

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA

**IMPLEMENTAÇÃO DE PLANO DE APPCC EM UM PARQUE BIOENERGÉTICO
DE PRODUÇÃO DE ETANOL NEUTRO**

Natanael Augusto Fonseca dos Santos

Trabalho de Graduação apresentado
ao Departamento de Engenharia Química da
Universidade Federal de São Carlos

Orientador: Prof. Dr. **André Bernardo**

São Carlos - SP
2023

BANCA EXAMINADORA

Trabalho de Graduação apresentado no dia 14 de março de 2023 perante a seguinte banca examinadora:

Orientador: Prof. Dr. André Bernardo, DEQ/UFSCar

Convidado: Prof. Dra. Fernanda Perpétua Casciotori, DEQ/UFSCar

Professora da Disciplina: Prof. Dra. Rosineide Gomes da Silva Cruz, DEQ/UFSCar

FICHA CATALOGRÁFICA

Augusto Fonseca dos Santos, Natanael

Implementação de plano de APPCC em um parque bioenergético de produção de etanol neutro. / Natanael Augusto Fonseca dos Santos -- 2023.

56f.

TCC (Graduação) - Universidade Federal de São Carlos, campus São Carlos, São Carlos

Orientador (a): André Bernardo

Banca Examinadora: André Bernardo, Fernanda Perpétua Casciatori, Rosineide Gomes da Silva Cruz

Bibliografia

1. Segurança de alimentos. 2. Análise de perigos e pontos críticos de controle. 3. Produção de etanol neutro.

AGRADECIMENTOS

Inicialmente, gostaria de agradecer minha família que durante todos os anos da minha vida foram o alicerce que possibilitou o meu crescimento, em especial à minha mãe que sempre me incentivou a buscar meus sonhos, por maiores que sejam as dificuldades.

Agradeço também à todos os colegas e amigos que fiz durante a graduação, principalmente os da AEQ e PET. Vocês permitiram que minha trajetória fosse realizada de maneira mais leve e que eu não desistisse em nenhum momento, mesmo com todas as recorrências.

Por fim, agradeço a todos os profissionais e professores que passaram por mim e ensinaram assuntos que vão muito além da engenharia química.

EPÍGRAFE

“Mil voltas no mundo
Em buscas e buscas
Depois mais mil voltas em círculo
Um circo num cerco de insanidade
A fim de recuperar o que cê já tinha no início”

Don L

RESUMO

O desenvolvimento, implementação e operação de processos físico-químicos, independente das matérias primas, equipamentos e tecnologias utilizadas, possui riscos associados em todas as etapas. Especialmente na indústria química existem grandes perigos em relação ao recebimento de materiais, produção, armazenagem e transporte, sejam eles de insumos ou de produto final, podendo influenciar diretamente a qualidade do produto final. O processo de produção de etanol surgiu no Brasil no início do século XX e atualmente possui competitividade no mercado interno e externo, além de ser bem consolidado em relação à estrutura de equipamentos e métodos de produção. Existem diversas especificações técnicas para a venda desse produto, entre elas o etanol industrial, o etanol carburante e o etanol neutro. Ao comercializar-se produtos que serão utilizados diretamente pelo consumidor final, sem tratamentos posteriores, é necessário que se estabeleça controles e monitoramentos que garantam a segurança do alimento. A proposta de trabalho de graduação apresentada tem como objetivo analisar a Implantação de Plano de Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC) em uma usina produtora de etanol a partir da ótica de um profissional de Engenharia Química. O Plano de APPCC foi implementado desde a etapa de fermentação até o carregamento do produto, identificando-se todos os perigos associados ao processo e desenvolvendo-se métodos de controle para os pontos críticos não controlados pelo Programa de Pré-Requisitos. A segurança de alimentos do processo produtivo de etanol é altamente controlada através do PPR, todavia são necessárias adaptações ao processo para garantir que nenhum perigo gere risco ao consumidor. No presente trabalho foi identificado um ponto crítico de controle, inserindo ao processo uma operação unitária suficiente para a garantia da eliminação do risco associado à presença de fragmentos de metais nas matérias-primas e produtos.

Palavras-chave: etanol neutro, segurança de alimentos, análise de perigos, pontos críticos de controle, APPCC, fermentação, destilação, carregamento, programa de pré-requisitos.

ABSTRACT

The development, implementation and operation of physical-chemical processes, regardless of the raw materials, equipment and technologies used, has risks associated with all stages. Especially in the chemical industry, there are great dangers in relation to the receipt of materials, production, storage and transport, whether inputs or the final product, which can directly influence the quality of the final product. The ethanol production process emerged in Brazil at the beginning of the 20th century and is currently competitive in the domestic and foreign markets, in addition to being well-established in terms of equipment structure and production methods. There are several technical specifications for the sale of this product, including industrial ethanol, fuel ethanol and neutral ethanol. When marketing products that will be used directly by the final consumer, without further treatment, it is necessary to establish controls and monitoring that guarantee the safety of the food. The proposed Graduation Work presented aims to analyze the Implementation of the Hazard Analysis and Critical Control Points Plan (HACCP) in an ethanol producing plant from the perspective of a Chemical Engineering professional. The HACCP Plan was implemented from the fermentation stage to product loading, identifying all hazards associated with the process and developing control methods for critical points not controlled by the Prerequisite Program. The food safety of the ethanol production process is highly controlled through the PRP, however adaptations to the process are necessary to ensure that no danger poses a risk to the consumer. In the present work, a critical control point was identified, inserting a unit operation sufficient to guarantee the elimination of the risk associated with the presence of metal fragments in the raw materials and products.

Keyword: neutral ethanol, food safety, hazard analysis, critical control point, HAZOP, fermentation, distillation, product load, pre-requisites program.

SUMÁRIO

Banca Examinadora	1
Ficha Catalográfica	2
Agradecimentos	3
Epígrafe	4
Resumo	5
Abstract	6
Sumário	7
Lista de Figuras	9
Lista de Quadros	10
Lista de Abreviações	11
1 - INTRODUÇÃO E OBJETIVOS	12
2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	11
2.1 – SEGURANÇA DE ALIMENTOS	11
2.2 – FSSC 22000	11
2.3 – SISTEMA DE APPCC	12
2.4 – ETANOL	13
2.4.1 – Produção de Etanol	17
2.4.2 – Produção de Etanol de Cana	17
2.4.3 - Extração do Caldo	18
2.4.4 - Tratamento do Caldo	18
2.4.5 – Fermentação	19
2.4.6 – Destilação	21
3 - METODOLOGIA	23
3.1 - FORMAÇÃO DA EQUIPE DE APPCC	23
3.2 - DESCRIÇÃO DO PRODUTO	23
3.3 - ELABORAÇÃO DO FLUXOGRAMA	23

3.4 - APLICAÇÃO DOS 7 PRINCÍPIOS DA APPCC	23
4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
4.1 - FORMAÇÃO DA EQUIPE DE APPCC	25
4.2 - DESCRIÇÃO DO PRODUTO	26
4.3 - ELABORAÇÃO DO FLUXOGRAMA	27
4.4 - APLICAÇÃO DOS 7 PRINCÍPIOS DA APPCC	30
4.4.1 - Identificação de Perigos e Análise de Riscos	30
4.4.1.1 - Identificação de Perigos	31
4.4.1.1.1 - Análise e Classificação de Perigos	32
4.4.1.1.2 – Perigos de Ingredientes	33
4.4.1.1.3 - Perigos de Materiais de Contato	39
4.4.1.1.4 - Perigos das Etapas	40
4.4.1.1.5 - Perigos de Embalagens	42
4.4.1.2 - Análise e Classificação de Perigos	44
4.4.2 - Determinação de Pontos Críticos de Controle	52
4.4.3 - Determinação de Limites Críticos	56
4.4.4 - Determinação de Procedimentos de Monitoramento e Determinação de Ações Corretivas	57
4.4.5 - Criação de Procedimentos de Verificação	57
4.4.5.1 - Processo Técnico	58
4.4.5.2 – Validação do Plano	58
4.4.5.3 - Revalidação	58
4.4.6 - Criação de Procedimentos de Registro e Documentação	58
5 – CONCLUSÕES E SUGESTÕES	60
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	61

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1	Estrutura molecular do etanol	15
Figura 2.2	Fluxograma de produção de etanol	17
Figura 2.3	Fluxograma de Extração da Cana-de-Açúcar	18
Figura 2.4	Fluxograma do Tratamento de Caldo	19
Figura 2.5	Fluxograma de Fermentação Contínua	20
Figura 2.6	Fluxograma de Fermentação em Batelada	20
Figura 2.7	Diagrama líquido-vapor da mistura de etanol e água	21
Figura 2.8	Coluna de destilação de pratos	22
Figura 4.1	Descrição do produto e documento associado	27
Figura 4.2	Fluxograma de Produção de Etanol Hidratado Neutro	28
Figura 4.3	Matriz de Determinação de Risco	44
Figura 4.4	Árvore Decisória para Determinação dos Pontos Críticos de Controle	53
Figura 4.5	Filtro Cesto tipo simples	55
Figura 4.6	Filtro Cesto com Haste Magnética	56

LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1	Propriedades físico-químicas do etanol.	15
Quadro 2.2	Especificações comerciais do etanol neutro, industrial e anidro combustível.	16
Quadro 2.3	Finalidade das Etapas do Tratamento de Caldo	19
Quadro 4.1	Conhecimentos necessários por função na Equipe de APPCC	25
Quadro 4.2	Grupo e Membros da Equipe de APPCC	26
Quadro 4.3	Descrição das etapas de produção do etanol neutro	29
Quadro 4.4	Perigos das Matérias Primas	31
Quadro 4.5	Perigos dos ingredientes	33
Quadro 4.6	Perigos dos Materiais de Contato	39
Quadro 4.7	Perigos das Etapas	40
Quadro 4.8	Perigos das Embalagens	42
Quadro 4.9	Definição das classificações de probabilidade e severidade	43
Quadro 4.10	Matriz Produto de Determinação de Risco	44
Quadro 4.11	Classificação do Risco a partir da Matriz de Determinação de Risco.	45
Quadro 4.12	Justificativas para a Probabilidade da Classificação de Risco.	47
Quadro 4.13	Justificativas para a Severidade da Classificação de Risco.	49
Quadro 4.14	Aplicação da Árvore Decisória	54

ABREVIações

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
APPCC	Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle
BPF	Boas Práticas de Fabricação
FISPQ	Ficha de Informações de Segurança de Produto Químico
FSSC	<i>Food Safety System Certification</i>
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
PCC	Ponto Crítico de Controle
PPHO	Procedimentos Padrão de Higiene Operacional
PPR	Programa de Pré-Requisitos
RDC	Resolução da Diretoria Colegiada

1 – INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

A comercialização de produtos para consumidores intermediários ou finais possui uma série de preocupações quanto às exigências de clientes e agências reguladoras. Buscando garantir aos clientes que os itens por eles consumidos atendem aos padrões contratuais e a requisitos legais, a Organização Internacional de Normalização (*International Organization for Standardization*, ISO) desenvolveu, em 1987, a ISO 9001, norma regulamentadora para o Sistema de Gestão da Qualidade (ABNT et al, 2016).

Além dos pré-requisitos de qualidade, a indústria alimentícia deve operar seus processos atentando-se à segurança de alimentos, cuidando para que seus processos forneçam produtos livres de perigos para seus clientes. Visando-se regulamentar e fornecer os requisitos mínimos para os Sistemas de Gestão de Segurança de Alimentos, a Fundação FSSC desenvolveu a *Food Safety System Certification 22000* (FSSC 22000), esquema que considera requisitos da ISO 9001 (Sistemas de Gestão da Qualidade), ISO 22000 (Sistemas de Gestão da Segurança de Alimentos), o Programa de Pré Requisitos (PPR) em sua elaboração (Fundação FSCC 22000, 2019).

A indústria do etanol possui em seu portfólio de produtos diversos tipos de etanol, entre eles o etanol industrial, o etanol carburante e o etanol neutro (RAIZEN, 2022), sendo o último de grau alimentício. Visando o fornecimento do etanol neutro em conformidade com a FSSC 22000, é necessária a implantação do Plano de Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC), sendo o objetivo deste trabalho a identificação dos processos com maior risco à segurança de alimentos e a proposição de controles operacionais para os perigos observados.

2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A implantação do Plano de APPCC no processo de produção de etanol neutro abordará durante toda a sua execução conceitos acerca de Segurança de Alimentos, Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle e características físico-químicas e biológicas de matérias-primas, produtos intermediários e finais. Dessa forma, o presente capítulo tem o intuito de apresentar aspectos fundamentais para a compreensão das técnicas utilizadas e as respectivas finalidades.

2.1 – Segurança de Alimentos

De acordo com a Iniciativa Global de Inocuidade dos Alimentos (*Global Food Safety Initiative – GFSI*), a cultura de Segurança de Alimentos é formada pelo conjunto de valores, crenças e normas que afetam a mentalidade e o comportamento em relação à Segurança de Alimentos, dentro e fora da organização (FSSC 22000, 2020). Para a Indústria, a Segurança de Alimentos é abordada a partir de especificações para matérias-primas e para o produto final, definindo-se limites para riscos físico-químicos e microbiológicos visando-se a redução de riscos de saúde para os consumidores finais (SCHMIDT, 2003).

A adoção da cultura de Segurança de Alimentos garante que os produtos comercializados pelas organizações possuam um alto padrão de qualidade, sendo mais atrativos e confiáveis aos consumidores. Visando-se padronizar os requisitos a serem implementados nas organizações, normas regulamentadoras como a FSSC 22000 foram criadas e auxiliam as empresas a implantarem o Sistema de Gestão de Segurança de Alimentos em seus processos.

2.2 – FSSC 22000

A FSSC 22000 é um esquema de certificação criado pela Fundação FSSC (*Food Safety System Control Foundation – FSSC*) com a intenção de fornecer um selo de qualidade e confiança para os produtos da indústria alimentícia (FSSC, 2020). O esquema consiste em requisitos técnicos que as organizações devem apresentar durante as auditorias do seu Sistema de Gestão de Segurança de Alimentos, baseando-se em outras normas e especificações como a ISO 22000 e o Programa de Pré-Requisitos.

O esquema é aplicável em diversos setores da indústria alimentícia, desde a criação de animais até a produção de embalagens para outros produtos. Entre os principais requisitos definidos pela FSSC estão:

1. ISO 22000:2018 – Sistemas de Gestão de Segurança de Alimentos;
2. ISO 9001:2015 – Sistemas de Gestão da Qualidade;
3. ISO 22002:2009 - Programa de Pré-Requisitos;
4. Requisitos Adicionais:
 - a. Gestão de serviços e materiais comprados;

- b. Rotulagem de produtos;
- c. Defesa dos alimentos;
- d. Mitigação de fraude alimentar;
- e. Uso do logotipo;
- f. Gestão de alérgenos;
- g. Monitoramento ambiental;
- h. Formulação de produtos;
- i. Transporte e entrega;
- j. Armazenamento e estocagem;
- k. Controle de perigos e medidas de prevenção de contaminação cruzada;
- l. Verificação do PPR;
- m. Desenvolvimento de produto;
- n. Estado sanitário;
- o. Requisitos para organizações multisites;
- p. Requisitos de auditoria interna.

O controle de perigos pode ser realizado através de diversos sistemas, entre eles o Sistema de Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle, o Sistema de APPCC.

2.3 – Sistema de APPCC

O Sistema de APPCC é um conjunto de procedimentos que visam o controle de perigos que podem ocasionar riscos físico-químicos e biológicos aos alimentos consumidos, desde a etapa de recepção de matérias-primas até a de distribuição ao consumidor final (SISCOMEX, 2022). O sistema consiste na identificação de perigos associados ao processo e a definição de Pontos Críticos de Controle, assim como os limites para os parâmetros e a forma de monitoramento e controle.

No Brasil a implementação do Sistema de APPCC para a indústria alimentícia é compulsória, buscando-se a proteção do consumidor. A Portaria nº 1428 de 26 de novembro de 1993 apresenta as diretrizes para o estabelecimento de Boas Práticas de Produção e Serviços na área de alimentos, utilizando o Sistema de APPCC como critério de avaliação.

O Plano de APPCC consiste na aplicação de 7 Princípios:

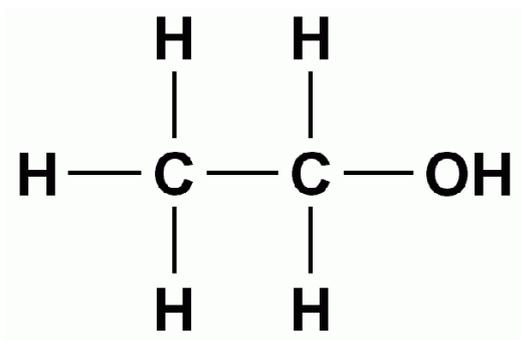
1. Análise de Riscos;
2. Determinação de Pontos Críticos de Controle;
3. Determinação de Limites Críticos;
4. Determinação de Procedimentos de Monitoramento;
5. Determinação de Ações Corretivas;
6. Criação de Procedimentos de Verificação;
7. Documentação e Manutenção de Registros.

A partir da aplicação dos princípios supracitados é possível garantir que o alimento comercializado é seguro, sem potencial de causar danos ao consumidor.

2.4 – Etanol

O etanol é um composto químico do grupo orgânico dos álcoois, em que um grupo hidroxila é ligado diretamente a um carbono saturado. O etanol ou álcool etílico é o álcool mais conhecido e é representado pela fórmula química C_2H_5OH . Sua estrutura molecular pode ser visualizada abaixo, na Figura 2.1.

Figura 2.1: Estrutura molecular do etanol.



Fonte: Arquivo Pessoal

Analisando-se o etanol de forma macromolecular, pode-se encontrar um composto de aspecto líquido incolor solúvel em qualquer proporção (LOPES, 2011). Outras propriedades físico-químicas do álcool etílico podem ser encontradas abaixo, na Quadro 2.1.

Quadro 2.1: Propriedades físico-químicas do etanol.

Ponto de Fusão	-114,3 °C
Ponto de Ebulição	78,4 °C
Massa molecular	46,06 g mol ⁻¹
Densidade (puro a 25 °C)	789 g cm ⁻³
pH	Entre 6 e 8

Fonte: Novacana

Comercialmente o etanol é classificado de acordo com suas especificações técnicas, desde o grau alcoólico (GL), sua acidez, condutividade e concentração de outros compostos como aldeídos e ésteres. Segue abaixo, na Quadro 2.2, os principais tipos de etanol comercial e suas respectivas especificações técnicas.

Quadro 2.2: Especificações comerciais do etanol neutro, industrial e anidro combustível.

Especificação	Tipo de Etanol		
	Etanol Neutro	Etanol Industrial	Etanol Anidro Combustível
Massa Específica a 20°C, em g/mL	0,8071	0,8076	0,7915
Grau alcoólico, % v/v mínimo	96,1	96,0	99,6
Acidez (em ácido acético), mg/L máximo	10	30	30
Condutividade, μ S/m máximo	50	300	500
Acetal, mg/L	Não detectável	-	-
Acetona, mg/L	Não detectável	-	-
Crotonaldeído, mg/L	Não detectável	-	-
Álcoois superiores, mg/L máximo	5	60	-
Aspecto	Límpido e isento de materiais em suspensão	Límpido e isento de materiais em suspensão	Límpido e isento de impurezas
Teste Sensorial	Livre de odores	-	-

Fonte: Zaperlon, 2008

2.4.1 – Produção de Etanol

A produção industrial de etanol é realizada a partir de duas vias: a síntese a partir de compostos químicos diversos e a fermentação de açúcares. A proporção de volume produzido via síntese em comparação com o volume total produzido é muito baixa, sendo a rota fermentativa a consolidada em todo o mundo (LOPES, 2011).

A rota fermentativa ocorre a partir da utilização de soluções açucaradas de diversas origens, entre elas:

- a) cana de açúcar e beterraba, de origem sacarídea;
- b) milho e batata, de origem amilácea;
- c) madeira e bagaço de cana, de origem lignocelulósica.

No Brasil, a cana-de-açúcar é a principal matéria-prima para a produção do etanol, sendo a concentração de produção localizada no estado de São Paulo, representando 60% do volume total produzido (RAIZEN, 2022). Apesar de alguns parques bioenergéticos utilizarem o milho como matéria-prima, o processo produtivo é mais caro devido à necessidade de hidrolisar o amido de milho para obtenção da solução açucarada passível de fermentação, além da menor produtividade por área plantada. O etanol de cana possui produtividade máxima de 8 m³/ha (metros cúbicos por hectare) contra 3,5 m³/ha do milho (JORNAL DO CARRO, 2019).

2.4.2 – Produção de Etanol de Cana

A produção do etanol a partir da cana inicia-se com a extração do caldo com posterior fermentação e destilação. Também é possível iniciar-se o processo com o melaço oriundo da fabricação de açúcar, como pode ser observado abaixo, na Figura 2.2.

Figura 2.2: Fluxograma de produção de etanol.

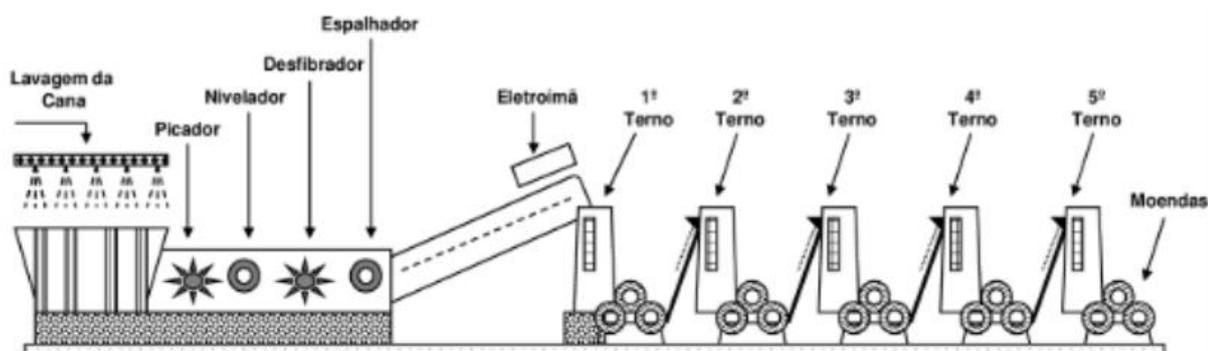


Fonte: LOPES, 2011

2.4.3 – Extração do Caldo

A extração do caldo da cana é realizada geralmente através da moagem, constituída pela separação do bagaço e do caldo a partir da pressão mecânica de rolos sob a cana (EMBRAPA, 2022). Segue abaixo, na figura 2.3, o Fluxograma de Extração da Cana-de-Açúcar.

Figura 2.3: Fluxograma de Extração da Cana-de-Açúcar.



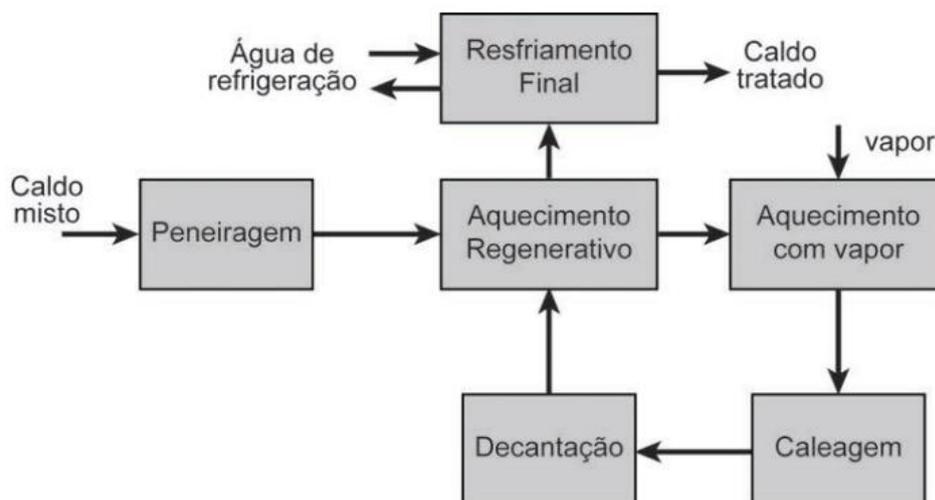
Fonte: Campaner, 2019

A utilização de diversos ternos em série ocorre devido à baixa eficiência da extração a partir da moenda, sendo necessária a adição de uma etapa de embebição para aumentar a quantidade de caldo extraído, também aumentando-se o consumo de água pelo parque bioenergético (PAYNE, 1982). Após a extração é realizado o tratamento do caldo, preparando-o para a fermentação.

2.4.4 – Tratamento do Caldo

O tratamento de caldo tem como finalidade o preparo do caldo para a fermentação, sendo composto por uma série de tratamentos físico-químicos que irão eliminar partículas em suspensão, compostos não fermentescíveis e outros compostos prejudiciais à eficiência do processo e à integridade dos equipamentos (LOPES, 2011). Segue abaixo, na Figura 2.4, o Fluxograma de Tratamento de Caldo.

Figura 2.4: Fluxograma do Tratamento de Caldo.



Fonte: LOPES, 2011

A finalidade de cada uma das etapas pode ser visualizada abaixo, no Quadro 2.3.

Quadro 2.3: Finalidade das Etapas do Tratamento de Caldo.

Etapas	Finalidade
Peneiragem	Eliminação de partículas grosseiras em suspensão (areia, argila, bagacilho, etc.)
Caleagem	Eliminação de corantes, neutralização de ácidos orgânicos, sedimentação de impurezas e ajuste de pH.
Decantação	Retirada do material floculado (lodo, torta de filtro)

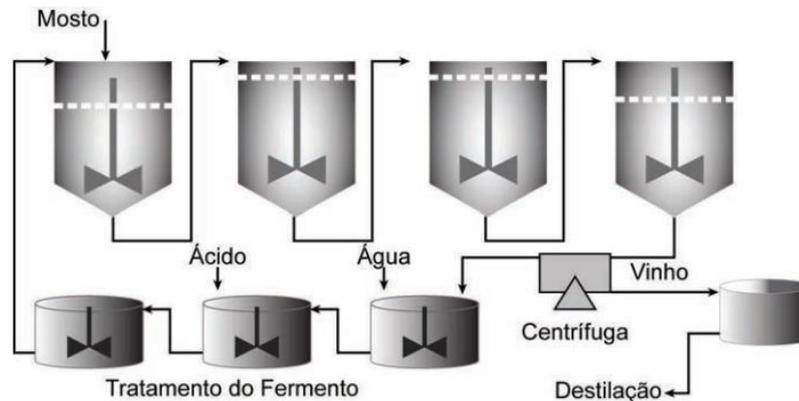
Fonte: LOPES, 2011

Após o tratamento do caldo é obtido o mosto, solução apta a ser fermentada.

2.4.5 – Fermentação

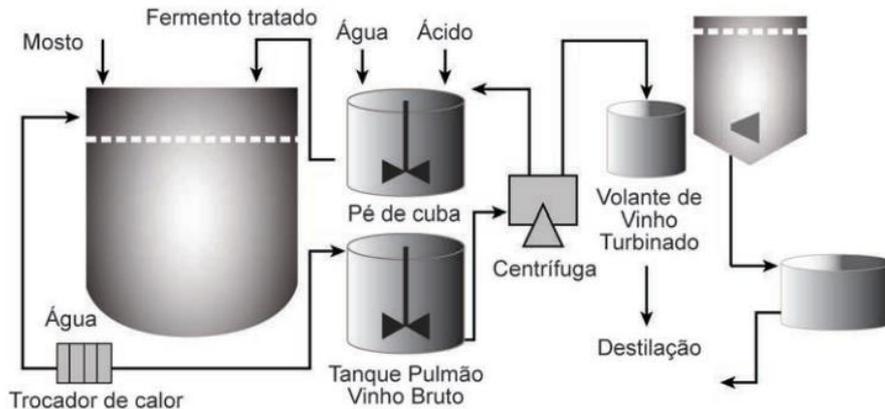
A fermentação industrial é realizada através do processo Melle-Boinot, que consiste na fermentação associada à reutilização do fermento. Essa rota fermentativa pode ser realizada em regime contínuo ou batelada. Segue abaixo, nas Figuras 2.5 e 2.6, os fluxogramas de fermentação de Melle-Boinot em regime contínuo e batelada, respectivamente.

Figura 2.5: Fluxograma de Fermentação Contínua.



Fonte: LOPES, 2011

Figura 2.6: Fluxograma de Fermentação em Batelada.



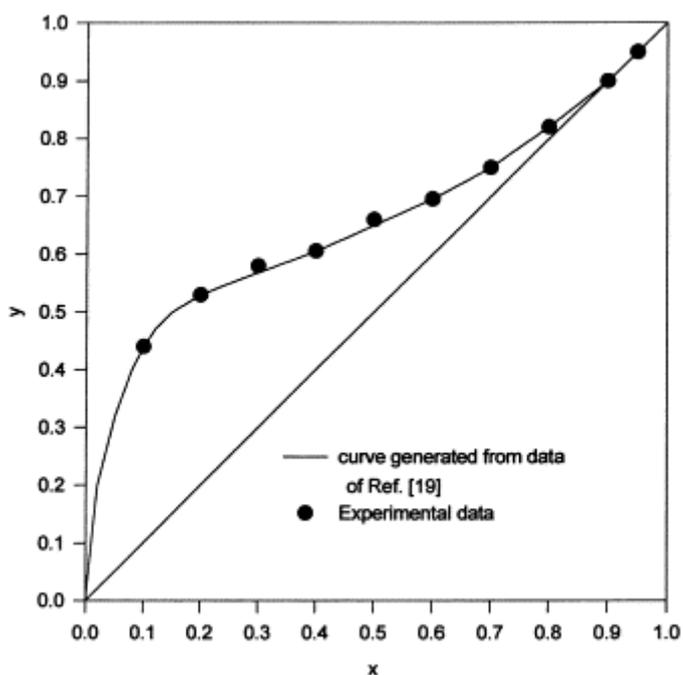
Fonte: LOPES, 2011

A fermentação ocorre nas dornas de fermentação com a temperatura do processo ajustada na faixa de 28 a 30°C, atentando-se para o limite de 32°C, já que utilizam-se leveduras para a condução do processo e temperaturas elevadas podem prejudicar a eficiência através da condução do fermento à morte celular (PATRASCU, 2009). Após a fermentação é obtido o vinho, que por sua vez é enviado às centrífugas para a extração do fermento, formando-se o vinho de levedurados. O fermento é destinado à cuba de tratamento para reutilização enquanto o vinho de levedurados (concentração próxima de 7,5%) destina-se às colunas de destilação (LIMA et. al, 2002).

2.4.6 – Destilação

A destilação tem o intuito de concentrar o etanol, chegando a valores superiores a 90°GL, de acordo com o tipo de etanol a ser comercializado. Além da concentração do etanol na solução, a destilação também tem a finalidade de separar impurezas como o metanol, álcoois amílicos e outros compostos (LOPES, 2011). A mistura entre o etanol e a água formam uma mistura azeotrópica, ou seja, em determinada composição o ponto de ebulição torna-se constante, não sendo possível obter maiores graus de purificação por destilação. Esse comportamento pode ser visualizado na Figura 2.7 abaixo, que apresenta o diagrama líquido-vapor da mistura entre etanol e água.

Figura 2.7: Diagrama líquido-vapor da mistura de etanol e água.

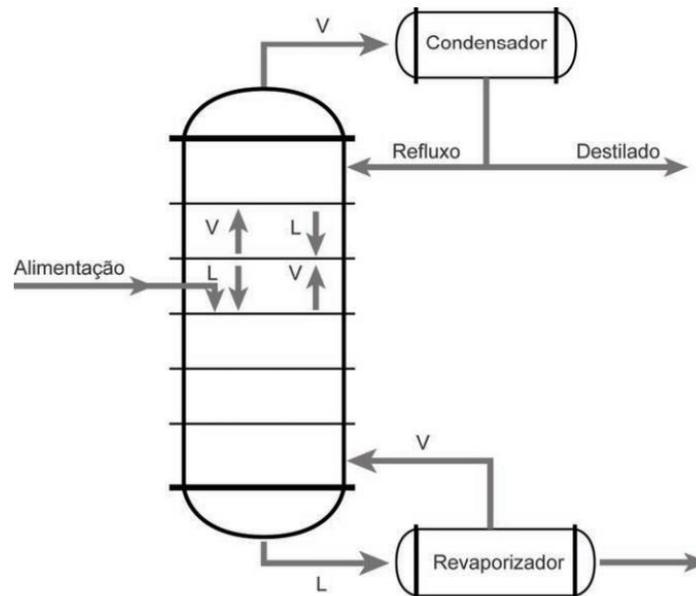


Fonte: Banat, 200

Como pode ser observado no diagrama líquido-vapor, o ponto de intersecção entre as curva de equilíbrio e a curva da solução real é o ponto de azeotropia, em que o vapor produzido possui concentração igual ao líquido, não sendo possível a purificação. O ponto de azeotropia para a mistura etanol-água ocorre ao atingir-se a proporção de 95,6% de etanol em peso.

A destilação do etanol ocorre geralmente em regime contínuo através de colunas de destilação compostas por diversos pratos. A solução é aquecida visando-se a evaporação e posterior retirada de vapor de etanol concentrado no topo da coluna. Na Figura 2.8 é possível observar o esquema de uma coluna de destilação de pratos com condensador e revaporizador acoplados.

Figura 2.8: Coluna de destilação de pratos.



Fonte: LOPES, 2011

A concentração máxima que pode ser obtida é a de 96°GL (ou 95,6% em peso), sendo necessário a implementação de operações adicionais para a obtenção de maior pureza. O etanol anidro, seja ele o de uso industrial ou o neutro, passa por algum dos seguintes processos:

- a) desidratação azeotrópica;
- b) desidratação extrativa;
- c) desidratação por peneira molecular.

De acordo com Lopes (2011), não existe vantagem processual significativa entre os métodos de desidratação, sendo escolhidos de acordo com as necessidades específicas de cada produtor. Etapas adicionais são inseridas no setor de destilação de acordo com a especificação do etanol a ser comercializado, como por exemplo a inserção de coluna de repasse para a remoção de impurezas do etanol neutro.

3 - METODOLOGIA

O processo de implantação do Plano de APPCC estudado neste trabalho foi realizado com base nas diretrizes do *Codex Alimentarius*, conjunto de normas, padrões e regulamentos difundidos pela Comissão do Codex Alimentarius, oriunda da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO/ONU).

A implantação seguiu uma sequência lógica de etapas visando-se trazer maior entendimento aos elaboradores acerca do Plano de APPCC e auxiliar na execução e gestão das atividades. As etapas serão aplicadas aos processos de fermentação e destilação por completo, considerando as matérias primas, insumos, materiais de contato e etapas pertinentes a essas operações.

O Plano de APPCC foi implantado durante o último trimestre de 2022 e, anteriormente a esse período, foi realizada a análise de Pré-Requisitos, condições básicas de operação e procedimentos mínimos para a manutenção de um ambiente limpo e seguro para a produção do etanol neutro. Já implantadas, as Boas Práticas de Fabricação (BPF) e os procedimentos padrão de higiene operacional (PPHO) são a base para a implantação do APPCC, já que regulam itens como análises laboratoriais de utilidades, gestão de resíduos, limpeza de área e equipamentos, manejo de pragas, entre outros.

3.1 - Formação da Equipe de APPCC

Para a elaboração do Plano de APPCC, deverá ser formada uma equipe multidisciplinar com capacitação técnica ou a partir da contratação de consultoria externa.

3.2 - Descrição do Produto

Descrição das informações pertinentes do produto, como a composição, propriedades físico-químicas, condições de estocagem, usos, entre outros.

3.3 - Elaboração do Fluxograma

Criação de um fluxograma de processo com as operações pelas quais as matérias primas passam até a obtenção do produto final, incluindo-se as etapas anteriores e posteriores.

3.4 - Aplicação dos 7 Princípios da APPCC

Princípio 1 - Análise de Riscos: Levantamento de todos os perigos associados às operações realizadas durante a produção do etanol neutro com posterior análise de riscos.

Princípio 2 - Determinação de Pontos Críticos de Controle: Após a aplicação do Princípio 1, verificar se os perigos levantados já são controlados e, caso contrário, implementar medidas de controle. Determinar se as etapas de controle são Pontos Críticos de Controle.

Princípio 3 - Determinação de Limites Críticos: A partir dos Pontos Críticos de Controle determinados na execução do Princípio 2, deverão ser estipulados os Limites Críticos de cada PCC. Os limites críticos serão os valores mínimos e/ou máximos de parâmetros como temperatura, pressão, pH, entre outros.

Princípio 4 - Determinação de Procedimentos de Monitoramento: Definidos os Limites Críticos, deverão ser criados Procedimentos de Monitoramento para a observação dos parâmetros de processo a serem controlados e se eles permanecem controlados, criando-se formulários ou sistemas de monitoramento.

Princípio 5 - Determinação de Ações Corretivas: Caso os parâmetros de processo a serem controlados pelo PCC sofram desvios quanto aos Limites Críticos, Ações Corretivas devem ser realizadas visando-se controlar o processo novamente. As ações corretivas de cada PCC serão criadas aplicando-se o 5º Princípio.

Princípio 6 - Criação de Procedimentos de Verificação: Visando-se atestar que o Plano de APPCC implementado possui eficácia e evita com que os perigos contaminem o produto final, será estabelecido um Procedimento de Verificação, analisando-se todos os itens do Plano.

Princípio 7 - Documentação e Manutenção de Registros: Todos os procedimentos do Plano de APPCC deverão ser documentados, auxiliando no monitoramento do processo e facilitando futuras verificações. Serão utilizados documentos semelhantes aos já existentes na organização, seguindo-se os mesmos modelos.

4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 - Formação da Equipe de APPCC

A implementação do Plano de APPCC abordará matérias primas, insumos, materiais, equipamentos e operações unitárias que necessitam de amplo conhecimento técnico e experiência com a operação do processo de maneira integral (qualidade assegurada, operação e produção, engenharia e conhecimentos adicionais como logística, gestão de fornecedores, microbiologistas, etc). O Plano de APPCC é um procedimento que necessita de empenho e conhecimento de todos os envolvidos, fazendo-se necessário o treinamento prévio à implementação e um treinamento específico sobre a operação do Plano após a sua finalização (MORTIMORE, 2013). A seguir, no Quadro 4.1, encontram-se os pré-requisitos para cada função dentro da Equipe de APPCC.

Quadro 4.1: Conhecimentos necessários por função na Equipe de APPCC.

Grupo	Experiência e Treinamentos
Gerenciamento Sênior	Conhecimentos acerca dos princípios de APPCC e a relação com os alimentos Entendimento dos pré-requisitos de treinamento para Segurança de Alimentos Entendimento da importância da participação de todos os membros da Equipe Conhecimento acerca da associação entre APPCC e outras técnicas de Gestão da Qualidade Entendimento da necessidade do Plano de APPCC e seu desenvolvimento prático
Líder da Equipe de APPCC	Conhecimentos acerca dos princípios de APPCC Conhecimento dos requisitos legais e regulatórios suportados pelo Plano de APPCC Conhecer o Programa de Pré Requisitos (PPR) e sua relação com APPCC Habilidade de planejamento efetivo de um Plano de APPCC Conhecimentos de Gestão de Equipe de Segurança de Alimentos Conhecimento de aplicação prática dos princípios do APPCC Conhecimento de implementação, gerenciamento e melhorias do Plano de APPCC
Membros da Equipe de APPCC	Justificativa da necessidade de um Plano de APPCC Identificar etapas críticas dos processos em que estão responsáveis Listar e entender os princípios do APPCC Descrever como os perigos foram identificados e as medidas de controle para cada um deles Identificar PCC's e Limites Críticos Desenvolver procedimentos de monitoramento para os PCC's e explicar o motivo das ações corretivas

Fonte: Adaptado de Mortimore (2013)

A Equipe de APPCC formada para a implantação do Plano foi constituída de funcionários de diversos níveis hierárquicos da organização, com distintas funções, formações técnicas e experiências. Segue abaixo no QUADRO 4.2 o descritivo da equipe formada e o grupo em que estão inseridas.

Quadro 4.2: Grupo e Membros da Equipe de APPCC

Grupo	Função
Gerenciamento Sênior	Analista de Qualidade (Corporativo)
Líder da Equipe de APPCC	Analista de Processos Industriais
Membros da Equipe de APPCC	Supervisor de Produção
	Gestor de Operações
	Supervisor de Manutenção
	Supervisor de Operações
	Supervisor de Qualidade
	Engenheiro de Segurança do Trabalho
	Almoxarife
	Operador de Caldeira

Fonte: Arquivo Pessoal

A partir da formação da Equipe, responsáveis foram estipulados para cada uma das seguintes etapas, visando-se garantir que cada uma delas fosse executada por um funcionário capacitado.

4.2 - Descrição do Produto

Após a formação da Equipe de APPCC, a primeira tarefa a ser realizada é a descrição do produto. A descrição deverá ser completa, contemplando a composição, as propriedades físico-químicas e biológicas, dados de aditivos, armazenamento e distribuição (OPA et. al, 2006).

A Companhia possui outros parques de bioenergia que produzem o etanol hidratado neutro, portanto existem Fichas de Informações de Segurança de Produto Químico (FISPQ) e Especificações de Produto que contemplam todos os dados necessários para a descrição do produto, entre eles:

1. Identificação do Produto e da Empresa;
2. Identificação de Perigos;
3. Composição e Ingredientes;
4. Medidas de Primeiros Socorros;
5. Medidas de Combate a Incêndio;
6. Medidas de Controle para Derramamento e Vazamento;
7. Manuseio e Armazenamento;
8. Controle de Exposição e Proteção Individual;
9. Propriedades Físicas e Químicas;
10. Estabilidade e Reatividade;
11. Informações Toxicológicas;
12. Informações Ecológicas;

13. Considerações acerca do Destino Final;
14. Informações sobre o Transporte;
15. Informações sobre Regulamentações;
16. Parâmetros e Especificações de Aceitação;
17. Legendas, Siglas e Referências Bibliográficas;

Dessa maneira, foi incluído no Plano de APPCC uma seção com as descrições do produto e em quais documentos elas podem ser encontradas. Segue abaixo a FIGURA 4.1 com a seção do Plano de APPCC com a relação entre a descrição e o documento associado.

Figura 4.1: Descrição do produto e documento associado

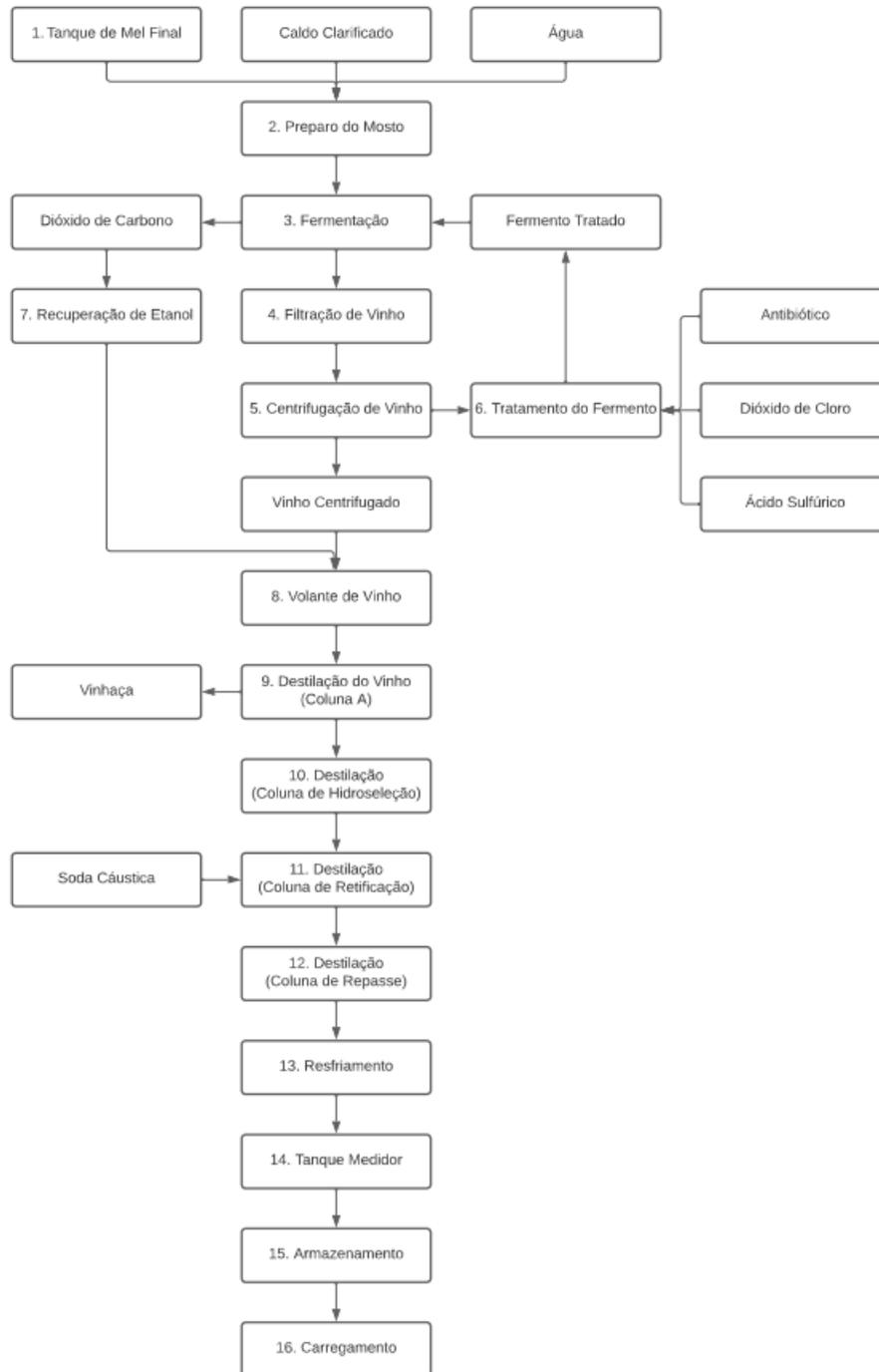
IDENTIFICAÇÃO DO PRODUTO FINAL	
	Dados do produto
	Identificação do Produto e da Empresa
	Identificação de Perigos
	Composição e Ingredientes
	Medidas de Primeiros Socorros
	Medidas de Combate a Incêndio
	Medidas de Controle para Derramamento e Vazamento
	Manuseio e Armazenamento
	Controle de Exposição e Proteção Individual
	Propriedades Físicas e Químicas
	Estabilidade e Reatividade
	Informações Toxicológicas
	Informações Ecológicas
	Considerações acerca do Destino Final
	Informações sobre o Transporte
	Informações sobre Regulamentações
Especificação de Produto	Parâmetros e Especificações de Aceitação (aspecto, odor, teor alcoólico, acidez, entre outros)

Fonte: Arquivo Pessoal

4.3 - Elaboração do Fluxograma

Buscando-se dividir o processo em diversas etapas e facilitar a posterior aplicação dos 7 Princípios da APPCC, é necessário a elaboração do fluxograma do processo. O fluxograma deverá abordar todas as operações realizadas para se obter o produto final, além das etapas anteriores e posteriores (OPA et al, 2006). Segue abaixo, na FIGURA 4.2, o fluxograma do processo de fabricação do etanol hidratado neutro.

Figura 4.2: Fluxograma de Produção de Etanol Hidratado Neutro



Fonte: Arquivo Pessoal

Além disso, todas as operações foram descritas quanto à atividade realizada e o detalhamento acerca de sua execução. Segue abaixo o descritivo das etapas, no QUADRO 4.3:

Quadro 4.3: Descrição das etapas de produção do etanol neutro
(continua).

Número da Etapa	Etapa do Processo	Atividade	Detalhamento da Etapa
1	Tanque de Mel Final	Estocagem do Mel Final	Mel Final é armazenado em três tanques.
2	Preparo do Mosto	Preparo do Mosto para a Fermentação	Preparo do Mosto através da mistura entre o caldo, mel e água (se necessário).
3	Fermentação	Transformação do açúcar à etanol através da utilização de leveduras	Produção do etanol a partir do mosto e do fermento tratado nas dornas de fermentação.
4	Filtração do Vinho	Filtragem do Vinho Bruto	Filtragem do vinho para retirada de impurezas.
5	Centrifugação do Vinho	Separação do Fermento do Vinho	Separação do vinho volante do fermento. Fermento é enviado para o Tratamento de Fermento e o vinho volante é enviado para a Volante de Vinho.
6	Tratamento do Fermento	Tratamento do Fermento após Centrifugação	Tratamento do Fermento para reutilização no processo.
7	Recuperação do Etanol	Recuperação de Etanol na coluna de CO ₂	Recuperação do Etanol arrastado pelo CO ₂ gerado no processo.
8	Volante de Vinho	Estocar o vinho centrifugado nas dornas volantes	Estocagem do vinho volante para posterior alimentação nas colunas de destilação.
9	Destilação do Vinho (coluna A)	Separar a vinhaça do etanol e retirar impurezas	Retirada da vinhaça do etanol na Coluna A e destilação até o grau alcoólico de 60°.
10	Destilação (Coluna de Hidroseleção)	Lavagem do álcool e remoção de impurezas	Misturar entre etanol 60 GA, água potável e flegmaça para diluição dos contaminantes (óleo fúsel e subprodutos).
11	Destilação (Coluna de Retificação)	Concentração da Solução Alcoólica	Álcool obtido na hidroseleção é enviado à coluna de retificação, destilando-o até a faixa de 96,4 e 96,7 GA. Soda cáustica é inserida para neutralização e outros contaminantes são retirados.
12	Destilação (Coluna de Repasse)	Retirada do Metanol	Extração do metanol presente na solução alcoólica obtida após a retificação.
13	Resfriamento	Resfriamento do Etanol	Resfriamento através de trocador de calor e envio ao tanque medidor.

Quadro 4.3: Descrição das etapas de produção do etanol neutro (conclusão).

Número da Etapa	Etapa do Processo	Atividade	Detalhamento da Etapa
14	Tanque Medidor	Análises Laboratoriais	Armazenamento do etanol neutro produzido e retirada de amostra para análise. O etanol pode ser enviado ao tanque de etanol hidratado neutro, etanol hidratado extra neutro ou reprocessado.
15	Armazenamento	Estocagem do produto final	Armazenamento do etanol produzido em tanques para carregamento.
16	Carregamento	Carregar caminhões para envio do produto.	Carregamento dos caminhões para o envio aos clientes finais.

Fonte: Arquivo Pessoal.

4.4 - Aplicação dos 7 Princípios da APPCC

Após o levantamento de todas as informações e detalhamento das etapas do processo a Aplicação dos 7 Princípios torna-se mais efetiva, já que é possível realizar a análise de riscos e as próximas demandas parte a parte. A seguir encontram-se os resultados obtidos durante a aplicação de cada um dos 7 Princípios e a discussão acerca deles.

4.4.1 - Identificação de Perigos e Análise de Riscos

A Análise de Riscos propõe a identificação de perigos inerentes aos processos de manipulação do alimento quanto à criticidade e probabilidade de ocorrência. Os perigos são quaisquer fontes de contaminação do alimento, seja ela biológica, física ou química, e estão presentes em todas as etapas, mesmo que em baixa probabilidade ou criticidade.

Em Equipes de APPCC que não possuem experiência prática com a identificação de perigos e análise de riscos, sugere-se que todos os perigos em potencial sejam identificados antes de analisá-los e propor métodos de controle (Mortimore, 2013).

4.4.1.1 - Identificação de Perigos

Os perigos associados ao produto foram identificados e classificados de acordo com a sua origem, seja ela oriunda de embalagens, ingredientes, matérias primas, materiais de contato ou etapas do processo. Os perigos foram compilados de acordo com a sua origem e podem ser observados a seguir, de acordo com o tipo de perigo (químico, físico, biológico ou radiológico), sua origem

(equipamento/processo, utilidades/serviços, ambiente de processamento ou contato humano). Além disso foi realizada a descrição do perigo, sendo considerados “Não Identificados” os perigos que não possuem histórico de ocorrência no processo.

4.4.1.1.1 Perigos de Matérias Primas

Os perigos das matérias primas se referem aos materiais que são utilizados no processo de obtenção do etanol neutro, o mel final e a levedura seca. Segue abaixo, no QUADRO 4.4, os Perigos das Matérias Primas.

Quadro 4.4: Perigos das matérias primas (continua).

Item	Origem do Perigo	Tipo de perigo	Descrição do perigo
Mel final	Equipamento de Processo / Processo	Químico	Sulfito (alergênico / sensibilizante)
		Físico	Fragmento de Metal
		Biológico	Contaminação bacteriana ex: <i>Candida</i> , <i>Candida parapsilosis</i> , <i>Pichia pastoris</i> , <i>Torula</i> , <i>Pichia pastoris</i> , <i>Bacillus</i> , <i>Escherichia Coli</i>
		Radiológico	Não há perigo identificado
	Utilidades e Serviços	Químico	
		Físico	
		Biológico	
		Radiológico	
	Ambiente Processamento	Químico	
		Físico	
		Biológico	
		Radiológico	
	Contato Humano	Químico	
		Físico	
Biológico			

Quadro 4.4: Perigos das matérias primas (conclusão).

Item	Origem do Perigo	Tipo de perigo	Descrição do perigo
Levedura seca	Ambiente Processamento	Químico	Não há perigo identificado Não há perigo identificado
		Físico	
		Biológico	
		Radiológico	
	Contato Humano	Químico	
		Físico	
		Biológico	
		Radiológico	
Levedura seca	Equipamento de Processo / Processo	Químico	
		Físico	
		Biológico	
		Radiológico	
	Utilidades e Serviços	Químico	Fragmentos de metal oriundos do fornecedor.
		Físico	
		Biológico	Não há perigo identificado
		Radiológico	

Fonte: Arquivo Pessoal.

4.4.1.1.2 - Perigos de Ingredientes

Os perigos dos ingredientes se referem aos materiais utilizados de maneira secundária para controle de parâmetros do processo e adequação dos meios reativos. Grande parte dos agentes como bactericidas e nutrientes são utilizados durante a etapa de Preparo do Fermento, evitando riscos biológicos. Segue abaixo, no QUADRO 4.5, os Perigos dos Ingredientes.

Quadro 4.5: Perigos dos ingredientes (continua).

Item	Origem do Perigo	Tipo de perigo	Descrição do perigo
Ácido Sulfúrico	Equipamento de Processo / Processo	Químico	Não há perigo identificado
		Físico	
		Biológico	
		Radiológico	
	Utilidades/Serviços	Químico	Metais Pesados
		Físico	Fragmentos de Metal
		Biológico	
		Radiológico	
	Ambiente Processamento	Químico	
		Físico	
		Biológico	
		Radiológico	
Pessoal	Químico		
	Físico		
	Biológico		
	Radiológico		
Soda Cáustica	Equipamento de Processo / Processo	Químico	Não há perigo identificado
		Físico	
		Biológico	
		Radiológico	
	Utilidades/Serviços	Químico	
		Físico	
		Biológico	
		Radiológico	
	Ambiente Processamento	Químico	
		Físico	
		Biológico	
		Radiológico	
	Pessoal	Químico	
		Físico	
		Biológico	
		Radiológico	
Antiespumante	Equipamento de Processo / Processo	Químico	
		Físico	
		Biológico	
		Radiológico	

Quadro 4.5: Perigos dos ingredientes (continua).

Item	Origem do Perigo	Tipo de perigo	Descrição do perigo
Antiespumante	Utilidades/Serviços	Químico	Não há perigo identificado
		Físico	Fragmentos de Metal
		Biológico	Não há perigo identificado
		Radiológico	Não há perigo identificado
	Ambiente Processamento	Químico	
		Físico	
		Biológico	
		Radiológico	
	Pessoal	Químico	
		Físico	
		Biológico	
		Radiológico	
Dispersante	Equipamento de Processo / Processo	Químico	Não há perigo identificado
		Físico	
		Biológico	
		Radiológico	
	Utilidades/Serviços	Químico	Fragmentos de Metal
		Físico	
		Biológico	
		Radiológico	
	Ambiente Processamento	Químico	Não há perigo identificado
		Físico	
		Biológico	
		Radiológico	
	Pessoal	Químico	
		Físico	
		Biológico	
		Radiológico	
Biocida (Oxicloro)	Equipamento de Processo / Processo	Químico	Não há perigo identificado
		Físico	
		Biológico	
		Radiológico	
	Utilidades/Serviços	Químico	
		Físico	
		Biológico	
		Radiológico	

Quadro 4.5: Perigos dos ingredientes (continua).

Item	Origem do Perigo	Tipo de perigo	Descrição do perigo
Biocida (Oxicloro)	Pessoal	Químico	Não há perigo identificado
		Físico	
		Biológico	
		Radiológico	
Nutriente	Equipamento de Processo / Processo	Químico	
		Físico	
		Biológico	
		Radiológico	
	Utilidades/Serviços	Químico	
		Físico	
		Biológico	
		Radiológico	
	Ambiente Processamento	Químico	
		Físico	
		Biológico	
		Radiológico	
Nutriente	Pessoal	Químico	
		Físico	
		Biológico	
		Radiológico	
Antimicrobiano	Equipamento de Processo / Processo	Químico	
		Físico	
		Biológico	
		Radiológico	
	Utilidades/Serviços	Químico	
		Físico	
		Biológico	
		Radiológico	
	Ambiente Processamento	Químico	
		Físico	
		Biológico	
		Radiológico	

Quadro 4.5: Perigos dos ingredientes (continua).

Item	Origem do Perigo	Tipo de perigo	Descrição do perigo
Bactericida	Equipamento de Processo / Processo	Químico	Não há perigo identificado
		Físico	
		Biológico	
		Radiológico	
	Utilidades/Serviços	Químico	
		Físico	
		Biológico	
		Radiológico	
	Ambiente Processamento	Químico	
		Físico	
		Biológico	
		Radiológico	
	Pessoal	Químico	
		Físico	
		Biológico	
		Radiológico	
Vapor de Escape	Equipamento de Processo / Processo	Químico	
		Físico	
		Biológico	
		Radiológico	
	Utilidades/Serviços	Químico	
		Físico	
		Biológico	
		Radiológico	
	Ambiente Processamento	Químico	
		Físico	
		Biológico	
		Radiológico	
	Pessoal	Químico	
		Físico	
		Biológico	
		Radiológico	

Quadro 4.5: Perigos dos ingredientes (continua).

Item	Origem do Perigo	Tipo de perigo	Descrição do perigo
Vapor Vegetal	Equipamento de Processo / Processo	Químico	Não há perigo identificado
		Físico	
		Biológico	
		Radiológico	
	Utilidades/Serviços	Químico	
		Físico	
		Biológico	
		Radiológico	
	Ambiente Processamento	Químico	
		Físico	
		Biológico	
		Radiológico	
Pessoal	Químico		
	Físico		
	Biológico		
	Radiológico		
Água Tratada	Equipamento de Processo / Processo	Químico	Metais pesados
		Físico	Não há perigo identificado
		Biológico	Coliformes (45°C)
		Radiológico	Não há perigo identificado
	Utilidades/Serviços	Químico	Não há perigo identificado
		Físico	
		Biológico	
		Radiológico	
	Ambiente Processamento	Químico	
		Físico	
		Biológico	
		Radiológico	
Pessoal	Químico		
	Físico		
	Biológico		
	Radiológico		

Quadro 4.5: Perigos dos ingredientes (conclusão).

Item	Origem do Perigo	Tipo de perigo	Descrição do perigo
Hipoclorito de Sódio	Equipamento de Processo / Processo	Químico	Não há perigo identificado
		Físico	Embalagens com avarias: Contaminação por fuligem, madeira, poeira, insetos.
		Biológico	Não há perigo identificado
		Radiológico	
	Utilidades/Serviços	Químico	
		Físico	
		Biológico	
		Radiológico	
	Ambiente Processamento	Químico	
		Físico	
		Biológico	
		Radiológico	
	Pessoal	Químico	
		Físico	
		Biológico	
		Radiológico	

Fonte: Arquivo Pessoal.

4.4.1.1.3 - Perigos de Materiais de Contato

Os perigos dos Materiais de Contato tratam-se dos perigos associados aos materiais dos equipamentos utilizados no processo. A RDC n.20/2007 implica que deve ser utilizado aço ou ligas inoxidáveis para a construção dos equipamentos que entram em contato direto com o alimento.

O aço carbono não deve ser utilizado em sua forma pura, todavia, de acordo com o item 3.1.5 da RDC n.20/2007, é possível utilizar “Aço não revestido (chapa negra) protegida em toda sua superfície com revestimentos poliméricos, em louças, vitrificados ou esmaltados”. Dessa maneira, será utilizado o aço carbono revestido. Segue abaixo, no QUADRO 4.6, os Perigos dos Materiais de Contato.

Quadro 4.6: Perigos dos Materiais de Contato.

Item	Origem do Perigo	Tipo de perigo	Descrição do perigo
Aço Carbono	Equipamento de Processo / Processo	Químico	Não há perigo identificado
		Físico	
		Biológico	
		Radiológico	
	Utilidades/Serviços	Químico	
		Físico	
		Biológico	
		Radiológico	
	Ambiente Processamento	Químico	
		Físico	
		Biológico	
		Radiológico	
	Pessoal	Químico	
		Físico	
		Biológico	
		Radiológico	

Fonte: Arquivo Pessoal.

4.4.1.1.4 - Perigos das Etapas

Os perigos das etapas surgem a partir da realização de operações unitárias para processamento do mel final até a obtenção do etanol neutro, já que uma série de alterações será realizada na matéria prima.

Os principais perigos que surgem antes da etapa de destilação são físicos e biológicos, sendo o físico a contaminação por partículas metálicas que podem ser acumuladas durante a adição de insumos ou oriundos do mel final. Existe um grande risco de contaminação bacteriana, principalmente por organismos dos gêneros *Lactobacillus*, *Bacillus* e *Leuconostoc* (Cecatto-Antonini, 2012).

Após a alimentação do vinho na destilaria, o risco físico de contaminação por partículas metálicas continua ocorrendo, todavia os riscos biológicos já não são mais identificados. Em contrapartida, durante a destilação uma série de riscos químicos associados à presença de compostos orgânicos são identificados, entre eles o acetaldeído (C₂H₄O), crotonaldeído (C₄H₆O), ésteres, metanol (CH₄O) e álcoois superiores (Zaperol, 2008). Segue abaixo, no QUADRO 4.7, os Perigos das Etapas.

Quadro 4.7: Perigos das Etapas (continua).

Etapa	Atividade	Tipo de perigo	Descrição do perigo
Tanque de Mel Final	Estocar Mel Final	Químico	Não há perigo identificado
		Físico	Partícula metálica
		Biológico	Contaminação bacteriana
Preparo do Mosto	Preparar o mosto para a fermentação	Químico	Não há perigo identificado
		Físico	Partícula metálica
		Biológico	Contaminação bacteriana
Fermentação	Transformação dos açúcares do mel em etanol por meio de ação das leveduras	Químico	Não há perigo identificado
		Físico	Partícula metálica
		Biológico	Contaminação bacteriana
Filtração do Vinho	Filtrar o vinho para retirada de material particulado	Químico	Não há perigo identificado
		Físico	Partícula metálica
		Biológico	Não há perigo identificado
Centrifugação do Vinho	Separação do fermento e do vinho	Químico	Não há perigo identificado
		Físico	Partícula metálica
		Biológico	Contaminação bacteriana
Tratamento do Fermento	Tratar o levedo para retornar ao processo	Químico	Não há perigo identificado
		Físico	Partícula metálica
		Biológico	Contaminação bacteriana
Recuperação de Etanol	Recuperar etanol na coluna de CO ₂	Químico	Não há perigo identificado
		Físico	Partícula metálica
		Biológico	Não há perigo identificado
Volante de Vinho	Estocar vinho para alimentação da destilaria	Químico	Não há perigo identificado
		Físico	Partícula metálica
		Biológico	Contaminação bacteriana
Destilação	Concentrar o álcool do vinho para produção de etanol neutro dentro das especificações	Químico	Acetaldeído/aldeídos
		Químico	Acetato de Etila/Ésteres
		Químico	Metanol

Quadro 4.7: Perigos das Etapas (conclusão).

Etapa	Atividade	Tipo de perigo	Descrição do perigo
Destilação	Concentrar o álcool do vinho para produção de etanol neutro dentro das especificações	Químico	IsoPropanol
		Químico	Ciclo Hexano
		Químico	Crotonaldeido
		Químico	Benzeno
		Químico	Álcoois superiores
		Físico	Fragmento de Metal
		Biológico	Não há perigo identificado
Resfriamento do Etanol Neutro	Resfriar o etanol pronto com água	Químico	Não há perigo identificado
		Físico	Fragmento de Metal
		Biológico	Não há perigo identificado
Análise do Lote Medidor	Amostrar e analisar o medidor (lote) de álcool neutro	Químico	
		Físico	
		Biológico	
Liberação e Bombeamento	Bombear medidor (lote) de álcool neutro para tanque de estocagem	Químico	
		Físico	
		Físico	Fragmento de Metal
Estocagem	Estocagem do produto final	Químico	Não há perigo identificado
		Físico	Fragmento de Metal
		Biológico	Não há perigo identificado

Fonte: Arquivo Pessoal.

4.4.1.1.5 - Perigos de Embalagens

Os perigos das embalagens estão associados aos tanques de armazenamento de produto, sejam eles os tanques de aço inox presentes no Parque Bioenergético, em que o etanol neutro é armazenado até o carregamento, ou os tanques de transporte, também de aço inox.

O principal perigo historicamente identificado nas operações é o de odor fora de especificação após o descarregamento de produto para o cliente, originado por lavagem ineficiente do tanque carregado. Entre os requisitos de higiene solicitados pelo Ministério da Saúde está a garantia de limpeza e desinfecção de forma a evitar

a contaminação dos alimentos com odores (BRASIL, 1997). Segue abaixo, no QUADRO 4.8, os Perigos de Embalagens identificados.

Quadro 4.8: Perigos das Embalagens.

Item	Origem do Perigo	Tipo de perigo	Descrição do Perigo
Tanque Caminhão de Transporte (Aço Inox)	Equipamento de Processo / Processo	Químico	Odor fora de especificação
		Físico	Partículas Metálicas (solda)
		Biológico	
		Radiológico	
	Utilidades e Serviços	Químico	Não há perigo identificado
		Físico	
		Biológico	
		Radiológico	
	Ambiente Processamento	Químico	
		Físico	
		Biológico	
		Radiológico	
	Contato Humano	Químico	
		Físico	
		Biológico	
		Radiológico	
Aço Inox	Equipamento de Processo / Processo	Químico	
		Físico	
		Biológico	
		Radiológico	
	Utilidades e Serviços	Químico	
		Físico	
		Biológico	
		Radiológico	
	Ambiente Processamento	Químico	
		Físico	
		Biológico	
		Radiológico	
	Contato Humano	Químico	
		Físico	
		Biológico	
		Radiológico	

Fonte: Arquivo Pessoal

4.4.1.2 - Análise e Classificação de Perigos

A partir da identificação dos riscos realizada anteriormente é possível analisá-los e classificá-los quanto à severidade e a probabilidade de ocorrência de cada um deles. De acordo com Mortimore e Wallace (2013), os riscos significativos são perigos que possuem elevada probabilidade de se concretizarem, causando grandes danos contra a saúde. A probabilidade e a severidade são classificadas por baixa, média e alta, de acordo com o QUADRO 4.9 abaixo.

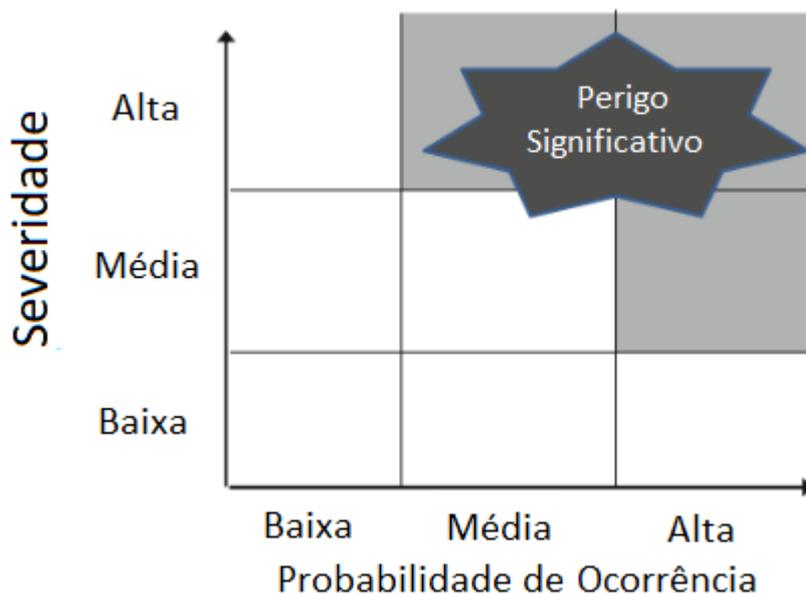
Quadro 4.9: Definição das classificações de probabilidade e severidade.

	Baixa	Média	Alta
Probabilidade	Ocorrência improvável, sem ocorrência conhecida.	Pode ocorrer, baixo histórico de ocorrência no setor.	Altamente provável, com histórico de ocorrência no setor.
Severidade	Efeitos menores com pouca duração.	Intolerância ou lesão, sem risco à vida do consumidor.	Risco de vida ou ocorrência de doenças crônicas, efeitos crônicos e morte.

Fonte: Adaptado de Mortimore (2013)

Dadas as definições apresentadas acima, é possível desenvolver uma matriz de risco, ferramenta utilizada para identificar os riscos potenciais de acordo como baixo, médio ou alto, a partir das probabilidades e severidades identificadas anteriormente. A Matriz de Determinação de Risco utilizada para a classificação dos perigos pode ser visualizada abaixo, na Figura 4.3.

Figura 4.3: Matriz de Determinação de Risco



Fonte: Adaptado de Mortimore (2013)

Na matriz é possível identificar uma região de risco significativo, em que a severidade e a probabilidade são suficientes para oferecer risco ao produto. Inserindo-se valores numéricos para as probabilidades e severidades, calcula-se o produto entre elas e, caso o resultado seja maior ou igual à 6, o risco será significativo. Segue abaixo, no Quadro 4.10, a **Matriz Produto de Determinação de Risco**

Quadro 4.10: Matriz Produto de Determinação de Risco

	Severidade		
Probabilidade	Baixa (1)	Média (2)	Alta (3)
Alta (3)	Médio (3)	Alto (6)	Alto (9)
Média (2)	Baixo (2)	Médio (4)	Alto (6)
Baixa (1)	Baixo (1)	Baixo	Médio (3)

Fonte: Arquivo pessoal.

Excluindo-se as matérias primas, ingredientes, materiais de contato, etapas e embalagens que não tiveram perigos identificados, realizou-se a classificação dos perigos com base na severidade e ocorrência, juntamente à justificativa para tal classificação. Segue abaixo, no Quadro 4.11, a Classificação do Risco a partir da Matriz de Determinação de Risco.

Quadro 4.11: Classificação do Risco a partir da Matriz de Determinação de Risco (continua).

Origem	Tipo de Perigo	Perigo	Probabilidade	Severidade	Classificação	
Mel final	Químico	Sulfito (alergênico / sensibilizante)	Baixa	Alta	3	
	Físico	Fragmento de Metal				
	Biológico	Contaminação Bacteriana				
Levedura seca	Físico	Fragmento de Metal				
Ácido Sulfúrico	Químico	Metais Pesados				
	Físico	Fragmento de Metal				
Antiespumante						
Dispersante						
Água Tratada	Biológico	Coliformes a 45°C	Média	Alta	6	
		Metais pesados	Baixa		3	
Hipoclorito de Sódio	Físico	Embalagens com avarias: Contaminação por fuligem, madeira, poeira, insetos.		Baixa	Baixa	1
Caminhão para transporte do produto final/Aço Inox	Químico	Odor fora de especificação			Média	
	Físico	Residual de Solda (Partículas Metálicas)	Baixa	Alta	3	
Estocar mel final	Físico	Partícula metálica	Baixa	Alta	3	
	Biológico	Contaminação bacteriana				
Preparar o mosto para fermentação	Físico	Partícula metálica				
	Biológico	Contaminação bacteriana				
Transformação dos açúcares do mel em etanol por meio de ação das leveduras	Físico	Partícula metálica				
	Biológico	Contaminação bacteriana				

Quadro 4.11: Classificação do Risco a partir da Matriz de Determinação de Risco (conclusão).

Origem	Tipo de Perigo	Perigo	Probabilidade	Severidade	Classificação
Filtrar o vinho para retirada de material particulado	Físico	Partícula metálica	Baixa	Alta	3
Separação do fermento e do vinho	Físico	Partícula metálica			
	Biológico	Contaminação bacteriana			
Tratar o levedo para retornar ao processo	Físico	Partícula metálica			
	Biológico	Contaminação bacteriana			
Recuperar etanol na coluna de CO2	Físico	Partícula metálica			
Estocar vinho para alimentação da destilaria		Partícula metálica			
	Concentrar o álcool do vinho para produção de etanol neutro dentro das especificações	Químico			
Acetato de Etila/ésteres					
Metanol					
Isopropanol					
Ciclo Hexano					
Crotonaldeído					
Benzeno					
Resfriar o etanol pronto	Físico	Fragmento de Metal			
Bombear medidor (lote) de álcool neutro para tanque de estocagem					
Estocagem do produto final			Média	Alta	6

Fonte: Arquivo pessoal.

As classificações dadas acima foram efetuadas com base em históricos de ocorrência e dados técnicos de segurança, como Fichas de Informação de Segurança de Produtos Químicos e Normas Regulamentadoras. Segue abaixo, no QUADRO 12, as Justificativas para a Probabilidade da Classificação de Risco.

Quadro 4.12: Justificativas para a Probabilidade da Classificação de Risco
(continua).

Origem	Tipo de Perigo	Perigo	Justificativa
			Probabilidade
Mel final	Químico	Sulfito (alergênico / sensibilizante)	Baixa (Improvável, nunca ocorreu)
	Físico	Fragmento de Metal	
	Biológico	Contaminação Bacteriana	Baixa (Impossível, tratamento térmico a mais de 100°C e concentração alcoólica final de 96%, não se caracterizando como ambiente propício para crescimento microbiano)
Levedura seca	Físico	Fragmento de Metal	Baixa (Improvável, nunca ocorreu, a política de aprovação dos fornecedores reduzem a probabilidade deste tipo de perigo)
Ácido Sulfúrico	Químico	Metais Pesados	
Antiespumante	Físico	Fragmento de Metal	
Dispersante			
Água Tratada	Biológico	Coliformes a 45°C	Média (Nunca ocorreu)
	Físico	Metais pesados	Baixa (Improvável, nunca ocorreu)
Hipoclorito de Sódio		Embalagens com avarias: Contaminação por fuligem, madeira, poeira, insetos.	Baixa (Improvável, nunca ocorreu)
Caminhão para transporte do produto final/Aço Inox	Químico	Odor fora de especificação	Média (Nunca ocorreu)
	Físico	Residual de Solda (Partículas Metálicas)	Baixa (Improvável, nunca ocorreu, a política de aprovação dos fornecedores reduzem a probabilidade deste tipo de perigo)
Estocar mel final	Físico	Partícula metálica	Baixa (Improvável, nunca ocorreu)
	Biológico	Contaminação bacteriana	Baixa (Impossível, tratamento térmico a mais de 100°C e concentração alcoólica final de 96%, não se caracterizando como ambiente propício para crescimento microbiano)

Quadro 4.12: Justificativas para a Probabilidade da Classificação de Risco
(continua).

Origem	Tipo de Perigo	Perigo	Justificativa
			Probabilidade
Preparar o mosto para fermentação	Físico	Partícula metálica	Baixa (Improvável, nunca ocorreu)
	Biológico	Contaminação bacteriana	Baixa (Impossível, tratamento térmico a mais de 100°C e concentração alcoólica final de 96%, não se caracterizando como ambiente propício para crescimento microbiano)
Transformação dos açúcares do mel em etanol por meio de ação das leveduras	Físico	Partícula metálica	Baixa (Improvável, nunca ocorreu)
	Biológico	Contaminação bacteriana	Baixa (Impossível, tratamento térmico a mais de 100°C e concentração alcoólica final de 96%, não se caracterizando como ambiente propício para crescimento microbiano)
Filtrar o vinho para retirada de material particulado	Físico	Partícula metálica	Baixa (Improvável, nunca ocorreu)
Separação do fermento e do vinho	Físico	Partícula metálica	
	Biológico	Contaminação bacteriana	Baixa (Impossível, tratamento térmico a mais de 100°C e concentração alcoólica final de 96%, não se caracterizando como ambiente propício para crescimento microbiano)
Tratar o levedo para retornar ao processo	Físico	Partícula metálica	Baixa (Improvável, nunca ocorreu)
	Biológico	Contaminação bacteriana	Baixa (Impossível, tratamento térmico a mais de 100°C e concentração alcoólica final de 96%, não se caracterizando como ambiente propício para crescimento microbiano)
Recuperar etanol na coluna de CO2	Físico	Partícula metálica	Baixa (Improvável, nunca ocorreu)
Estocar vinho para alimentação da destilaria		Partícula metálica	
	Biológico	Contaminação bacteriana	Baixa (Impossível, tratamento térmico a mais de 100°C e concentração alcoólica final de 96%, não se caracterizando como ambiente propício para crescimento microbiano)

Quadro 4.12: Justificativas para a Probabilidade da Classificação de Risco (conclusão).

Origem	Tipo de Perigo	Perigo	Justificativa
			Probabilidade
Concentrar o álcool do vinho para produção de etanol neutro dentro das especificações	Químico	Acetaldeído/aldeídos	Baixa (Medidas de controle estabelecidas em Padrão Técnico de Processo)
		Acetato de Etila/ésteres	
		Metanol	
		IsoPropanol	
		Ciclo Hexano	
		Crotonaldeído	
		Benzeno	
		Álcoois superiores	
Resfriar o etanol pronto	Físico	Fragmento de Metal	Baixa (Improvável, nunca ocorreu)
Bombear medidor (lote) de álcool neutro para tanque de estocagem			
Estocagem do produto final			

Fonte: Arquivo pessoal.

Além disso, segue abaixo, no Quadro 4.13, as Justificativas para a Severidade da Classificação de Risco.

Quadro 4.13: Justificativas para a Severidade da Classificação de Risco (continua).

Origem	Tipo de Perigo	Perigo	Justificativa
			Severidade
Mel final	Químico	Sulfito (alergênico / sensibilizante)	Alta (Danos irreversíveis à saúde, integridade física ou risco de morte. Em geral leva à internação hospitalar e a consequentes sequelas. Causa efeitos cumulativos, prejudiciais ao consumidor, quando da ingestão frequente do alimento que contém o perigo. Considerado Alergênico.)

Quadro 4.13: Justificativas para a Severidade da Classificação de Risco
(continua).

Origem	Tipo de Perigo	Perigo	Severidade
Caminhão para transporte do produto final/Aço Inox	Físico	Residual de Solda (Partículas Metálicas)	<p style="text-align: center;">Alta (Danos irreversíveis à saúde, integridade física ou risco de morte. Em geral leva à internação hospitalar e a conseqüentes sequelas. Causa efeitos cumulativos, prejudiciais ao consumidor, quando da ingestão frequente do alimento que contém o perigo.)</p>
Estocar mel final	Físico	Partícula metálica	
	Biológico	Contaminação bacteriana	
Preparar o mosto para fermentação	Físico	Partícula metálica	
	Biológico	Contaminação bacteriana	
Transformação dos açúcares do mel em etanol por meio de ação das leveduras	Físico	Partícula metálica	
	Biológico	Contaminação bacteriana	
Filtrar o vinho para retirada de material particulado	Físico	Partícula metálica	
Separação do fermento e do vinho	Físico	Partícula metálica	
	Biológico	Contaminação bacteriana	
Tratar o levedo para retornar ao processo	Físico	Partícula metálica	
	Biológico	Contaminação bacteriana	
Recuperar etanol na coluna de CO ₂	Físico	Partícula metálica	
Estocar vinho para alimentação da destilaria		Partícula metálica	
		Biológico	Contaminação bacteriana
Concentrar o álcool do vinho para produção de etanol neutro dentro das especificações	Químico	Acetaldeído/aldeídos	Baixa (odor pungente, ação narcótica)
		Acetato de Etila/ésteres	Baixa (É não tóxico em baixas concentrações, apresentando gosto agradável)
		Metanol	Alta (Perigoso quando ingerido, inalado ou absorvido pela pele. Provoca dores de cabeça, fadiga, náusea. Causa cegueira e mata quando ingerido puro (que não é o caso) em doses da ordem de 30 ml)
		IsoPropanol	Alta (Têm odor intenso, irritante aos olhos, membranas mucosas, causando depressão)

Quadro 4.13: Justificativas para a Severidade da Classificação de Risco
(continua).

Origem	Tipo de Perigo	Perigo	Justificativa
			Severidade
Concentrar o álcool do vinho para produção de etanol neutro dentro das especificações	Químico	Acetaldeído/aldeídos	Baixa (odor pungente, ação narcótica)
		Acetato de Etila/ésteres	Baixa (É não tóxico em baixas concentrações, apresentando gosto agradável)
		Metanol	Alta (Perigoso quando ingerido, inalado ou absorvido pela pele. Provoca dores de cabeça, fadiga, náusea. Causa cegueira e mata quando ingerido puro (que não é o caso) em doses da ordem de 30 ml)
		IsoPropanol	Alta (Têm odor intenso, irritante aos olhos, membranas mucosas, causando depressão)
Concentrar o álcool do vinho para produção de etanol neutro dentro das especificações	Químico	Ciclo Hexano	Alta (Tem efeito narcótico e irrita as membranas mucosas, vapores e o contato do produto com os olhos causam irritação e provoca vermelhidão, exposição prolongada ou repetida da pele pode causar irritação ou dermatites, inalação excessiva dos vapores pode originar depressão no sistema nervoso central bem como degeneração hepática e renal)
		Crotonaldeído	Alta (Vapor lacrimante, extremamente irritante aos olhos, pele e membranas mucosas)
		Benzeno	Alta (a exposição crônica ao benzeno pode afetar a medula óssea e produção de sangue. Sintomas agudos da exposição ao benzeno podem incluir a irritação dos olhos e da pele, tontura, náusea, dor de cabeça, tontura e batimento cardíaco irregular. Nas mulheres, a exposição prolongada ao benzeno no ar pode resultar em padrões irregulares de menstruação e diminuição do tamanho do ovário. Alimentos ou água contaminada com benzeno pode provocar vômitos, irritação do estômago, convulsões e até morte)
		Álcoois superiores	Alta (Tem odor intenso, irritante aos olhos, membranas mucosas, causando depressão)

Quadro 4.13: Justificativas para a Severidade da Classificação de Risco
(conclusão).

Origem	Tipo de Perigo	Perigo	Justificativa
			Severidade
Concentrar o álcool do vinho para produção de etanol neutro dentro das especificações	Físico	Fragmento de Metal	<p style="text-align: center;">Alta</p> (Danos irreversíveis à saúde, integridade física ou risco de morte. Em geral leva à internação hospitalar e a consequentes sequelas. Causa efeitos cumulativos, prejudiciais ao consumidor, quando da ingestão frequente do alimento que contém o perigo.)
Resfriar o etanol pronto			
Bombear medidor (lote) de álcool neutro para tanque de estocagem			
Estocagem do produto final			

Fonte: Arquivo pessoal.

Dessa maneira, identificou-se 2 perigos de risco alto:

1. a presença de *coliformes* na água tratada, ingrediente utilizado durante o processo produtivo do etanol neutro, e
2. a presença de fragmentos de metais no etanol neutro durante o carregamento do produto nos caminhões transportadores.

4.4.2 Determinação de Pontos Críticos de Controle

A partir da identificação dos perigos de alto risco é possível a determinação dos Pontos Críticos de Controle. O Ponto Crítico de Controle (PCC) é um ponto, procedimento ou etapa de um processo em que se necessita do controle de determinado perigo, visando-se sua redução ou eliminação.

Assim como os perigos controlados através do PPR, os perigos a serem controlados através dos PCC's podem ser muito críticos e necessitar de mais de um PCC para o seu controle. Também é possível que apenas um PCC seja utilizado para o controle de mais de um risco. A necessidade de um PCC será avaliada através de uma árvore decisória que considerará a existência de controle pelo PPR e a prevenção dos perigos.

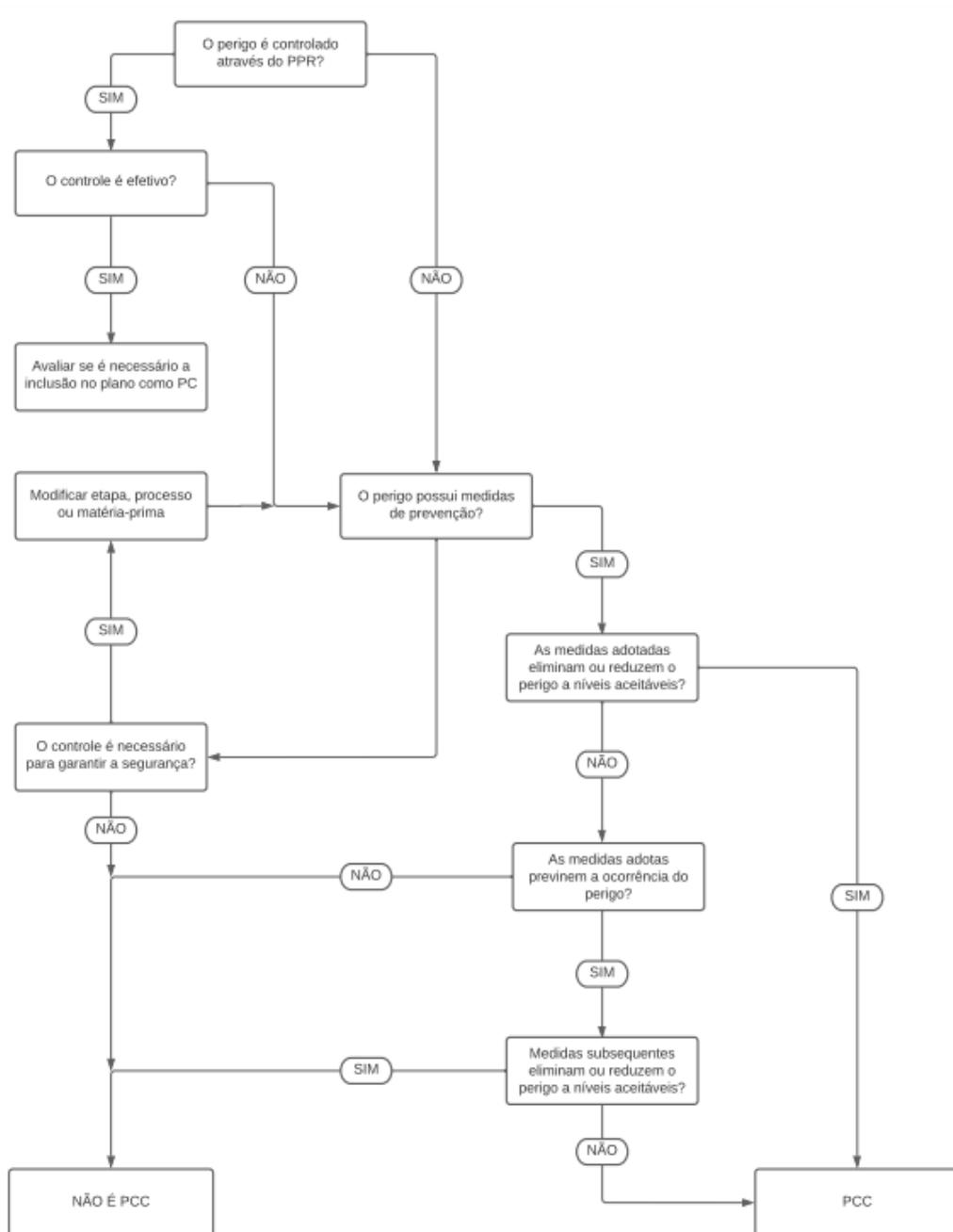
4.4.2.1 Árvore Decisória para PPR ou PCC

A árvore decisória é uma ferramenta representada por diagramas que auxilia na identificação das melhores decisões em um processo que é realizado através de diversas etapas. Para a indústria alimentícia a árvore decisória para determinação de PCC's considerará se o perigo é controlado, se os níveis dos

parâmetros estão dentro dos limites aceitáveis e se é possível modificar ou adicionar novas etapas ao processo.

A árvore decisória consiste em uma sequência de questionamentos que auxiliam na determinação dos pontos críticos de controle do processo (SENAC, 2001). A seguir, na Figura 4.4, identifica-se a Árvore Decisória para Determinação dos Pontos Críticos de Controle.

Figura 4.4: Árvore Decisória para Determinação dos Pontos Críticos de Controle



Fonte: Arquivo Pessoal.

A árvore decisória acima foi utilizada e os questionamentos foram respondidos no QUADRO 4.14 abaixo.

Quadro 4.14: Aplicação da Árvore Decisória

Perigo	Controle pelo PPR	Controle pelo PPR é Efetivo?	Perigo possui medidas de prevenção?	As medidas eliminam ou reduzem o perigo a níveis aceitáveis?	Resultado
Presença de Coliformes na Água Tratada	Realizado	Sim	-	-	PC
Presença de Fragmentos de Metal no Carregamento	Não Realizado	Não Controlado	Sim	Sim	PCC

Fonte: Arquivo Pessoal.

Os principais coliformes que podem estar presentes na água são a *Escherichia coli* e a *Enterobacter aerogenes*. Esses organismos não se reproduzem na água e sua presença é uma indicação da poluição do mineral com fezes humanas e de animais (FORSYTHE, 1998). A *E. coli* possui grande sensibilidade ao cloro, sendo recomendado que a água seja clorada em todo o sistema de distribuição de água (BRASIL, 2011). Além disso, a água passa por análises químicas para a determinação da quantidade de coliformes totais. O controle de coliformes foi incluído no Programa de Pré-Requisitos, sendo classificado como um Ponto Crítico.

A presença de fragmentos de metais pode ocorrer em todo o processo, desde a recepção de matérias-primas até o carregamento do produto nos tanques de transporte. Esse perigo é amenizado devido ao sistema de homologação de fornecedores, em que testes e auditorias são realizados nos processos e produtos utilizados. Todavia ainda há uma grande probabilidade de que fragmentos de metal sejam encontrados no produto final, sendo necessário a adição de uma etapa prévia ao carregamento. Dessa maneira, o perigo de presença de fragmentos de metal é classificado como um Ponto Crítico de Controle.

4.4.3 - Determinação de Limites Críticos

Determinados o PCC, faz-se necessário a definição dos limites críticos para esse ponto, ou seja, os valores mínimos e máximos aceitáveis de acordo com as normas regulamentadoras. De acordo com a RDC nº 14 de 28 de março de 2014, os fragmentos de metal com a maior dimensão igual ou maior que 2mm são considerados materiais estranhos com capacidade de causar danos ao consumidor.

Dessa maneira, o limite crítico para o PCC será a maior dimensão de 2mm para os fragmentos de metal que estejam presentes no etanol neutro. Para que esse limite seja respeitado, será instalado um filtro cesto com tecido de mesh 80 e haste magnética, implicando que as partículas que passem pelo filtro tenham a maior dimensão de no máximo 0,18mm. O filtro cesto pode ser visto abaixo, na FIGURA 4.5.

Figura 4.5: Filtro Cesto tipo simples



Fonte: EATON

Apesar de a RDC nº 14 não exigir o controle de partículas menores que 2mm, é inserido ao filtro cesto a haste magnética para a filtragem adicional de partículas menores que 2mm. Segue abaixo, na FIGURA 4.6, o Filtro Cesto com Haste Magnética.

Figura 4.6: Filtro Cesto com Haste Magnética



Fonte: SURE FLOW EQUIPMENT

4.4.4 Determinação de Procedimentos de Monitoramento e Determinação de Ações Corretivas

O monitoramento do PCC será realizado de maneira trimestral, realizando-se a avaliação de integridade da tela filtrante e a sua limpeza. Serão abertas ordens de manutenção no sistema sob a responsabilidade do Operador de Manutenção e do Supervisor de Operações de Logística e Distribuição.

Caso a integridade da tela filtrante tenha sido prejudicada durante os processos, deverá ser realizada a troca imediata como ação corretiva, garantindo que os próximos carregamentos estejam em conformidade com os limites críticos estabelecidos. Além disso, é interessante garantir que os procedimentos de recall e recolhimento sejam realizados, fazendo com que o produto distribuído fora de conformidade não prejudique o consumidor.

4.4.5 - Criação de Procedimentos de Verificação

Após a implementação dos princípios anteriores, é necessário que se haja a verificação do Sistema de APPCC para atestar de que ele está funcionando devidamente e evitando a ocorrência de contaminações nos produtos

intermediários e final. Existem três procedimentos de verificação: processo técnico, validação do plano e revalidação.

4.4.5.1 Processo Técnico

O Processo Técnico irá revisar os limites críticos adotados durante a elaboração do 3º Princípio para atestar se eles são adequados ou não para o controle dos perigos identificados no 1º Princípio.

4.4.5.2 - Validação do Plano

Podendo ser realizada por funcionários da própria organização ou por consultorias externas, a Validação do Plano será realizada para verificar e assegurar que o Sistema de APPCC funciona de maneira efetiva e controla todos os perigos inerentes ao processo.

4.4.5.3 - Revalidação

Periodicamente deve-se ser repetido o processo de Validação do Plano, assegurando que o Sistema de APPCC continua funcionando efetivamente. Além disso, caso ocorrências críticas ocorram no processo, necessita-se também revalidá-lo para regular o processo e implementar novos PCC's. Entre as ocorrências mais comuns que geram a necessidade de revalidação estão:

- alimentos são contaminados;
- dúvidas acerca da segurança do alimento surgem;
- validar as mudanças que ocorreram no Plano de APPCC;

Além disso, sugere-se que sejam realizadas revalidações aleatórias surpresa.

4.4.6 - Criação de Procedimentos de Registro e Documentação

As informações acerca do Plano de APPCC devem ser devidamente registradas e documentadas, facilitando a identificação dos procedimentos que são tomados e que garantem a segurança do alimento. Os registros e formulários são extremamente críticos para a adoção de ações corretivas e para posteriores consultas e análises, fazendo-se necessário o treinamento dos funcionários que farão o seu preenchimento quanto ao tipo de registro, frequência, parâmetro, etc.

Entre as informações que devem estar documentadas estão:

- Membros da Equipe de Segurança de Alimentos, função que desempenham na empresa e responsabilidades na manutenção do Plano de APPCC;
- Descrição, usos e destinos do produto;
- Fluxograma do processo;

- Lista de matérias-primas e etapas do processo;
- Classificação de perigos para cada matéria-prima ou processo identificado;
- PCC's identificados;
- Limites Críticos para cada PCC;
- Programa de Monitoramento;
- Ações Corretivas;
- Registros de Monitoramento de PCC's;
- Procedimentos de Verificação do Plano de APPCC.

As informações documentadas serão armazenadas em um software de gestão de documentos com acesso para consulta de todos os membros da organização.

5 – CONCLUSÕES E SUGESTÕES

A implementação do Plano de Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle apresentou uma grande lista de riscos associados ao processo de produção de etanol neutro, desde o recebimento de matérias-primas por fornecedores internos e/ou externos até as etapas de carregamento e distribuição do produto. Apesar dos altos riscos, a maioria dos perigos nunca ocorreu ou possuem baixa probabilidade de ocorrência, não sendo classificados como Pontos Críticos de Controle.

Além disso, concluiu-se que o Programa de Pré-Requisitos implantado possui grande cobertura de análise e controle de riscos, sendo identificado apenas um PCC relacionado à concentração de partículas de metais no etanol. Esse perigo está associado à diversas matérias-primas e equipamentos do processo, sendo a instalação do filtro cesto suficiente para a eliminação do risco.

A documentação e procedimentos criados para a manutenção do Sistema de APPCC garantirão que o Plano será analisado criticamente de acordo com a frequência estipulada e, no caso de atualizações de matérias-primas, equipamentos e especificações, os perigos associados serão novamente analisados e controlados. Em trabalhos futuros, sugere-se que o Plano de APPCC seja implantado nas etapas não abordadas nesse trabalho, desde a colheita e transporte da cana-de-açúcar, moagem e preparos pré-fermentação até as etapas pós-distribuição, realizando-se desta forma um estudo completo acerca da cadeia de produção e consumo do etanol neutro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS; SEBRAE, SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS. **Guia de implementação: Sistemas de gestão da qualidade para certificação compulsória de produtos**. Rio de Janeiro: ABNT, Sebrae, 2016.

ANVISA, AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA; OPAS, ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DE SAÚDE; FAO, Food and Agriculture Organization of United Nations. **Higiene dos Alimentos - Textos Básicos**. Brasília: Organização Pan-Americana de Saúde, 2006.

BANAT, F. A.; AL-RUB, F. A. A.; SIMANDL, J. **Analysis of vapor-liquid equilibrium of ethanol-water system via headspace gas chromatography: effect of molecular sieves**. Separation and Purification Technology, 2002.

BRASIL. ANVISA. RDC nº 14 de 28 de março de 2014. **Diário Oficial da União**: Brasília, 28 de março de 2014.

BRASIL. ANVISA. RDC nº 20 de 22 de março de 2007. **Diário Oficial da União**: Brasília, 26 de março de 2007.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria nº 326 de 30 de julho de 1997**. Brasília, 30 de julho de 1997.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria nº 1428 de 26 de novembro de 1993**. Brasília, 26 de novembro de 1993.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria nº 2914 de 12 de dezembro de 2011**. Brasília, 12 de dezembro de 2011.

CAMPANER, G. A. **Automatização do controle de nível do processo de moagem da cana-de-açúcar em usina de açúcar e álcool**. Monografia (Bacharelado em Engenharia de Controle e Automação), Maringá: UNICESUMAR, 2019.

CECCATO-ANTONINI, S. R. **Microbiologia da fermentação alcoólica**: a importância do monitoramento microbiológico em destilarias. São Carlos: EdUFSCar, 2010. 105 p.

ETANOL: entenda o que é, para que serve e como é usado no Brasil!. **Raizen**, 2022. Disponível em: <<https://www.raizen.com.br/blog/etanol>>. Acesso em 12 de jan. de 2023.

FUNDAÇÃO FSSC 22000. **Esquema FSSC 22000 Versão 5**. Holanda: Fundação FSSC 22000, 2019.

FUNDAÇÃO FSSC 22000. **Guidance Document: Food Safety Culture**. Holanda: Fundação FSSC 22000, 2020.

FORSYTHE, S. J.; HAYES, P. R. **Food Hygiene, Microbiology and HACCP**. 3. ed. Gaithersburg: Aspen Publishers, 1998.

LIMA, L. R.; MARCONDES, A. A. **Álcool carburante: uma estratégia brasileira**. 1. Ed. UFPR, 2002.

LOPES, C. H.; GABRIEL, A. V. M. D.; BORGES, M. T. M. R. **Produção de etanol a partir da cana de açúcar: tecnologia de produção de etanol**. São Carlos: UAB-UFSCar, 2011.

MANUAL PIPELINE STRAINERS: Model 30R. EATON. Disponível em: <<https://www.eaton.com/us/en-us/catalog/filters-strainers/model-30r-basket-strainer-nafta-only.html>>. Acesso em 12 de fev. de 2023.

MORTIMORE, S; WALLACE, C. **HACCP: A Practical Approach**. 3. ed. New York: Springer, 2013.

NOVACANA. **Propriedades Físico-Químicas do Etanol**. Disponível em <<https://www.novacana.com/etanol/propriedades-fisico-quimicas>>. Acesso em 22 de fevereiro de 2023.

PATRASCU, E.; RAPEANU, G.; HOPULELE, T. **Current approaches to efficient biotechnological production of ethanol**. Innovative Romanian Food Biotechnol. v. 4, p.1–11, 2009.

PAYNE, J. H. **Unit operations in sugar production**. Amsterdam: Elsevier Scientific Publishing Company, 1982.

Saiba as diferenças entre o etanol de milho e de cana de açúcar. **Jornal do Carro**, 2019. Disponível em: <<https://jornaldocarro.estadao.com.br/carros/diferencas-etanol-de-milho-e-de-cana-de-acucar/>>. Acesso em 20 de mar. de 2023.

SCHMIDT, R. H.; RODRICK, G. E. **Food Safety Handbook**. New Jersey: John Wiley & Sons, 2003.

SENAC, SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM COMERCIAL. **GUIA de elaboração do plano APPCC**. Rio de Janeiro: SENAC/DN, 2001.

SISCOMEX, Sistema Integrado de Comércio Exterior. **Sistema APPCC (HACCP)**. Disponível em: <<https://www.gov.br/siscomex/pt-br/servicos/aprendendo-a-exportar/conhecendo-temas-importantes-1/sistema-appcc-haccp>>. Acesso em 21 de fevereiro de 2023.

STRAINER OPTIONS. Sure Flow Equipment Inc.. Disponível em: <<https://www.sureflowequipment.com/solution/strainer-options/>>. Acesso em 12 de fev. de 2023.

ZAPERLON, F. **As Especificações do Álcool Focadas para o Mercado Mundial**.

Brasília: EMBRAPA, 2008. Disponível em:

<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Especificacoes_doAlcool_Focado_para_Mercado_Mundial_000fxgfcrtu02wyiv80soht9hal6t8qx.pdf> Acesso em: 23 jan. 2023.