- PR;</li> <li>- Foram contabilizadas 18 pessoas feridas;</li> <li>- A força da explosão foi capaz de arremessar telhas de zinco até mil metros de distância, além de estruturas de cimento com mais de 300 quilos, que foram encontradas bem longe do local.</li> </ul>
Dezembro de 2003	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Incêndio ocorrido na Bunge Alimentos em Rio Grande do Norte – RS, que destruiu três secadores de soja, de 40 toneladas cada;</li> <li>-sem registro de feridos</li> </ul>

Fonte: Rangel Junior (2017).

O autor observa que muitos materiais orgânicos, bem como metais e outros materiais não metálicos inorgânicos pode queimar e explodir principalmente quanto estão na forma de fino pó que fica divididos e dispersos em concentrações adequadas. Sendo assim, as atmosferas explosivas de poeiras, podem ocorrer em diferentes processos, como exemplos, na produção do pós de amido de milho, revestimentos com pó de alumínio, processos com materiais combustíveis sólidos tais como lenha e pellets de plástico. Além disso, as atividades de moagem, polimento e transporte de muitos desses materiais podem gerar a produção de partículas minúsculas que acabam ficando suspensa no ar e depois de algum tempo se alocam em superfícies, fendas, coletores de poeira, entre outros equipamentos. As nuvens de poeira potencialmente explosivas se formam, quando a poeira acumulada em determinadas superfícies é afetada por movimentos (RANGEL JUNIOR, 2017).

#### **2.4.2 Classificação de Área de Risco de Explosão**

Segundo a norma ABNT NBR IEC 60079/2013 a área classificada corresponde a uma área que apresenta uma atmosfera explosiva ou tem potencialidade para tal, e assim, necessita de precauções especiais para a construção, instalação e utilização de equipamentos elétricos. Já as áreas que possam apresentar possibilidades ou a presença de gases e vapores inflamáveis são classificadas como zona 0, zona 1, zona 2. Já as áreas que apresentam possibilidades de poeiras combustíveis classificam-se como zona 20, zona 21 e zona 22 (RAMOS, 2018).

Souza (2021) aponta a norma ABNT NBR IEC60079 (2016) a qual dispõe sobre a definição de uma área classificada, quando a poeira combustível apresentar potencial para formação de uma nuvem de explosão e quando atinge determinada concentração é preciso que se estabeleçam diferentes precauções especiais de forma a garantir a instalação de equipamentos e construções de forma segura. Além disso, a presença de poeiras combustíveis em atmosferas explosivas, precisa de fontes de liberação para se formar, a qual corresponde a um local onde ocorrerá a liberação da poeira ou onde pode ser levantada formando uma atmosfera explosiva.

Segundo a norma supracitada, existem diferentes graus de liberação da poeira combustível, classificados em (AMARAL, 2015; SOUZA 2021).

- **Grau de Liberação Contínuo** - quando ocorre à liberação de modo contínuo que se prolonga por longos períodos ou períodos curtos frequentes. Pode ocorrer, por exemplo, em casos de interior de tanque de mistura, ou interior de um silo de armazenamento que seja carregado e descarregado com frequência; superfície de um líquido inflamável em um tanque de teto fixo, que apresente respiro para a atmosfera de forma permanente;
- **Grau de Liberação Primário**- quando a liberação ocorre durante a operação de modo eventual ou de forma periódica. Como exemplos: circunvizinhança em torno de uma área de envasamento ou esvaziamento de produto; tomada de amostras, válvulas de alívio, respiros, selos de bombas, entre outros;
- **Grau de Liberação Secundário** - não há a liberação de forma frequente, em períodos curtos ou durante a produção. Além disso, a atmosfera explosiva pode estar presente ou ser presumida e sua classificação ocorrerão conforme os parâmetros físicos de umidade, tamanho de partícula e concentração no ambiente. Exemplos: conexões e acessórios de tubulação, pontos de coleta de amostras, válvulas de alívio, respiros, entre outros (AMARAL, 2015; SOUZA 2021).

Assim, tendo como base a formação de atmosfera explosivas de poeira pode-se definir a extensão das áreas em zonas, como zona, 20, 21 e 22, já citadas. Essas zonas se baseiam na probabilidade, frequência da ocorrência e duração da atmosfera explosiva por gases inflamáveis. Dessa maneira, as áreas classificadas irão depender do grau da fonte de risco e da ventilação, a qual se relaciona com a atmosfera explosiva no ar. No Quadro 2 é possível verificar a divisão das zonas para gases e vapores inflamáveis e para poeiras combustíveis (AMARAL, 2015; SOUZA 2021).

Quadro 2- Descrição de gases e vapores inflamáveis e poeiras e fibras combustíveis conforme classificação de zonas.

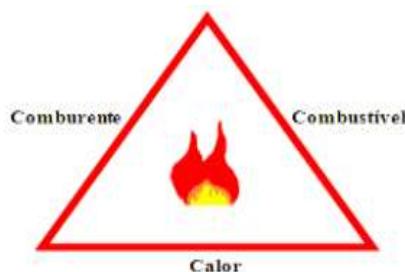
Zonas	Descrição
<b>Gases e vapores inflamáveis</b>	
Zona 0	Área em que a mistura explosiva de gás ou vapor fica presente durante um longo período.
Zona 1	Corresponde à área em que a mistura explosiva pode ficar presente durante a operação normal
Zona 2	Corresponde à área em que a mistura explosiva de vapor ou gás pode não estar presente no momento da operação normal, mas se estiver será por pequeno período de tempo.
Zonas	Descrição
<b>Poeira Combustível</b>	
Zona 20	Corresponde à área em que a poeira combustível, sob a forma de nuvem misturada com o ar, fica presente de forma continua por longos períodos.
Zona 21	Área em que a poeira combustível, na forma de nuvem misturada com o ar, pode estar presente durante a operação normal.
Zona 22	Área em que a poeira combustível na forma de nuvem, pode não ocorrer durante a operação normal e, se ocorrer, ficará por períodos curtos.

Fonte: Amaral (2015, p. 29).

#### 2.4.2.1 Triângulo do Fogo

Para que haja a explosão três fatores são fundamentais, os quais são: o oxigênio presente no ar (comburente); substância inflamável (combustível); e ignição Essencial para iniciar o fogo (calor). Esses elementos são comumente representados pelo triangulo de Fogo como mostra a figura 3 (RAMOS, 2018):

Figura 3- Triângulo de Fogo



Fonte: Ramos et al., (2018, p. 28)

Como exposto por Aguiar (2017) a combustão representa a reação química de um combustível ao reagir com um comburente. De modo geral, se caracteriza como exotérmica, liberando energia na forma de calor, podendo ainda, liberar outros produtos como o dióxido de carbono, água, monóxido de carbono, particulados e nitrogênio. Segundo o autor, existem quatro maneiras principais de extinguir o fogo, que são:

- Retirada do material combustível que ainda não foi atingido pelo fogo, eliminando assim, o aumento da combustão;
- Resfriar o local, assim há a eliminação do calor, evitando ainda a liberação de gases ou vapores inflamáveis;
- Abafar, eliminando o oxigênio (comburente), assim, não haverá reação em cadeia e nem fogo;
- Uso de extintores com compostos halogenados e pó químico, comumente utilizados em caso de fogo, se mostra eficiente para eliminação deste, principalmente por interromper a reação em cadeia do fogo, devido a reação química dos agentes extintores com os produtos derivados da reação de combustão (AGUIAR, 2017).

Na presença simultânea dos três elementos do triângulo do fogo, em uma determinada área, as probabilidades da ocorrência de uma explosão aumentam consideravelmente, contudo, isso só correrá se a atmosfera explosiva estiver acima do limite inferior de explosividade e abaixo do limite superior de explosividade, também são chamados de limites de inflamabilidade. Diante dessa probabilidade, em um local que apresenta atmosfera explosiva, se faz necessário acabar com o calor, com a escolha de equipamentos adequados (RAMOS et al., 2018).

#### 2.4.2.2 Fontes de Ignição

A fonte de ignição é basicamente uma fonte de energia que pode ter origem do calor presente nas superfícies dos equipamentos elétricos ou de centelhamento de origem

elétrica ou não elétrica. Dentre estas fontes estão: correntes elétricas de fuga, descarga atmosférica, eletricidade estática, ondas eletromagnéticas de  $3 \times 10^{11} - 3 \times 10^{15}$  Hz (forno solares); radiação por ionização, ultrassons, reação exotérmica, incluindo autoignição de poeira, superfície quente de motores elétricos, cabines de secagem, chamas e gases quentes, faíscas de origem mecânica, como soldas, cortes, e de origem mecânica como moinhos, elevadores, separadores, entre outros (SILVA, 2014).

Os equipamentos elétricos, devido as suas características, estão mais suscetíveis a formar fontes de ignição, e isso pode ocorrer principalmente em dois sentidos: primeiro por centelhamento normal de operação, associado com a abertura/fechamento dos seus contatos, e em segundo lugar, diante a alta temperatura que determinado equipamento possa atingir (OLIVEIRA, 2020).

Quanto à temperatura de ignição, esta tanto pode ser fixa quando uma mistura inflamável pode tirar energia suficiente do ambiente para entrar em combustão, e pode ser mínima quando o produto queimará sem a presença de uma faísca ou chama presente (RAMOS, 2018).

A Norma Regulamentadora NR-10- Segurança em instalações e Serviços em Eletricidade, do Ministério do Trabalho (MT), publicada em 2004, aborda sobre os riscos de fontes de ignição de origem elétrica em áreas classificadas, e assim, obriga o usuário a cuidar dessas áreas, além da necessidade de identificação dos riscos, com a realização de classificação de áreas e tratamento dos riscos com equipamentos "Ex" devidamente certificados, além de programas de capacitação e qualificação dos funcionários (AMARAL, 2015).

#### **2.4.3 Estudo de Classificação de Áreas**

Conforme a NBR IEC 60079-10-1, citada por Amaral (2015) o estudo de classificação de área tem como principal objetivo garantir que haja uma seleção

adequada de equipamentos elétricos para instalação buscando evitar fontes de ignição elétrica ou ainda, quando não for possível eliminá-las. Além disso, o nível de proteção do equipamento elétrico pode estar associado com a vulnerabilidade de formação de atmosfera explosiva. Além disso, essa norma recomenda que haja a documentação de todo o estudo de áreas classificadas, demonstrando todos os passos de classificação devidamente referenciados como plantas e layouts com os desenhos das extensões das zonas, cálculos de dispersão de gás, ou vapor e estudos de ventilação.

Além de ser um requisito de segurança, a garantia de uma operação segura através da classificação de explosão também é um aspecto legal que envolve custos com equipamentos. Como exposto por Souza (2016, p. 21): “(...) uma classificação de área perigosa com base científica, se presta a oferecer uma via para agregar segurança”.

Para a realização desse estudo é preciso que haja uma equipe multidisciplinar, devido à necessidade de diferentes conhecimentos e experiências de ramos de atuação distintos, favorecendo assim, a realização de uma classificação mais consistente, além e favorecer a redução de possíveis falhas humanas e consequentemente, os riscos de explosão. Ganhando destaque na elaboração desse estudo, profissionais como engenheiro mecânico, de processo, de segurança do trabalho, eletricista, químico, dentre outros (AMARAL, 2015).

#### **2.4.4 Medidas Preventivas de Redução de Risco de Explosão**

Segundo Carvalho (2018) para evitar o risco de explosão em ambientes que apresentam atmosfera explosiva é preciso desenvolver um sistema de segurança para esses ambientes. Entretanto, antes disso, é preciso levantar todos os riscos, área de abrangência e quais categorias que se encaixam os equipamentos, ou seja, fazer um levantamento geral da área onde será implantada um sistema de segurança.

Quando o risco de explosão está associado com intercorrências com os equipamentos elétricos uma das medidas preventivas se refere à suspensão de possíveis fontes de ignição para que não entre em contato com a atmosfera explosiva, sendo necessário, portanto, que haja a utilização de equipamentos elétricos e eletrônicos especiais e infraestruturas à prova de explosão, classificados, por exemplo, de segurança aumentada ou segurança intrínseca (AGUIAR, 2017).

Além disso, em áreas onde o risco seja eminente, os equipamentos elétricos devem ser instalados de forma que possa garantir um nível adequado de proteção da saúde e segurança dos trabalhadores e também do local, contra os riscos associados atmosferas explosivas. Dessa maneira, é importante observar as medidas de proteção de caráter legal, vigente, como exemplo, no Brasil, com destaque às normas de segurança da ABNT das séries NBR IEC 60079, que tratam a respeito das instalações elétricas em áreas classificadas (SILVA, 2014).

Em diferentes processos industriais de produção, pode haver ambientes classificados como atmosfera explosiva. Cabe ressaltar que ao tratar sobre esse tema, comumente se associa a indústrias e produtos de alto grau perigoso, tais como combustível, gás, hidrocarbonetos e explosivos, entretanto, quando se fala em atmosfera explosiva esta abrange vários outros processos de fabricação e transformação, de modo geral, até considerados simples, mas que podem gerar riscos de explosão. Sendo assim, atmosferas explosivas podem ser vistas na indústria agrícola como usinas de açúcar e álcool, na indústria da madeira, na produção e armazenagem de tintas, indústria química, laboratórios farmacêuticos, e até mesmo na fabricação e processamento da gelatina (SILVA, 2014).

Para Rangel Junior (2017) visando à prevenção de explosões decorrentes da poeira potencialmente explosiva, é preciso manter equipamentos elétricos e eletrônicos instalados nas áreas classificadas, sob inspeção periódica, não se limitando a aspectos funcionais, mas também os específicos quanto aos quesitos de segurança; promoção de treinamento efetivo de todo o pessoal que trabalha no local, abrangendo questões sobre os riscos eminentes, os procedimentos de trabalho

seguro e quanto às medidas de controle adotadas conforme as recomendações das normas técnicas específicas. Cabe ressaltar, segundo o autor que essas medidas devem ser implementadas com um apoio de assessoria especializada, atendendo um plano estruturado, buscando ainda, o comprometimento de todos os colaboradores.

## 2.5 GERENCIAMENTO DE RISCOS NA ENGENHARIA DE SEGURANÇA DO TRABALHO

Um ambiente de risco pode ser compreendido como um local que apresenta uma probabilidade maior de gerar perigo, dano ou outras consequências negativas, seja para os processos produtivos, para gestores, seja para os colaboradores, comunidade e meio ambiente em geral. Os riscos podem ser oriundos de diferentes atividades, e como proposto nesse trabalho, um dos riscos seria os incidentes decorrentes de poeira explosivas (DINÍZIO; MARTINS, 2020).

De acordo com Dinízio e Martins (2020) vários ramos de atividade profissionais apresentam diferentes fatores de risco que podem expor os trabalhadores a acidentes. Nesse cenário, surge a engenharia de Segurança do Trabalho que visa garantir a integridade física, mental e saúde desses sujeitos.

Tais riscos podem ser entendidos e avaliados como agentes insalubres ou perigoso, associado com a ausência de um gerenciamento eficaz, e, portanto, podendo gerar lesões, perdas temporárias ou definitivas tanto para a organização, para a sociedade e para os trabalhadores (DINÍZIO; MARTINS, 2020).

Diante ao cenário, é preciso que haja uma Gestão de Riscos (GR) eficaz, capaz de reduzir a possibilidade de ocorrência desses eventos, bem como amenizar os possíveis efeitos negativos. A GR, portanto, pode ser compreendida como um conjunto de ações articuladas voltadas para a identificação, medição, avaliação e alteração no que tange a probabilidade de ocorrência de riscos os quais podem

gerar grande impacto na empresa ou grupo de empresas, bem como para as pessoas envolvidas (DUARTE, 2014).

Duarte (2014) confirma que o GR em relação aos processos de trabalho tem se tornado de grande relevância para as organizações, visto que, pode contribuir com a redução de impactos negativos associados a diferentes riscos no ambiente de trabalho. Sob esta perspectiva, o mapeamento dos riscos pode contribuir efetivamente não só com a identificação destes, mas também com o desenvolvimento de estratégias que busquem amenizar a sua ocorrência.

Salienta-se ainda que dada a importância do gerenciamento de riscos no contexto laboral, essa temática foi incluída na norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) ISO 9001/2015, com o objetivo de garantir uma visão metódica em relação ao risco e assim, contribuir com as organizações no que tange a prevenção e não apenas a resolução de problemas e dificuldades decorrentes dos riscos (DINÍZIO; MARTINS, 2020).

O GR pode ser compreendido como uma abordagem sistemática capaz de nortear a ação diante as incertezas por meio da identificação, avaliação, compreensão, ação e comunicação dos fatores de risco. De um modo geral, inclui as seguintes etapas: a primeira consiste na identificação dos riscos, a segunda na avaliação dos riscos; a terceira a tomada de decisão e implementação de ações para a gestão de riscos e a quarta, trata-se do monitoramento dos riscos (PATRÍCIO, 2013).

A efetivação do gerenciamento de riscos de forma adequada e efetiva é fundamental que haja o emprego de programas e ferramentas de prevenção de riscos no campo da Engenharia de Segurança do Trabalho, as quais apresentam com fundamento contribuir com as organizações em relação à tomada de decisão no que tange a frequência e gravidade dos riscos e consequentemente, buscando evitar ou reduzir os seus impactos sobre pessoas, equipamentos, instalações, meio ambiente, patrimônio ou processo (DINÍZIO; MARTINS, 2020).

De acordo com Patrício (2013) para a realização de uma análise de riscos é preciso que haja o conhecimento e reconhecimento de todo o processo, e adoção de uma postura sempre de forma imparcial, por isso, é importante que haja a organização de uma equipe a qual faça parte, profissionais de diferentes categorias, para que possam acompanhar e entender todo o processo possa ouvir os trabalhadores e a partir desse levantamento haja uma discussão para que vários pontos de vistas possam gerar um consenso, de forma imparcial e eficaz quanto aos riscos que possam estar presentes nos processos avaliados.

Ao realizar uma técnica de análise de riscos, busca-se compreender de forma detalhada os riscos, ou potenciais riscos em determinado objeto, podendo ser processos, máquinas, sistema ou subsistemas, e consequentemente gerar subsídios para a formulação de um planejamento, construção, operação e controle de forma a garantir a redução dos riscos (PATRÍCIO, 2013).

Várias ferramentas e metodologias podem ser empregadas para o gerenciamento de riscos e dentre outras, destacam-se: Análise Preliminar de Riscos (APR), o Harzard and Operability Studies (HAZOP), as quais podem contribuir com a orientação em relação aos riscos e perigos no ambiente de trabalho, buscando prevenir, identificar e analisar estes riscos e dessa maneira reduzi-los ou até mesmo eliminá-los; ou ainda a metodologia denominada Fail Mode & Effect Analysis (FMEA) ou em português que se chama Análise de Modos de Falha e efeitos (AMFE), q eu segundo os autores, também pode contribuir com a identificação e gerenciamento dos perigos nos processos de trabalho (DINÍZIO; MARTINS, 2020).

A ferramenta HAZOP foi utilizada pela primeira vez, na década de 1960 pela indústria britânica Imperial Chemical Industries Ltd. (ICI) tendo com objetivo garantir um método de análise de perigos no processo produtivo considerando condições básicas de operação além de garantir alterações em relação aos parâmetros e por fim, para observar as consequências dessas alterações (DINÍZIO; MARTINS, 2020).

O HAZOP pode ser considerado uma técnica organizada em palavras guias, desvios, causas, consequências e recomendações, além da exigência de conhecimentos e experiência da equipe para aplicá-la. Com essa técnica, as

análises são realizadas em dias seguidos e em um período de trabalho diário apresentando alguns intervalos definidos de forma a não ocorrer atrasos no andamento do projeto além de facilitar os trabalhos na reunião dos profissionais de diferentes áreas e locais. Pode ser considerada uma ferramenta rígida visto que obriga a avaliação de todo o processo (BARCELOS; MOTA, 2021).

O FMEA conhecida como Análise de Modos de Falhas e Efeitos é descrita como uma ferramenta voltada pra prognóstico de problemas, que pode ser empregada para desenvolver e executar projetos, processos ou serviços, além de atuar como o diário do projeto, processo ou serviço. Trata-se de uma técnica de baixo risco, tida como muito eficiente principalmente para a prevenção de problemas e identificação das soluções mais eficazes quando se trata de custos com a finalidade de prevenir os problemas identificados (PATRÍCIO, 2013).

Trata-se de uma ferramenta desenvolvida pela NASA em meados da década de 1960, e em 1972 a Ford foi uma das grandes indústrias automobilísticas da época, a se utilizar dessa técnica, contribuindo com sua propagação para indústrias de diferentes ramos, como exemplos, indústrias química e alimentícia, a partir da norma Q 101, sendo comumente empregada para projetos e processos de fabricação (PATRÍCIO, 2013).

Essa ferramenta pode apresentar como vantagem a possibilidade de mostrar como a falha de um equipamento específico se relaciona com outros equipamentos e sistema, e dessa maneira, garante uma prevenção mais específica. Dentre os principais objetivos dessa técnica, destacam-se (BARCELOS; MOTA, 2021).

- Garantir uma revisão de forma sistemática em relação às falhas, visando garantir menor dano ao sistema aos componentes;
- Mensurar os efeitos relacionados às falhas e demonstrar os efeitos destas em outros componentes;
- Identificar pontos em que falhas poderiam causar efeitos críticos quanto à operação do sistema (falhas de efeitos críticos);

- Estimar a probabilidade de falha de montagem de subsistemas, levando em consideração as probabilidades individuais de falha em seus componentes, entre outros (BARCELOS; MOTA, 2021).

O FMEA, segundo Barcelos e Mota (2021) volta-se para a análise de modos de falhas, considerada, portanto, uma técnica de risco qualitativa e indutiva, já que permite a quantificação dos riscos e definição dos efeitos indesejados a partir dos equipamentos.

### **2.5.1 Análise Preliminar de Riscos (APR)**

Segundo Patrício (2013) as técnicas de análise de riscos se caracterizam como métodos que podem fornecer informações que servirão de alicerce para fundamentar um processo de decisão de redução de riscos e perdas e que podem ser aplicadas em diferentes situações produtivas. Neste estudo, o foco está na técnica chamada Análise Preliminar de Riscos.

O APR consiste em uma técnica que teve origem na área militar, utilizada pra a análise de risco em relação a novos sistemas de mísseis projetados para uso de combustíveis líquidos, e dessa forma, garantir que não haveria o uso desnecessário de materiais, projetos e procedimentos de alto risco. Por meio dessa ferramenta é possível identificar eventos indesejáveis, bem como suas causas e consequências. Cabe salientar que esta análise foca principalmente na identificação dos riscos existentes tanto para as pessoas, para o meio ambiente, o patrimônio, continuidade operacional e também para preservar a imagem da organização, logo, considera em seu escopo, possíveis falhas de sistemas, equipamentos e operações (SELLA, 2014).

Nas palavras de Ruppenthal (2013, p. 61): “a Análise Preliminar de risco do tipo qualitativa é de especial importância na investigação de sistemas inovadores e/ou pouco conhecidos (...”).

Essa ferramenta também pode ser empregada para uma revisão geral de segurança em sistemas operacionais, sendo capaz de apontar aspectos, que possam não ser percebidos em relação às instalações de grandes dimensões, ou ainda, quando se busca evitar a utilização de técnicas mais complexas para a priorização dos riscos. Geralmente é utilizada para análises qualitativas, embora também possa ser empregada para a identificação de cenários de acidentes que serão utilizados em estudo de análises quantitativas com a finalidade de gerar índices de risco (PATRÍCIO, 2013).

Como reforçam Torrecilhas et al., (2020) a ferramenta APR apresenta uma aplicabilidade ampla, e para sua execução, é preciso que haja o auxílio de uma equipe multidisciplinar visando a observação da situação analisada, por diferentes perspectivas e abordagens. A equipe pode ser composta por um engenheiro de saúde e segurança, pelo coordenador de operações do objeto de análise, técnico de saúde e segurança e profissional da área de estudo. Apesar de ser considerada uma ferramenta de grande relevância, pode se mostrar limitada diante as atividades ou processos com alto nível de complexidade, pela probabilidade de ocorrer falhas e assim, impossibilitar uma maior eficiência no gerenciamento de risco. Como exposto pelos autores:

[...] A integridade e confiabilidade da APR é de grande importância para a prevenção de acidentes [...] a identificação de conjuntos completos de cenários de riscos é limitada por diversos fatores como, por exemplo, a usual metodologia aplicada na APR, o erro humano dos gestores que executam a análise de risco e subestimação dos possíveis riscos proporcionando a má qualidade do controle da gestão (TORRECILHAS, et al., 2020, p. 132).

Diante essa complexidade, é preciso que ao aplicar a ferramenta APR, haja a adaptação dessa metodologia, favorecendo a identificação do máximo de cenários de falhas dentro de determinado contexto. Em alguns casos, o gestor pode empregar mais de uma técnica, buscando visualizar de forma mais ampla possíveis erros ou falhas, como mostram Oliveira e Rocha (2015) que aplicaram, por exemplo, a APR, juntamente com a FMEA e o Fault Tree Analysis (FTA), favorecendo um melhor entendimento dos processos, além da identificação dos riscos críticos, seus

efeitos e ações essenciais para reduzir ou extinguir as falhas do processo. (TORRECILHAS et al., 2020).

De acordo com Ruppenthal (2013) o APR pode contribuir com a antecipação de possíveis riscos que possam estar presentes em uma determinada etapa operacional, durante o desenvolvimento de um novo sistema ou na criação deste. Em outras palavras age sobre possíveis eventos perigosos ou indesejáveis que podem gerar perdas durante a execução do projeto, ao permitir uma listagem de possíveis riscos e consequentemente a definição preliminar de ações de prevenção, permitindo assim, um controle maior dos riscos. Sob esta perspectiva, para cada risco apontado é preciso analisar os seguintes aspectos: os eventos associados, as consequências destes, além, das causas básicas e os eventos intermediários e os modos de prevenção das causas básicas e eventos intermediários.

Segundo Ramim (2019) dentre as etapas básicas da APR, destacam-se:

- Revisão de problemas já conhecidos;
- Revisão da experiência passada em sistemas semelhantes;
- Determinação dos riscos principais, iniciais e contribuintes;
- Identificação dos riscos que possam apresentar potencial para gerar acidente;
- Revisão dos meios de eliminação ou controle de riscos;
- Análise dos métodos de restrição de danos;
- Definição do responsável pela promoção das ações corretivas; entre outras.

Sendo assim, com a APR é possível verificar as causas que provocam os riscos, bem como as consequências destes, por meio de uma avaliação qualitativa de frequência de ocorrência do acidente, da severidade e dos riscos associados. Para sua efetivação, uma planilha é preenchida com informações essenciais para a avaliação de riscos em cada módulo da análise, incluindo duas variações indispensáveis para a decomposição dos riscos que são: frequência, severidade representado sob a fórmula Risco = f (frequência severidade) (RAMIN, 2019).

Segundo Rocha (2015) com esta fórmula é possível analisar cada variável de modo independente, ignorando as interferências. Os resultados obtidos são empregados para atribuir um valor ao risco, e assim auxiliar na tomada de decisão pelos gestores. Sendo assim, o APR possibilita de forma antecipada, a identificação dos perigos em potencial, garantindo maior controle dos riscos. Além disso, é uma ferramenta que estabelece prioridades, já que permite a identificação dos níveis de riscos que, quando classificados como não tolerados, serão estabelecidas ações para correção de forma imediata. Sendo assim, a aplicação correta da APR, permite orientar as ações para controle ou eliminação do risco, por meio da priorização destes, bem como analisar causas e consequências relacionadas ao surgimento do risco.

### **3 MATERIAIS E MÉTODOS**

#### **3.1 TIPO DE PESQUISA**

Foi realizado um estudo de caso, que se refere a um método baseado, de forma geral, em dados qualitativos, coletados a partir de eventos reais, cujo objetivo inclui a explicação, exploração ou descrição de fenômenos atuais de um determinado contexto. Trata-se ainda de um estudo detalhado de um único objeto, ou alguns objetos, permitindo assim, uma observação da realidade e aquisição de conhecimentos sobre esta. Ademais, com o estudo de caso, é possível investigar novos conceitos, bem como para averiguar a aplicação na prática, de determinadas teorias (BRANSKI; FRANCO; LIMA JR, 2010).

#### **3.2 OBJETO DO ESTUDO**

O presente estudo de caso teve por objeto a identificação e avaliação de perigos e riscos decorrentes da formação de atmosferas explosivas por pó de gelatina nas etapas do processo de moagem, peneiramento, mistura e envase da gelatina em uma indústria de fabricação.

Devido a restrições impostas em políticas de segurança e privacidade de informação, a empresa não permitiu o registro fotográfico das suas instalações, e nem a utilização de fluxogramas ou ilustrações das etapas do processo. Desta forma, as figuras e ilustrações utilizadas neste trabalho foram extraídas da internet.

#### **3.3 ETAPAS DE DESENVOLVIMENTO DO ESTUDO**

O estudo de identificação e avaliação de riscos de explosões por poeira combustível é um método analítico e qualitativo de avaliação de equipamento ou processo onde uma atmosfera explosiva possa ocorrer pela presença de poeira, com a finalidade de

prover recursos de segurança de processos, estruturais e boas práticas comportamentais para garantir a eliminação ou mitigação de riscos de incidentes e acidentes decorrentes de explosões e incêndios por poeira explosiva.

Após um inventário de equipamentos e processos contendo a presença de poeiras, a análise teve como foco a verificação do comportamento do pó no interior de equipamentos e demais estruturas do processo e probabilidade desta mistura ser liberada pela fonte geradora e por consequência a possibilidade de formação de atmosfera potencialmente explosiva.

Foi empregada na classificação das fontes geradoras de poeira, uma avaliação interna e externa do equipamento, para que fontes de liberação pudessem ser classificadas através do seu grau de liberação, conforme descrita no item 2.4.2 desse trabalho.

Em se tratando do interior de um confinamento de poeira, uma formação de nuvens de pó explosivo pode ser formada, porém para este caso em específico, foi avaliado a não ocorrência de liberação deste pó para o ambiente externo, e também a periodicidade (contínua ou por curtos ou longos períodos) que este, é liberado internamente.

No caso do ambiente externo ao confinamento de poeira, inúmeros fatores de processo e característica de granulometria do pó foram observados na avaliação e também sua capacidade de influenciar na formação de uma atmosfera potencialmente explosiva. Em equipamentos e processos onde a pressão empregada supera a pressão atmosférica, o pó contido no interior do equipamento pode ser expelido para o ambiente por pequenas aberturas contidas em estruturas ou conexões de equipamentos, se acumulando em pontos planos ou apenas se mantendo em suspensão no ambiente. Em relação às características do pó, fatores como tamanho da partícula, umidade e velocidade de transporte interferem diretamente na avaliação.

Após, identificação das fontes geradoras de poeira e classificação do seu grau de liberação, as áreas foram divididas em zonas de riscos, que foram identificadas levando em consideração a frequência e duração da ocorrência de uma possível atmosfera explosiva. A extensão de uma zona de risco foi definida como a distância a partir da extremidade de uma fonte de liberação de poeira, até o ponto onde o pó em suspensão ou depositado, é considerado como inexistente.

Desta forma, foram definidos os seguintes critérios para zonas de risco, conforme características do processo analisado na fábrica de gelatina, alvo desse estudo:

**Zona 20** – Fontes onde foi evidenciado o “Grau de Liberação Contínuo” de poeira: interior de dutos e áreas de contenção de poeiras, interior de moinho, pré-moinho, misturador, silo, secador, válvula rotativa, peneira de gelatina.

**Zona 21** – Fontes onde foi evidenciado o “Grau de Liberação Primário” de poeira: interior de alguns equipamentos de manuseio de poeira nos quais uma atmosfera de poeira explosiva é provável de ocorrer periodicamente (ex.: filtro tipo manda, ciclone, reservatório de finos, envase de big bag etc.). Esta zona também é caracterizada ao lado externo ao equipamento classificado como fonte de Grau de Liberação Primária, e para isso é necessário avaliar a quantidade de poeira que se acumula em estruturas, a taxa de vazão, o tamanho da partícula e teor de umidade da partícula.

**Zona 22** – Fontes onde foi evidenciado o “Grau de Liberação Secundário” de poeira: área externa de equipamento (ex.: saída de respiros de filtro; locais próximos a equipamentos abertos em intervalos não frequentes ou locais próximos a equipamentos que, pela experiência, podem facilmente gerar liberações onde a poeira possa ser soprada - equipamentos pneumáticos, ou conexões flexíveis que podem ser facilmente danificadas).

Desta forma, a indicação de zonas de riscos com base no grau de liberação de poeiras de gelatina seguiu os seguintes critérios conforme definidos na tabela 3:

Tabela 3 – Indicação de zonas de risco

Presença da Poeira	Designação das Zonas para áreas de nuvens de poeira	Distância aproximada ao redor de uma fonte de liberação
Grau de Liberação Contínuo	20	Interior do equipamento
Grau de Liberação Primário	21	1 metro
Grau de Liberação Secundário	22	3 metros

Fonte: ABNT NBR IEC 60079-10-2:2016.

Após a avaliação das etapas de processo e equipamentos com possibilidade de formação de atmosfera explosiva por poeira de gelatina, a identificação e classificação do grau das fontes de liberação de poeira e designação das zonas de riscos oriundas de cada equipamento, todos os dados coletados e avaliados foram disposto na tabela 4, apresentada nos resultados e discussão.

A próxima etapa do trabalho consistiu em avaliar preliminarmente os perigos de explosão nos equipamentos e áreas avaliadas e apresentadas da tabela 4, além de mensurar os riscos de cada equipamento ou área e indicar medidas preventivas, corretivas e mitigatórias para os perigos encontrados.

A Análise Preliminar de Riscos (APR) foi à metodologia e a ferramenta utilizada nesta avaliação, por ser uma ferramenta que permite uma avaliação bastante abrangente e simples de um perigo identificadas, assim como a definição de medidas preventivas, corretivas e mitigatórias dos riscos oriundos das fontes de perigos, além de possuir caráter bastante didático e de fácil compreensão por todas as partes interessadas.

A elaboração da APR foi feita através do reconhecimento, avaliação e classificação de todos os perigos encontrados, que foram apresentados por meio do preenchimento do formulário padrão de análise preliminar de riscos. Abaixo estão descritas etapas de análise em estudo para consolidação da análise preliminar de riscos:

## Identificação do perigo

Nesta etapa de análise os perigos observados nos equipamento e/ou processos da área de estudo são identificados. Os perigos são eventos relacionados ao meio ambiente ou provocados por ação humana e apresentam potencial de causar danos às pessoas, instalações, e/ou meio ambiente. Os perigos podem estar relacionados com os seguintes eventos:

- Explosão por gases ou poeiras combustíveis;
- Ataque de animal peçonhento;
- Atropelamento (pessoa ou animal);
- Colisão entre veículo/máquina;
- Colisão entre veículo/máquina e equipamento/estrutura;
- Contato com superfície cortante ou perfurante;
- Contato com superfície energizada;
- Contato com superfície quente ou criogênica;
- Descarga atmosférica;
- Explosão em equipamento pressurizado;
- Incêndio/explosão em equipamento elétrico;
- Liberação de metal líquido (aço, cobre e outros);
- Liberação de respingo, fagulha ou faísca (serviço de corte, esmerilhamento, solda etc.);
- Liberação de substância perigosa (inflamável, tóxica, corrosiva e outras);
- Prensamento e/ou esmagamento de membros (mão, braço, perna, pé etc.);
- Presença de atmosfera confinada;
- Presença de substância ou objeto indesejados;
- Projeção de peça/fragmento;
- Queda de peça, ferramenta e/ou equipamento;
- Queda de pessoa de mesmo nível;
- Queda de pessoa de nível diferente;
- Reação descontrolada/indevida;

- Etc.

## Causas potenciais do perigo

As causas potenciais são os fatores que poderão contribuir para o desencadeamento do perigo. As causas genéricas relacionadas com o perigo serão discriminadas nesta etapa de análise. As causas podem envolver falhas de equipamentos (vazamentos, rupturas, falhas de instrumentação etc.), condições inseguras na instalação, erros humanos de execução (falha na desenergização, uso de ferramenta indevida etc.), dentre outras.

## Efeito do perigo

Nesta etapa de análise, o perigo identificado será relacionado com os possíveis efeitos danosos a pessoas, instalações e/ou ao meio ambiente. Abaixo estão descritos alguns efeitos comuns produzidos por uma fonte de perigo.

- Referente a pessoas:
  - Intoxicação ou asfixia (gás tóxico ou atmosfera asfixiante);
  - Trauma físico decorrente de incêndio (queimadura);
  - Trauma físico decorrente de queda;
  - Trauma físico decorrente de explosão (fratura, ruptura de tímpano).
- Referente a instalações:
  - Danos materiais a equipamentos, linhas e estruturas decorrente de incêndio e/ou explosão;
  - Danos materiais decorrente de queda de equipamentos/ferramentas;
  - Perda de produto armazenado decorrente de incêndio e/ou explosão.
- Referente ao meio ambiente:
  - Contaminação do solo devido a vazamento de óleo;
  - Contaminação de recursos hídricos devido a vazamento de óleo;
  - Contaminação do ar decorrente de incêndio e/ou explosão.

Uma correta avaliação dos efeitos produzidos por uma fonte de perigo apresenta como finalidade principal, facilitar o julgamento das frequências e severidades associadas aos mesmos.

### **Medidas Preventivas Existentes**

Nesta etapa de análise, foram indicadas as medidas preventivas existentes e necessárias (fatores atenuantes, barreiras ou camadas de proteção) para eliminar ou minimizar os efeitos do perigo, reduzindo a frequência da ocorrência ou severidade para os cenários em análise. Abaixo estão descritos alguns exemplos de medidas preventivas e corretivas aplicáveis:

- Equipamento de proteção coletiva (EPC);
- Equipamento de proteção individual (EPI);
- Inspeção e/ou manutenção preventiva para máquinas e equipamentos;
- Isolamento de área;
- Procedimento de execução para as atividades/tarefas analisadas;
- Sistema de proteção para máquinas e equipamentos;
- Treinamento, qualificação e certificação;
- LOTO;
- Apoios externos (ambulância equipe de resgate, equipe socorristas etc.);
- Substituição de equipamento, acessórios e ferramentas;
- etc.

### **Frequência do perigo**

Nesta etapa de análise, foi avaliado qualitativamente a frequência de surgimento do perigo identificado e a possibilidade de ocorrência de um incidente ou acidente acontecer. Para análise de frequência foi utilizado à tabela 5.

Figura 4 – Categorias de Frequência

FREQUENTE	PROVÁVEL	OCASIONAL	REMOTA	IMPROVÁVEL
<ul style="list-style-type: none"> <li>. Histórico de várias ocorrências na execução anterior da atividade e nenhuma alteração feita na sua sistematica de execução; ou</li>   <b>Referente a erro humano:</b> <li>. Inexistência de treinamento e procedimento e presença de condições de trabalho adversas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Histórico de ocorrência anterior ou situação que já esteve próxima de ocorrer e nenhuma alteração feita no sistema; ou</li>   <li>. Atividade desenvolvida em (ou utilizando) equipamentos reconhecidamente degradados ou com inspeção deficiente; ou</li>   <b>Referente a erro humano:</b> <li>. Inexistência de treinamento ou procedimento e presença de condições de trabalho adequadas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Sem histórico de ocorrência para atividades similares já realizadas; e</li>   <li>. Cenário que depende da falha de uma única barreira de proteção para ocorrer (falha única humana ou de equipamento).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Sem histórico de ocorrência para atividades similares já realizadas; e</li>   <li>. Cenário que depende da falha de duas barreiras de proteção para ocorrer (dupla falha humana e/ou de equipamento).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Sem histórico de ocorrência para atividades similares já realizadas; e</li>   <li>. Cenário que depende da falha de três ou mais barreiras de proteção para ocorrer (múltiplas falhas humana e/ou de equipamento).</li> </ul>

Fonte: Adaptado de Maia (2014).

### Severidade do perigo

Nesta etapa de análise, a severidade do perigo foi indicada, fornecendo uma indicação qualitativa do potencial de dano para o efeito esperado no mesmo. A categoria de severidade foi definida com base na tabela 5, abaixo:

Figura 5 – Categorias de Severidade

	INTEGRIDADE PESSOAL (FUNCIONÁRIOS, CONTRATADOS E PÚBLICO EXTERNO)	MEIO AMBIENTE	IMPACTOS FINANCEIROS (RECEITA, EQUIPAMENTOS E INSTALAÇÕES)
Catastrófica	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Uma ou mais vítimas fatais extramuros (comunidade) relacionadas com as atividades do negócio; ou</li> <li>- Mais 10 vítimas fatais no interior da empresa (colaboradores próprios ou terceiros).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Amplo impacto ambiental ou impacto irreversível ao meio ambiente dentro ou fora da instalação mesmo com ação mitigadora adotadas; ou</li> <li>- Remediação ambiental requerida, com custo superior a US\$ 2.500.000.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dano à propriedade dentro da planta ou perda de receita de produção resultando em custos diretos superiores a US\$ 10.000.000.</li> </ul>
Crítica	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Até 10 vítimas fatais no interior da empresa (colaboradores próprios ou terceiros); ou vítimas com lesões incapacitantes ou permanentes; ou</li> <li>- Lesões que requeiram hospitalização, contaminações ou doenças que afetem pessoas da comunidade; ou</li> <li>- Evasão de comunidade externa.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sério impacto ambiental dentro e/ou fora da planta, requerendo limpeza / remediação; impacto moderado reversível com ação mitigadora à cadeia alimentar/vida terrestre/vida aquática; ou</li> <li>- Remediação ambiental requerida, com custo entre US\$ 1.000.000 e US\$ 2.500.000.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dano à propriedade dentro da planta ou perda de receita de produção resultando em US\$ 1.000.000 até US\$ 10.000.000 de custos diretos.</li> </ul>
Média	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Acidentes em colaboradores próprios ou terceiros com lesão com afastamento, ou sem afastamento porém com restrição; ou</li> <li>- Ocorrência, dentro da planta, com potencial para sensibilização dérmica moderada ou de intoxicação reversível por inalação ou ingestão; ou</li> <li>- Evasão de funcionário para local próximo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Impacto ambiental adverso ou moderado dentro da planta, requerendo limpeza/remediação imediata com resposta limitada de curta duração; ou</li> <li>- Remediação ambiental requerida, com custo entre US\$ 100.000 e US\$ 1.000.000.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dano à propriedade dentro da planta ou perda de receita de produção resultando em US\$ 100.000 até US\$ 1.000.000 de custos diretos.</li> </ul>
Baixa	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Acidentes em colaboradores próprios ou terceiros com lesão sem afastamento; ou</li> <li>- Desconforto em decorrência do evento no processo da área local.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mínimo a nenhum impacto ambiental dentro da planta; ou</li> <li>- Remediação ambiental requerida, com custo até US\$ 100.000.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dano à propriedade dentro da planta ou perda de receita de produção resultando em até US\$ 100.000 de custos diretos.</li> </ul>

Fonte: Adaptado de Maia (2014).

## Nível de risco oriundo do perigo

Nesta etapa de análise, foi realizada a combinação da frequência de ocorrência da fonte de perigo e potencial severidade que possa ser originada deste. Ao fazer o cruzamento de tais variáveis, obtém-se uma categoria de risco, utilizando para isto a matriz de riscos demonstrada na figura 7, abaixo:

Figura 6 – Matriz de Riscos para atividade/serviço

\*

Matriz de Aceitabilidade de Risco		FREQUÊNCIA				
		Improvável (IM)	Remota (RE)	Ocasional (OC)	Provável (PR)	Frequente (FR)
SEVERIDADE	Catastrófica (CA)	MODERADO	MODERADO	NÃO ACEITÁVEL	NÃO ACEITÁVEL	NÃO ACEITÁVEL
	Crítica (CR)	MODERADO	MODERADO	MODERADO	NÃO ACEITÁVEL	NÃO ACEITÁVEL
	Média (ME)	ACEITÁVEL	ACEITÁVEL	ACEITÁVEL	MODERADO	NÃO ACEITÁVEL
	Beixa (BA)	ACEITÁVEL	ACEITÁVEL	ACEITÁVEL	ACEITÁVEL	MODERADO

(A) Aceitável (M) Moderado (NA) Não Aceitável

Fonte: Adaptado de Maia (2014).

## Recomendações (R) e Observações (O):

Nesta etapa de análise, foram indicadas as recomendações (medidas preventivas e corretivas adicionais) a serem propostas na APR para mitigação do risco para o perigo identificado, assim como observações necessárias para favorecer o entendimento de aspectos diversos relacionados ao mesmo.

Os resultados obtidos na avaliação de perigos e riscos de explosão por poeira de gelatina e o plano focado no gerenciamento dos riscos encontrados e classificados

na matriz de riscos, foram organizados e descritos de forma interpretativa e quantitativa em uma planilha conforme figura 5 representada abaixo.

Figura 7 – Modelo Análise Preliminar de Riscos (APR)

APR – Análise Preliminar de Riscos								
Equipamento /área analisada:			Nº APR	Data análise:			Responsável análise:	
Descrição da análise realizada:							Data revisão análise:	
Equipamento analisado	Perigo	Causa	Efeito	Medidas preventivas existentes	Categoria Risco			Recomendações (R) e Observações (O)
					Freq.	Severida de	Risco	

Fonte: Arquivo pessoal.

#### **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Os resultados apresentados na APR são oriundos do reconhecimento e avaliação das fontes de geração de poeiras de gelatina com possibilidade de formação de atmosfera explosivas. Nesta avaliação foram empregados métodos analíticos qualitativos de processo e das condições estruturais, mecânicas e elétricas dos locais de estudo.

Vale ressaltar, que as atividades de cunho operacional e intervenções mecânicas e elétricas nas áreas e locais de estudos também foram avaliadas durante as etapas da análise, devido à importância da compreensão da interação humana com o processo, visando identificar causas potenciais de perigo acarretados e potencializados por fatores de origem comportamental.

Ainda, os efeitos potenciais físicos correlacionados às propriedades físico-químicas da poeira de gelatina, das condições ambientais em que as operações ocorrem e da dimensão do vazamento do produto, interna e externa em equipamentos, estão relacionados retratados na análise do local.

A empresa possui de forma sistemática, um procedimento operacional de limpeza e controle de poeira de gelatina que contribui de forma consistente com o controle de acúmulo de poeira nas áreas e equipamentos, e isso é um aspecto fundamental para o controle do risco de explosão.

Durante o processo de inspeção e avaliação de perigos e riscos de formação de atmosfera explosiva por pó de gelatina, foram observados riscos de explosão nas etapas de processo que compreende a secagem, moagem, peneiramento e envase da gelatina, entretanto, inúmeras oportunidade de melhoria de gestão dos perigos também foram evidenciadas.

A planilha de APR (tabela 4) apresentada reúne todas as etapas de reconhecimento, avaliação, classificação de perigos e riscos e medidas preventivas e mitigatórias para o controle eficaz dos riscos.

Tabela 4: Levantamento de equipamentos e os riscos relacionados com poeira combustível no processo analisado.

Equipamentos de Processo			Poeira Explosiva (relacionar os produtos que formam poeiras)	Grupo de Periculosidad e / Classe de Temperatura (°C)	Temperatura/Pressão de Operação (descrever características de pressão e temperatura da operação)	Grau de Ventilação / Disponibilidade de Ventilação	Fonte de Risco		Extensão das Zonas Distância Horizontal (m) Limite de Zona			Observação
Identificação (Inserir o nome do equipamento)	Descrição (Inserir descrição Técnica Interna)	Locação (Descrever a fase do processo para localizar o equipamento)					Descrição fontes ignição	Grau Liberação Poeira	Zona 20	Zona 21	Zona 22	
Secagem de gelatina	Secador de gelatina	Secagem	Gelatina couro bovino	IIIB – T395 °C	Amb./Atm	Médio / Pobre	Fontes de ignição em motores elétricos; iluminação de emergência; iluminação de operação; eletricidade estática; atrito entre partes metálicas de máquinas e equipamentos; transportes pneumáticos; periféricos do sistema de prevenção contra incêndio que utilizam energia elétrica.	Contínuo	Interna	NA	NA	O local possui um bom nível de limpeza e não foi observado pontos de acúmulo de poeira em áreas adjacentes.
	Pré-quebrador	Pré-moagem	Gelatina couro bovino	IIIB – T395 °C	Amb./Atm	Médio / Pobre		Contínuo	Interna	NA	NA	
	Pré-moedor	Pre-moagem	Gelatina couro bovino	IIIB – T395 °C	Amb./Atm	Médio / Pobre		Contínuo	Interna	NA	NA	
	Tubulação alimentação válvulas rotativas	Movimentação de gelatina	Gelatina couro bovino	IIIB – T395 °C	Amb./Atm	Médio / Pobre		Contínuo	Interna	NA	NA	
Moagem, peneiramento, mistura e envase da gelatina.	Válvula rotativa	Movimentação	Gelatina couro bovino	IIIB – T395 °C	Amb./Atm	Baixo / Pobre	O local possui um bom nível de limpeza e foi observado pontos de acúmulo de poeira apenas próximo aos filtros tipo manga/ciclones.	Contínuo	Interna	NA	NA	O local possui um bom nível de limpeza e foi observado pontos de acúmulo de poeira apenas próximo aos filtros tipo manga/ciclones.
	Peneira de gelatina	Peneiramento	Gelatina couro bovino / Finos	IIIB – T395 °C	Amb./Atm	Baixo / Pobre		Contínuo	Interna	NA	NA	
	Filtro Manga e Ciclone	Retenção de finos de gelatina	Finos da Gelatina	IIIB – T395 °C	Amb./Atm	Baixo / Pobre		Contínuo	NA	Interna	NA	
	Silo de armazenamento	Armazenamento	Gelatina couro bovino	IIIB – T395 °C	Amb./Atm	Baixo / Pobre		Contínuo	Interna	NA	NA	
	Misturador	Movimentação	Gelatina couro bovino	IIIB – T395 °C	Amb./Atm	Médio / Pobre		Contínuo	Interna	NA	NA	
	Silo de armazenamento final	Movimentação	Gelatina couro bovino	IIIB – T395 °C	Amb./Atm	Médio / Pobre		Contínuo	Interna	NA	NA	O local possui um bom nível de limpeza e não foi observado pontos de acúmulo de poeira em áreas adjacentes.
	Envase de gelatina (big bag's)	Movimentação	Gelatina couro bovino	IIIB – T395 °C	Amb./Atm	Médio / Pobre		Primário	NA	Interna	NA	O local possui um bom nível de limpeza e foi observado pontos de acúmulo de poeira na plataforma operacional do local.

Fonte: Arquivo Pessoal.

A partir dos dados coletados na tabela 4, foram elaboradas as APR de cada equipamento e áreas analisadas conforme mostrado a seguir.

Tabela 5: Análise Preliminar de Riscos da Área de Secagem de Gelatina.

<b>APR – Análise Preliminar de Riscos</b>								
Área analisada: Secagem de Gelatina			Nº APR 01	Data análise: 05/11/2021			Responsável análise: Morivaldo Diógenes	
Equipamento analisado	Perigo	Causa	Efeito	Medidas preventivas existentes	Categoria Risco			
					Freq.	Severidade	Risco	
Secador de gelatina	Pó de gelatina em suspensão/ acumulado em superfície interna.	Formação de atmosfera explosiva por pó em suspensão.	Danos pessoais graves; Explosões e incêndio; Danos estruturais e materiais	Procedimento e rotina de limpeza; Procedimento de LOTO – tagout/lockout para bloqueio de equipamentos elétricos.	Provável	Média	Moderado	- Elaborar POP – Procedimento Operacional Padrão para atividades no secador; - Elaborar e implementar procedimento para trabalho a quente – chama aberta - no secador; - Realizar treinamento de formação e capacitação para o operacional e manutenentes para trabalhos em áreas classificadas;
Pré-quebrador de gelatina	Pó de gelatina em suspensão/acumulado em superfície inter/extern.	Formação de atmosfera explosiva por pó em suspensão.	Danos pessoais graves; Explosões e incêndio; Danos estruturais e materiais	Procedimento e rotina de limpeza; Procedimento de LOTO – tagout/lockout para bloqueio de equipamentos elétricos.	Ocasional	Crítica	Moderado	- Utilizar ferramentas de trabalho específica para atividades em áreas classificadas; - Interligar – jumper - partes condutivas do secador;
Pré-moedor de gelatina e tubulação transporte de gelatina.	Pó de gelatina em suspensão/acumulado em superfície inter/extern.	Formação de atmosfera explosiva por pó em suspensão.	Danos pessoais graves; Explosões e incêndio; Danos estruturais e materiais	- Procedimento e rotina de limpeza. - Procedimento de LOTO – tagout/lockout para bloqueio de equipamentos elétricos.	Provável	Média	Moderado	- Fazer identificação e sinalização da área com classificada. - Substituir equipamentos elétricos e periféricos não certificadas para áreas classificadas; - Minimizar vazamento em tubulações dutos através de inspeção e manutenção constante na área.

Fonte: arquivo pessoal.

Tabela 6: Análise Preliminar de Riscos da Área de Moagem, peneiramento, mistura e envase da gelatina

APR – Análise Preliminar de Riscos								
Área analisada: Moagem, peneiramento, mistura e envase da gelatina				Nº APR 02	Data análise: 07/11/2021		Responsável análise: Morivaldo Diógenes	
Equipamento analisado	Perigo	Causa	Efeito	Medidas preventivas existentes	Categoria Risco			Recomendações (R) e Observações (O)
					Freq.	Severidade	Risco	
Válvula rotativa	Pó de gelatina em suspensão/ acumulado em superfície interna.	Formação de atmosfera explosiva por pó em suspensão.	Danos pessoais graves; Explosões e incêndio; Danos estruturais e materiais.	Procedimento e rotina de limpeza; Procedimento de LOTO – tagout/lockout para bloqueio de equipamentos elétricos.	Remota	Baixa	Aceitável	- Elaborar POP – Procedimento Operacional Padrão para atividades no secador; - Elaborar e implementar procedimento para trabalho a quente – chama aberta - no secador; - Realizar treinamento de formação e capacitação para o operacional e manutentores para trabalhos em áreas classificadas; - Utilizar ferramentas de trabalho específica para atividades em áreas classificadas; - Interligar – jumper - partes condutivas do secador; - Fazer identificação e sinalização da área com classificada. - Substituir equipamentos elétricos e periféricos não certificadas para áreas classificadas;
Peneira de gelatina	Pó de gelatina em suspensão/ acumulado em superfície interna.	Formação de atmosfera explosiva por pó em suspensão.	Danos pessoais graves; Explosões e incêndio; Danos estruturais e materiais	Procedimento e rotina de limpeza; Procedimento de LOTO – tagout/lockout para bloqueio de equipamentos elétricos.	Ocasional	Crítica	Moderado	- Minimizar vazamento em tubulações dutos através de inspeção e manutenção constante na área; Utilizar mangotes semicondutor em uniões de tubulações; Utilizar mangotes filtrantes de material antiestático.
Filtro manga e ciclone	Pó de gelatina em suspensão/acumulado em superfície interno e externo.	Formação de atmosfera explosiva por pó em suspensão.	Danos pessoais graves; Explosões e incêndio; Danos estruturais e materiais	- Procedimento e rotina de limpeza. - Procedimento de LOTO – tagout/lockout para bloqueio de equipamentos elétricos.	Provável	Crítica	Não Aceitável	
Silo de armazenamento gelatina	Pó de gelatina em suspensão/ acumulado em superfície interna.	Formação de atmosfera explosiva por pó em suspensão.	Danos pessoais graves; Explosões e incêndio; Danos estruturais e materiais	- Procedimento e rotina de limpeza. - Procedimento de LOTO – tagout/lockout para bloqueio de equipamentos elétricos.	Ocasional	Crítica	Moderado	

Fonte: arquivo pessoal.

Tabela 7: Análise Preliminar de Riscos da Área de Moagem, peneiramento, mistura e envase da gelatina.

APR – Análise Preliminar de Riscos								
Área analisada: Moagem, peneiramento, mistura e envase da gelatina				Nº APR 03	Data análise: 07/11/2021			Responsável análise: Morivaldo Diógenes
Equipamento analisado	Perigo	Causa	Efeito	Medidas preventivas existentes	Categoria Risco			Recomendações (R) e Observações (O)
					Freq.	Severidade	Risco	
Misturador de gelatina	Pó de gelatina em suspensão/ acumulado em superfície interna.	Formação de atmosfera explosiva por pó em suspensão.	Danos pessoais graves; Explosões e incêndio; Danos estruturais e materiais	- Procedimento e rotina de limpeza. - Procedimento de LOTO – tagout/lockout para bloqueio de equipamentos elétricos.	Ocasional	Crítica	Moderado	Elaborar POP – Procedimento Operacional Padrão para atividades no secador; - Elaborar e implementar procedimento para trabalho a quente – chama aberta - no secador; - Realizar treinamento de formação e capacitação para o operacional e manutenentes para trabalhos em áreas classificadas; - Utilizar ferramentas de trabalho específica para atividades em áreas classificadas; - Interligar – jumper - partes condutivas do secador; - Fazer identificação e sinalização da área com classificada. - Substituir equipamentos elétricos e periféricos não certificadas para áreas classificadas;
Silo de armazenamento final gelatina	Pó de gelatina em suspensão/ acumulado em superfície interna.	Formação de atmosfera explosiva por pó em suspensão.	Danos pessoais graves; Explosões e incêndio; Danos estruturais e materiais	- Procedimento e rotina de limpeza. - Procedimento de LOTO – tagout/lockout para bloqueio de equipamentos elétricos.	Ocasional	Crítica	Moderado	- Minimizar vazamento em tubulações dutos através de inspeção e manutenção constante na área; Utilizar mangotes semicondutor em uniões de tubulações; Utilizar mangotes filtrantes de material antiestático.
Envase de gelatina (big bag's)	Pó de gelatina em suspensão/acumulado em superfície interno e externo.	Formação de atmosfera explosiva por pó em suspensão.	Danos pessoais graves; Explosões e incêndio; Danos estruturais e materiais	- Procedimento e rotina de limpeza. - Procedimento de LOTO – tagout/lockout para bloqueio de equipamentos elétricos.	Frequent e	Crítica	Não Aceitável	

Fonte: arquivo pessoal.

Cabe salientar que para a elaboração da APR, a empresa em questão, segue as normas regulamentadoras, visando garantir um ambiente de trabalho seguro. As normas regulamentadoras são dispositivos legais que fornecem os requisitos e

padrões mínimos de segurança com o objetivo de garantir e fornecer um ambiente de trabalho seguro e saudável para os trabalhadores. Assim, os requisitos e padrões de gestão de perigos e riscos relacionados explosões por poeiras estão contemplados nas normas abaixo:

**NR 01 – Disposições Gerais e Gerenciamento de Riscos Ocupacionais:** A norma estabelece as diretrizes e requisitos para o correto e efetivo gerenciamento dos riscos ocupacionais e medidas de prevenção de incidentes e acidentes. A norma estabelece a obrigatoriedade de elaboração do Programa de Gerenciamento dos Riscos Ocupacionais (PGR) de todas as atividades;

**NR 10 – Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade:** A norma estabelece as diretrizes e requisitos mínimos garantir a segurança dos trabalhadores que realizam trabalhos em instalações elétricas, nas mais variadas etapas do projeto, execução, reforma, ampliação e operações e manutenção. A referida norma exige a necessidade de realização de análise preliminar de riscos para atividades em partes elétricas, além de mencionar a necessidade de empregar medidas preventivas para trabalhos em áreas classificadas.

**NR 12 – Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos:** A norma estabelece as diretrizes e requisitos mínimos de segurança dos trabalhadores que realizam trabalhos nas fases de projetos e operação de máquinas e equipamentos. Ainda, a norma estabelece padrões de segurança para compra e importação de máquinas e equipamentos, visando à segurança e bem estar do usuário.

**NR 18 – Segurança e Saúde no Trabalho na Indústria da Construção:** A norma estabelece as diretrizes e requisitos mínimos de segurança que visa às medidas de controle de saúde e segurança na indústria da construção. A norma é clara no que diz respeito à realização de análise preliminar de riscos para as atividades consideradas a quente e com possibilidade de desencadear os riscos de incêndios e explosões.

**NR 33 – Segurança e Saúde nos Trabalhos em Espaços Confinados:** A norma estabelece os requisitos mínimos para identificação, avaliação e controle dos riscos de acidentes no interior de espaços confinados, com o objetivo de garantir a segurança de todos os envolvidos com as atividades. Os espaços confinados são locais onde uma atmosfera explosiva por poeira ou gases podem ocorrer;

**NR 34 – Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção, Reparação e Desmonte Naval:** A norma estabelece os requisitos mínimos de segurança para garantir de forma efetiva os perigos e riscos nas atividades do segmento. Assim como a norma regulamentadora 18, esta norma estabelece a necessidade de realização de análise preliminar de riscos para as atividades consideradas a quente e com possibilidade de desencadear os riscos de incêndios e explosões.

**Permissão de Trabalho para Atividades de Alto:** Os trabalhos de alto risco são atividades de cunho operacional, que ocorrem de forma habitual ou eventual na empresa, com intuito de sanar problemas relacionados com paradas ou quebras de máquinas, reparo civil, e também atividades relacionadas à limpeza de equipamentos e áreas. Para garantir a segurança das operações e minimização dos perigos e riscos, se torna necessário a elaboração de análise preliminar de riscos para atividades, que também é precedido de permissão para realização das atividades. Abaixo estão descritas as atividades que exigem a necessidade de realização análise preliminar de riscos e que são complementares aos trabalhos em áreas classificadas:

- Atividade em altura (acima 2m);
- Atividade que requer bloqueio de fonte de energia perigosa;
- Atividade em espaço confinado;
- Atividade de movimentação de carga;
- Atividade de escavação e demolição;
- Atividade de abertura de linha de produto químico;
- Atividade a quente

- Atividade considerada especiais (não enquadradas nas atividades relacionadas acima);
- Atividades em área com riscos de incêndio e explosões.

Desta forma, para garantir uma gestão efetiva e abrangente dos perigos e riscos de explosão por poeira, é fundamental uma visão holística e sistêmica da legislação e boas práticas de segurança para trabalhos em áreas e equipamento considerados classificados.

## **CONCLUSÕES**

A legislação brasileira que rege os requisitos e padrões mínimos para garantia de segurança do ambiente de trabalho é muito vasta e abrangente, fornecendo uma robusta base técnica e legal para nortear ações de prevenção de incidentes e acidentes. Todavia, ao se debruçar na análise da literatura existente, e específica no que tange áreas classificadas como explosiva por poeiras, é possível constatar que o tema ainda carece de definições de requisitos técnicos e padrões específicos de segurança para direcionamento efetivo de profissionais e empresas na gestão adequada e efetiva de perigos e riscos de explosão por poeiras.

Conclui-se ainda, que no decorrer da condução do trabalho, foi possível notar de forma evidente o desconhecimento por parte de profissionais e empresa do real potencial de risco de explosão por poeira oriundo dos processos e operações realizadas.

Desta forma, o estudo, explanação da literatura existente e aplicação da metodologia de análise preliminar de perigos e riscos, proporcionou não apenas o reconhecimento, avaliação e controle dos perigos e riscos de explosão por poeira, mas também a absorção e multiplicação de conhecimento sobre um tema ainda pouco abordado e discutido por profissionais e empresas.

Neste contexto, à análise preliminar de perigos e riscos de explosão por poeira de gelatina apresentada nesse trabalho, fornece uma abordagem focada na gestão de segurança de cenários, condições estruturais de máquinas e equipamentos e interações humanas que possam contribuir para deflagração de explosões.

Ainda, através do uso da metodologia APR, o trabalho permitiu uma compressão sistêmica, abrangente e clara dos perigos de explosão por poeira de gelatina, e das medidas de prevenção e mitigação para os riscos de incidentes e acidentes.

## REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR IEC 60079-0**. Atmosferas explosivas. Parte 0: Equipamentos – Requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2013.

\_\_\_\_\_. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR IEC 60079-10-1**: Atmosferas explosivas Parte 10-1: Classificação de áreas – Atmosferas explosivas de gás. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

\_\_\_\_\_. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR IEC 60079-10-2:2016**. Atmosferas explosivas Parte 2- Proteção de equipamento por involucro pressurizado. Rio de Janeiro: ABNT, 2016.

AMARAL A.B. **Estudo de classificação de áreas em uma sala de carregamento de bateria**. 2015. 65f. Monografia (Especialização) Universidade tecnológica federal do panará. Curitiba 2015. Disponível em [http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/18087/3/CT\\_CEEST\\_XXX\\_2015\\_02.pdf](http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/18087/3/CT_CEEST_XXX_2015_02.pdf). Acesso em: 22 fev 2022.

ALMEIDA, P. F.; VANALLE, R. M.; SANTANA, J. C. C. Produção de Gelatina: Uma Perspectiva Competitiva para a Cadeia Produtiva de Frango de Corte. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.14, n.1, p. 1-18, 2012. Disponível em: [http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2011\\_tn\\_stp\\_141\\_895\\_17626.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2011_tn_stp_141_895_17626.pdf). Acesso em 21 fev 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). Sistema de Gestão de Qualidade- requisitos. **ABNT NBR ISO 9001/2015**. Disponível em: [http://associacaodeinspetores.com.br/arquivos/arquivo\\_informativo/c2c76186249e40f1f5da5c8b09582702.pdf](http://associacaodeinspetores.com.br/arquivos/arquivo_informativo/c2c76186249e40f1f5da5c8b09582702.pdf). Acesso em 19 fev 2022.

AGUIAR, J. F. **Instalações elétrica em atmosfera explosivo: A importância da classificação de áreas**. 2017 55f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenheiro eletricista) - Universidade Federal de Juiz de Fora, 2017. Disponível em [https://www.ufjf.br/elettrica\\_energia/files/2016/11/tcc-jefferson.pdf](https://www.ufjf.br/elettrica_energia/files/2016/11/tcc-jefferson.pdf). acesso em 19 fev 2022.

BARCELOS, T.F.; MOTA, L.F. Gerenciamento de riscos na mineração e suas barragens: do chão de fábrica ao mercado financeiro. **Revista Administração de**

**Empresas Unicuritiba**, v. 2, n. 24, 2021. Disponível em: <http://revista.unicuritiba.edu.br/index.php/admrevista/article/view/4448/371373485>. Acesso em: 01 fev 2022.

BRANSKI, R. M.; FRANCO, R. A. F.; LIMA JUNIOR, O. F. **Metodologia de estudo de casos aplicada à logística**. UNICAMP, 2010. Disponível em: <http://www.lalt.fec.unicamp.br/scriba/files/escrita%20portugues/ANPET%20-%20metodologia%20de%20estudo%20de%20caso%20-%20com%20autoria%20-%20vf%202023-10.pdf>. acesso em 21 fev 2022.

BORDIGNON, A. C. **Caracterização da pele e da gelatina extraída de peles congeladas e salgadas de tilápia do Nilo (Oreochromis)**. 2010 114f. Dissertação (Mestre em Zootecnia) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Estadual de Maringá, Maringá. 2010. Disponível em [http://www.dominiopublico.gov.br/pesquisa/DetalheObraForm.do?select\\_action=&co\\_obra=176199](http://www.dominiopublico.gov.br/pesquisa/DetalheObraForm.do?select_action=&co_obra=176199). Acesso em 11 fev 2022.

CARVALHO, D. M. Sistema de segurança para ambientes com atmosfera explosiva **Revista bras. de Mecatrônica**, São Caetano do Sul, v. 1, n. 2, p. 14-25, 2018. Disponível em: <http://revistabrmecatronica.com.br/ojs/index.php/revistabrmecatronica/article/view/22/24>. Acesso em 23 fev 2022.

CORRÊA, C. V. R .O. **Utilização das técnicas de análise – HAZOP e vulnerabilidade para a avaliação de um cenário típico de Estação de Tratamento de Despejos Industriais moderna em refinaria**. 116f 2014 Dissertação (Mestrado) – Universidade do estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: <https://www.bdtd.uerj.br:8443/bitstream/1/11998/1/Claudia%20Vasconcellos%20Rodrigues%20de%20Oliveira%20e%20Correa.pdf>. Acesso em 23 fev 2022.

COSTELLA, M. F. PILZ, S. E BET. O Método de coleta e análise de amostras de poeira para avaliação de riscos de explosões de pó em suspensão em unidades de recebimento e armazenagem de grãos **Gest. Prod.**, São Carlos, v. 23, n. 3, p. 503-514, 2016. Disponível em <https://www.scielo.br/j/gp/a/KDk9VwcZ8rzNSJgVxVJxmGm/?lang=pt>. Acesso em 20 fev 2022.

CHU, N. C. **Análise de Riscos nas Indústrias Petroquímicas Atmosféricas explosivas**. 2014 168f Dissertação (Mestrado) - Instituto Politécnico de Setúbal Escola Superior de Ciências Empresariais, Setúbal, 2014. Disponível em <https://comum.rcaap.pt/bitstream/10400.26/6499/1/ARIInd%C3%BAstriaPetroqu%C3%ADAdmica%E2%80%93%20Jorge%20Chu%20-%20Final.pdf>. Acesso em 20 fev 2022.

DINÍZIO, M. C. D.; MARTINS, P. E. S. Ferramenta de gerenciamento de riscos na engenharia de segurança do trabalho: um estudo de revisão bibliográfica. **Ideas & Inovação**, v. 5, n.3, p. 83-96, 2020. Disponível em: <https://periodicos.set.edu.br/ideias-e-inovacao/article/view/8908>. Acesso em 21 fev

2022.

DUARTE, A.; et al. **Os acidentes do trabalho: do sacrifício do trabalho à prevenção e à reparação**. São Paulo: LTR; 2014.

FEISTEL, J. C. **Tratamento e destinação de resíduos e efluentes de matadouros e abatedouro**. 37f 2011 Pós-Graduação (Ciência Animal da Escola de Veterinária e Zootecnia)-Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2011. Disponível em: [https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/67/o/semi2011\\_Janaina\\_Costa\\_2c.pdf](https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/67/o/semi2011_Janaina_Costa_2c.pdf). Acesso em 11 fev 2022.

FERREIRA, M. F. **Extração e caracterização de gelatina proveniente de subprodutos do Frango (pé)**. 2013. 48f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em engenharia) Universidade Tecnológica Federal do Paraná 2013. Disponível em: [https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/6794/2/CM\\_COEAL\\_2012\\_2\\_07.pdf](https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/6794/2/CM_COEAL_2012_2_07.pdf). Acesso em 11 fev 2022.

GELITA. **Produção Gelita**, 2017. Disponível em: <https://www.gelita.com/pt-pt/conhecimento/gelatina/o-que-e-gelatina/producao>. Acesso em: 23 fev 2022.

MARCHESE, R. S. **Biodegradação Anaeróbica de gelatina e resíduos Sólidos de Curtumes**. 40f. 2017 Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Química) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Porto Alegre, 2017. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/165616/001045886.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em 11 fev 2022.

MIRANDA, R. B. **Efeitos da suplementação de colágeno hidrolisado no envelhecimento da pele: Uma Revisão sistemática e metanálise**. 2020. 52f. Dissertação (Mestrado) Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, 2020. Disponível em [http://www.repositorio.jesuita.org.br/bitstream/handle/UNISINOS/9556/Roseane%20Bertolin%20de%20Miranda\\_protegido.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://www.repositorio.jesuita.org.br/bitstream/handle/UNISINOS/9556/Roseane%20Bertolin%20de%20Miranda_protegido.pdf?sequence=1&isAllowed=y). Acesso em 11 fev 2022.

KOIZUMI, S.; et al. Effects of Dietary Supplementation with Fish Scales-Derived Collagen Peptides on Skin Parameters and Condition: A Randomized, Placebo-Controlled, Double-Blind Study. **International Journal of Peptide Research and Therapeutics**, v. 24, n. 3, p. 397–402, 2018. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10989-017-9626-0>. Acesso em 05 fev 2022.

LEÓN-LÓPEZ, A.; et al.; Hydrolyzed Collagen—Sources and Applications. **Molecules**, [s.l.], v. 24, n. 22, p.4031-4047, 2019. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/molecules24224031>. Acesso em 15 fev 2022.

OLIVEIRA, P.A.N. **Revisão de classificação de áreas**. 96F Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Elétrica) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, rio de Janeiro, 2020. Disponível em:

<http://www.repositorio.poli.ufrj.br/monografias/monopolis10032106.pdf>. Acesso em 15 fev 2022.

MAIA, A. L. M. Análise preliminar de riscos em uma obra de Construção civil. **Revista tecnologia & informação**, v. 1, n . 3, p. 55-69, 2014. Disponível em: <https://repositorio.unp.br/index.php/tecinfo/article/view/892/543>. Acesso em 01 mar 2022.

**PATRÍCIO, R. P. Adequação do FMEA para gerenciamento de riscos em obra de infraestrutura, após a aplicação da análise preliminar de risco na execução de muro de Gabião.** 66f 2013 Monografia (Graduação em Engenharia do Trabalho) – Universidade Tecnológica do Paraná, Curitiba, 2013. Disponível em: [http://riut.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/17909/2/CT\\_CEEST\\_XXIV\\_2013\\_28.pdf](http://riut.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/17909/2/CT_CEEST_XXIV_2013_28.pdf). Acesso em 01 fev 2022.

PRESTES, R. C.; et al Caraterização da fibra de colágeno, Gelatina e Colágeno hidrolisado. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 15, n. 4, p. 375-382, 2013. Disponível em <http://www.deag.ufcg.edu.br/rbpa/rev154/Art1547.pdf>. Acesso em 11 fev 2022.

**PIZZATTO, G. S. Análise Preliminar de Riscos em uma indústria de Artefatos de Cimento,nas etapas referentes à execução dos elementos pré-moldados.** Cuiabá-MT, 2012. 47 f. Monografia (Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho) – Faculdade de Arquitetura, Engenharia e Tecnologia, Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá, 2012. Disponível em: <https://1library.org/document/q2km7prq-analise-preliminar-riscos-estacao-tratamento-agua-estudo-caso.html>.

PRESTES, R. C. Colágeno e Seus Derivados: Características e Aplicações em Produtos Cárneos. **UNOPAR Cient Ciênc Biol Saúde**, v. 15, n.1, p. 65-74, 2013. Disponível em: <https://journalhealthscience.pgsskroton.com.br/article/view/791>. Acesso em 11 fev 2022.

RANGEL JUNIOR, E. Atmosferas explosivas de pós: todo cuidado é pouco. **Institute of Electrical and Electronics Engineers** – Coordenação da Comissão CE 31-06 da ABNT, 2017. Disponível em: <https://www.yumpu.com/pt/document/view/14194521/atmosferas-explosivas-de-pos-todo-cuidado-e-pouco-nutsteel>. Acesso em: Acesso em 11 fev 2021.

**RAMOS, C. R. M. Classificação de áreas de seleção de equipamentos elétrico em atmosfera explosiva.** 2018. 108f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação) Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2015. Disponível em [https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/35052/1/2018\\_tcc\\_crmramos.pdf](https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/35052/1/2018_tcc_crmramos.pdf). Acesso em 11 fev 2021.

RAMIN, R. A. A. **Análise dos riscos em uma empresa**: estudo de caso. 56f 2019 Monografia (Engenharia de Segurança do trabalho) - Universidade Tecnológica do Paraná, Curitiba, 2019. Disponível em: [http://riut.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/17538/2/ct\\_ceest\\_xxxvii\\_2019\\_36.pdf](http://riut.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/17538/2/ct_ceest_xxxvii_2019_36.pdf). Acesso em 11 fev 2021.

ROCHA, A. P. **Gerenciamento de Riscos em Posto de Abastecimento de Combustível de Empresas de Transportes**. 51f 2013 Monografia (Especialização Engenharia de Campo SMS). Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2015. Disponível em: [https://ambiental.ufes.br/sites/ambiental.ufes.br/files/field/anexo/gerenciamento\\_de\\_riscos\\_em\\_posto\\_de\\_abastecimento\\_de\\_combustivelde\\_empresa\\_de\\_transporte\\_-elcioalexandre\\_pereira\\_da\\_rocha.pdf](https://ambiental.ufes.br/sites/ambiental.ufes.br/files/field/anexo/gerenciamento_de_riscos_em_posto_de_abastecimento_de_combustivelde_empresa_de_transporte_-elcioalexandre_pereira_da_rocha.pdf). Acesso em 15 fev 2022.

RUPPENTHAL, J. E. **Gerenciamento de Riscos**. Universidade Federal de Santa Maria, Colégio Técnico Industrial de Santa Maria. Santa Maria: Rede e-Tec Brasil, 2013. Disponível em: <https://www.ufsm.br/app/uploads/sites/342/2020/04/gerenciamento-de-riscos.pdf>. Acesso em 05 fev 2022.

ROJAS, V. M **Extração e caracterização de Gelatina de subprodutos suínos** 2014, 49f. Trabalho de conclusão de curso. Graduação (Engenharia de alimentos) Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Disponível em [http://riut.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/6667/3/CM\\_COEAL\\_2014\\_1\\_10.pdf](http://riut.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/6667/3/CM_COEAL_2014_1_10.pdf). Acesso em 19 fev 2022.

SANTOS, T. M. dos. **Influência de na nocristais de celulose sobre as propriedades de filmes de gelatina de resíduos de tilápia**. 2012. 79 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2012 <https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/4427>. Acesso em 19 fev. 2022.

SELLA, B. C. **Comparativo entre as técnicas de análise de riscos APR e HAZOP**. 50f. Monografia (Especialização) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2014. Disponível em <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/3521>. Acesso em 14 fev 2022.

SILVA, R. S. G.; et al. Extração de gelatina a partir das peles de cabeças de carpa comum. **Ciênc. Rural.**, vol. 41, n. 5, p. 904-909, 2011. Disponível em <https://www.scielo.br/j/cr/a/yrS4qwCDTLLxZndLbgsybCp/abstract/?lang=pt>. Acesso em 11 fev 2022.

SILVA, T. F.; PENNA, A. L. B. Colágeno: Características químicas e propriedades funcionais **Rev Inst Adolfo Lutz**, v. 71, n. 3, p. 530-539, 2012. Disponível em <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/122273>. Acesso em 11 fev 2022.

SILVA, J. **Atmosferas explosivas: instalação de equipamentos elétricos em áreas classificadas**. 1. ed. Jundiaí: Paco, 2014.

SOUZA, I. A; SOUZA, C. P; DOMINATO, A. A. G. D. Identificação de cromo III como contaminante em gelatinas comercializadas em Presidente Prudente- **Colloquium Vitae**, v. 11, n. 2, p. 5-11, 2019. Disponível em <https://journal.unoeste.br/index.php/cv/article/view/2016>. Acesso em 11 fev 2022.

SOUZA, A. O. **Um Estudo e inovação em classificação de áreas de atmosfera explosiva via fluidodinâmica computacional**. 2016 132f. Tese (Doutorado) Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2016. Disponível em <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/bitstream/riufcg/424/1/andrey%20oliveira%20de%20souza%20-%20tese%20%28ppgeq%29%202016.pdf>. acesso em 18 fev 2022.

TORRECILHAS, A.R.; et al. Aprimoramento da análise Preliminar de riscos (APR) integrada ao diagrama de Ishikawa para prevenção de riscos em procedimentos operacionais da construção civil: aplicação da ferramenta APR em uma obra de saneamento no processo de assentamento de tubulação adutora de água. XXXIX Encontro Nacional de engenharia de produção: “Os desafios da engenharia de produção para uma gestão inovadora da Logística e Operações” Santos, São Paulo, Brasil, 15 a 18 de outubro de 2019. Disponível em: <https://www.researchgate.net/signup.SignUp.html>. Acesso em 22 fev 2022.

ZAGUE, V. **Influência da suplementação com colágeno hidrolisado no metabolismo da matriz extracelular e proliferação de fibroblastos dérmicos humanos derivado de áreas fotoprotegida e fotoexposta, cultivados em monocamada e equivalente dérmico**. 2015 148f. Tese (Doutorado)- Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015. Disponível em [https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/42/42134/tde-08122015-202409/publico/VivianZague\\_Doutorado\\_I.pdf](https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/42/42134/tde-08122015-202409/publico/VivianZague_Doutorado_I.pdf). Acesso em 11 fev 2022.