

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS CEN-
TRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA DE-
PARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA**

Efeitos de Defensivo Agrícola em Levedura para Ração Animal.

Maurício Vidal Alvim

Trabalho de Graduação apresentado ao Departa-
mento de Engenharia Química da Universidade
Federal de São Carlos

Orientador: Dr. Antonio Carlos Luperni Horta

Coorientador: Me. Ronydes Batista Júnior

São Carlos – SP

2022

BANCA EXAMINADORA

Trabalho de Graduação apresentado no dia 11 de abril de 2022 perante a seguinte banca examinadora:

Orientador: Prof. Dr. Antônio Carlos Luperni Horta Departamento de Engenharia Química – UFSCar

Coorientador: Me. Ronydes Batista Júnior
Ferrari Agroindústria S/A

Convidado: Prof. Dr. Gustavo Dias Maia
Departamento de Engenharia Química – UFSCar

Professor da Disciplina: Prof. Dr. Marcelo Perecin de Arruda Ribeiro
Departamento de Engenharia Química – UFSCar

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho aos meus avós Dulce, Irene, Luis Carlos e Nairo

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Força criadora de todas as coisas, aos guias e guardiões, pela proteção e oportunidade.

Aos meus pais Renata e Gerson, pelo suporte, apoio, incentivo e fé em mim.

A minha namorada Giovanna por sempre estar ao meu lado em todos os momentos.

Ao Martim, Dengoso, Ozzy, Kanji e Zakk por serem meus eternos companheiros.

A todos os professores que fizeram parte de minha caminhada acadêmica e em especial, professor Gustavo Dias Maia, professora Maria do Carmo Ferreira e professor Alberto Badino, obrigado pelas aulas incríveis e todo conhecimento passado.

Agradeço a todos amigos e colegas que fizeram parte de minha jornada acadêmica e pessoal, como Murilo, Antônio Henrique, Rafael, João Pedro, Francisco, Pedro e vários outros, vocês são incríveis.

Agradeço aos meus orientadores Ronydes Batista Junior e Antônio Carlos Luperni Horta, pelo suporte e esclarecimento de todas as dúvidas e questionamentos, pelas ideias e sugestões.

A Ferrari Agroindústria S/A pelo embasamento técnico e prático proporcionado.

RESUMO

O Brasil é um dos países de maior produção de etanol do mundo, e atrelado a isso, tem-se a levedura, fungo unicelular facultativo, que adapta seu metabolismo tanto a condições anaeróbias quanto aeróbias, organismo responsável pela realização da biorreação que transforma glicose e frutose proveniente do caldo da cana em etanol e mais células. Por ser produzida em grandes quantidades, o excedente é utilizado para a produção de suplemento para ração animal, a Levedura Inativa Seca e Parede Celular. Nas lavouras de cana de açúcar brasileiras a utilização de defensivos agrícolas, desde herbicidas, fungicidas, inseticidas entre outros, é realizada em grande escala e muitas vezes de forma indiscriminada e sem fiscalização de órgãos regulamentadores. Informações referentes a defensivos agrícolas descritas pelas bulas dos produtos por exemplo, não indicam a possível decomposição desses produtos depois de aplicado e como os produtos dessa decomposição podem afetar a segurança de alimentos tanto animal como humana. No presente trabalho os enfoques foram defensivos agrícolas que contenham o princípio ativo MSMA (Metil arsonato monossódico ou Metanoarseniato ácido monossódico), e como seus subprodutos podem afetar a saúde animal, e indiretamente a humana por meio da alimentação animal. Desde a lavoura de cana de açúcar até a levedura seca embalada, tem-se uma grande quantidade de operações, mas que não incluem a retirada de possíveis contaminantes antes de chegar ao produto final. Por fim ficam as recomendações de abolição do uso desses defensivos em lavouras brasileiras.

Palavras chave: *MSMA, Levedura, Defensivos Agrícolas, Produção de Etanol, Cana-de-açúcar, Ração Animal.*

ABSTRACT

Brazil is one of the largest ethanol producers in the world, within the production there is a facultative unicellular organism, the yeast, responsible for the bioreaction that transforms glucose and fructose, present in the sugar cane juice, into ethanol and more cells. As it is produced in large quantities, the yeast is used for the production of supplement for animal ration, Inactive Dry Yeast and Cell Wall. In Brazilian sugar cane fields the pesticide use, like herbicide, fungicide, insecticide etc, mostly is performed in an indiscriminate way and without supervision. The regulatory bodies does not do the right control and inspection on the use of these products. The leaflet of these products do not contains information of a potential danger after the decomposition of these products in soil or in the plants and how can these resulting products affects the food security and human or animal health. In these work the focus was on agricultural pesticides that contain the active ingredient MSMA (Monosodium Methyl Arsonate or Monosodium Acid Methanoarsenate), and how their by-products can affect animal health, and indirectly human health through animal feed. From the sugar-cane farming to the packed dry yeast, there are a large number of operations, but they do not include the removal of possible contaminants before reaching the final product. Finally, there are the recommendations for abolishing the use of this pesticide in Brazilian crops.

Keywords: *MSMA, Yeast, Pesticides, Ethanol Production, Sugar Cane, Animal Ration.*

SUMÁRIO

Banca Examinadora.....	I
Dedicatória.....	II
Agradecimentos.....	III
Resumo.....	IV
Abstract.....	V
Lista de Figuras.....	VI
Lista de Tabelas e Quadros.....	VII
1- INTRODUÇÃO E OBJETIVOS.....	8
2- REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	10
3- RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	20
4- CONCLUSÕES E SUGESTÕES.....	22
5-REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	24
APÊNDICE A.....	28

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - Reprodução de <i>Saccharomyces cerevisiae</i> por brotamento.....	6
Figura 2.2 - Crescimento microbiano típico sob condições constantes.....	8
Figura 2.3 - Fluxograma do Processo produtivo simplificado de LIS e Parede Celular.17	
Figura 3.1 - Percurso do Total do Arsênio.....	22
Figura A.1 - Fluxograma de chegada e moagem da cana-de-açúcar.....	28
Figura A.2 - Fluxograma tratamento de caldo.....	29
Figura A.3 - Fluxograma da Fermentação Alcoólica.....	32
Figura A.4 - Fluxograma da Fábrica de Parede Celular de Levedura.....	34

LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1. Informações técnicas MSMA.....	11
Quadro 2.2. Defensivos Agrícolas comumente utilizados na cana-de-açúcar.	12
Quadro 4.1 Defensivos Agrícolas proibidos na União Européia.....	23

1. INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

O Brasil é um dos maiores consumidores de defensivos agrícolas do mundo, isso se dá por conta da grande área destinada a agricultura no país. O modo de produção agrícola no Brasil, baseado em extensas plantações de monoculturas voltadas à exportação, favorece o consumo e o mercado de defensivos agrícolas, além de incentivos governamentais e isenção de impostos (NOBLAT et. al, 2021).

Esses produtos são de grande importância para que se garanta uma lavoura livre de pragas e conseqüentemente uma maior produção agrícola que pode ser revertida em produtos de maior valor agregado pela agroindústria, como por exemplo: etanol e açúcar.

O Brasil como um dos principais produtores do mundo, atingiu valores como 29,7 bilhões de litros de etanol e 41,2 milhões de toneladas de açúcar somente na safra 2020/21 (CONAB, 2021).

Apesar da grande importância econômica, a utilização de defensivos agrícolas pode levar a contaminação de solo e água, se acumulando em organismos diversos, incluindo seres humanos, pelas transformações químicas que sofrem, incluindo metais pesados podendo levar anos para desaparecerem, (NOBLAT et. al, 2021).

Parte integrante do processo de fabricação de etanol, está a levedura *Saccharomyces cerevisiae*, responsável por metabolizar a glicose e frutose disponível no meio fermentativo em etanol, CO₂ e energia necessária para o seu crescimento e reprodução.

Sendo assim, caso ocorra contaminação de metais pesados oriundos de defensivos agrícolas em alguma etapa do processo produtivo, é extremamente provável que também se tenha leveduras contaminadas, pois quando em contato com esses contaminantes, se tem eficiente absorção. Além do microrganismo ser bioacumulativo quando se refere a esse tipo de substância, contribuindo ainda mais para a contaminação da cadeia trófica.

O presente trabalho visa analisar os possíveis efeitos causados por defensivos agrícolas, mais especificamente pelo princípio ativo de alguns herbicidas utilizados no Brasil, o MSMA (Metil Arsonato Monossódico ou Metanoarseniato Ácido Monossódico).

co), nos produtos Levedura Inativa Seca e Parede Celular, subproduto da produção de etanol a partir da cana-de-açúcar. Pretende-se fazer uma revisão sobre os principais defensivos agrícolas utilizados nas lavouras de cana-de-açúcar no Brasil bem como sua abrangência, informações técnicas, e a legislação vigente sobre esses insumos. O objetivo geral será complementado pelos seguintes objetivos específicos:

- i. Introduzir e explicar o processo produtivo completo de Levedura Inativa Seca (LIS) a partir da cana-de-açúcar e da Parede Celular de Levedura, desde a moagem da matéria prima, passando pela fermentação, onde o microrganismo se faz presente, até o produto final embalado.
- ii. Exemplificar a diferença em ambos os processos de produção e as respectivas especificações técnicas, utilização, e mercado, abordando também a legislação vigente nesses produtos por serem de cunho alimentício.
- iii. Apresentar qual a influência e os possíveis efeitos da aplicação de insumos agrícolas no produto final. Se substâncias, compostos ou elementos químicos tóxicos, presentes nos defensivos, podem afetar a qualidade e especificações técnicas determinadas para a Levedura Inativa Seca e Parede Celular, que estão diretamente ligados à produção de ração animal. Analisa-se também a consequência à saúde humana se caso a ração seja destinada à animais usados para a alimentação humana como aves, peixes, suínos e bovinos.
- iv. Por fim cabe a recomendação de não utilização de certos insumos agrícolas pela consequência que esse pode gerar tanto para fins comerciais pois o produto não segue as especificações técnicas evidenciadas pelos compradores, tanto para fins de saúde humana e animal.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 – Defensivos Agrícolas

Defensivos agrícolas, de uma forma geral, são produtos químicos utilizados na lavoura para que se aumente a produção de determinada cultura, procurando eliminar ou prevenir qualquer foco de um possível fator de prejuízo para a produção. Esses produtos se dividem pelos grupos de pragas que atacam, e podem ser:

- Herbicidas;
- Inseticidas;
- Fungicidas;
- Acaricidas, entre outros. (SILVA e COSTA, 2012)

Os herbicidas, são responsáveis por atacarem ervas daninhas; os inseticidas responsáveis por atacar insetos; fungicidas combatem fungos e acaricidas são responsáveis pela eliminação de ácaros na lavoura.

Defensivos agrícolas no Brasil são regidos pela Lei N° 7.802, de 11 de julho de 1989 que regulamentam desde pesquisa até a comercialização como também a gestão de embalagens e resíduos.

Até o mês de fevereiro de 2022 para a comercialização e conseqüentemente o uso dos defensivos, era necessário que a empresa produtora pleiteasse o registro do produto tanto técnico como formulado para que se conhecesse e controlasse seus efeitos na saúde pública, agricultura e meio ambiente. Essa avaliação era realizada pelo Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) e Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais (IBAMA). Para que assim se pudesse comercializar e finalmente levar esse defensivo ao campo (CENTENO e FAGUNDES, 2019).

Porém, em 9 de abril de 2022 foi aprovado o Projeto de Lei (PL) 6299/2002 que, de forma geral, centraliza o poder de decisão e atuação não apenas no MAPA, facilitando o registro de novos produtos e flexibilizando o uso de defensivos agrícolas no Brasil.

Os herbicidas, foco principal do trabalho, podem ser classificados de diferentes

formas, que podem levar em conta: sua seletividade, translocação, época de aplicação entre outros.

Quando se trata de seletividade podem ser seletivos ou não seletivos. Sendo o primeiro, como o nome sugere, atuante em determinados tipos de plantas daninhas, sem que se afete a cultura de interesse. Já os não seletivos, possuem a capacidade de eliminar ou prejudicar quase todas as plantas que entram em contato, pela grande gama de plantas afetadas por esses produtos (OLIVEIRA JR., INOUE, 2011).

Se tratando da translocação, podem ser herbicidas com ação de contato ou com ação sistêmica. O primeiro atua onde é aplicado, tem pouca ou nenhuma translocação, somente causam dano nas plantas daninhas onde entram em contato e normalmente tem ação rápida e efetiva, porém necessita de larga aplicação. Já os herbicidas de ação sistêmica possuem uma maior translocação pela erva daninha podendo ser transportado tanto pelo xilema quanto pelo floema da planta dependendo do herbicida, e possuem em geral ação mais lenta (OLIVEIRA JR., INOUE, 2011).

Referindo-se à época de aplicação podem ser, Pré-plantio e incorporado (PPI), pré-emergência e pós-emergência. O primeiro é aplicado no solo antes do plantio e necessita de métodos de incorporação para que seja efetivo, como a irrigação. Os herbicidas de pré-emergência são aplicados na lavoura entre o plantio e a emergência da cultura e conseqüentemente das pragas. E por último, herbicidas de pós-emergência são os aplicados depois do crescimento das ervas daninhas, podendo ou não a cultura ter emergido (OLIVEIRA JR. et al., 2011).

O foco principal do presente trabalho será um herbicida classificado como não-seletivo, não sistêmico e pós-emergente de um grupo químico denominado organoarsênico, o MSMA (Sodium hydrogen methylarsonate) ou em sua denominação literal em português: Metil Arsonato Monossódico ou Metanoarseniato Ácido Monossódico. Esse é o princípio ativo de alguns defensivos agrícolas utilizados no Brasil e no mundo, como Volcane®, Ancosar 720®, Dessecan® (AGROFIT, 2022).

Os sintomas de toxicidade aguda de MSMA, mais especificamente Volcane®, podem ir desde irritações na pele até náuseas, vômitos e cólicas quando ingerido, segundo a bula do produto. A dose letal média do defensivo à base de MSMA, tanto oral quanto dérmica, em ratos é superior a 2000 mg/kg, com efeitos crônicos localizados nos rins, fígado e trato digestivo, segundo a bula do produto.

A seguir apresenta-se o quadro 2.1 com informações técnicas do MSMA:

Quadro 2.1 – Informações técnicas MSMA

MSMA (Metil Arsonato Monossódico)	
Ácido fraco	
pKa	4,10 a 9,02
Solubilidade (Água 25°C)	1,040 kg/L

Fonte: FONTES et. al, 2009.

Segundo a Agência Nacional de Vigilância Sanitária o MSMA tem classificação toxicológica Classe II (Produto Altamente Tóxico) e pode ser empregado em culturas de café, algodão, citros e cana-de-açúcar.

Para a cana-de-açúcar o limite máximo de resíduo (LMR) permitido, segundo a ANVISA, é de 0,01 mg/kg e o intervalo de segurança entre a aplicação e colheita é indeterminado para esse tipo de cultura.

Vale a pena destacar, no Quadro 2.2, alguns dos defensivos agrícolas comumente utilizados no cultivo da cana-de-açúcar no Brasil:

Quadro 2.2 - Defensivos Agrícolas comumente utilizados na cana-de-açúcar

Nome Comercial	Grupo	Princípio Ativo	Classificação Toxicológica	Intervalo de Segurança
Advanced ®	Herbicida	Diuron e Hexazinona	Classe III	150 dias
Regent ®	Inseticida	Fipronil	Classe II	Não especificado
Velpar K ®	Herbicida	Diuron e Hexazinona	Classe III	150 dias
Volcane ®	Herbicida	MSMA	Classe II	Não especificado
Furadan ®	Inseticida	Carbofurano	Classe I	90 dias
Combine ®	Herbicida	Tebutirom	Classe III	Não especificado
Gamit ®	Herbicida	Clomazona	Classe IV	Não especificado
Glifosato 720 ®	Herbicida	Glifosato	Classe IV	Não especificado
Provence ®	Herbicida	Isoxaflutol	Classe IV	Não especificado

Fonte: (ANVISA); (RODRIGUES, 2013).

Sendo a classe: I – extremamente tóxico, II – altamente tóxico, III – medianamente tóxico e IV – pouco tóxico. Essas classificações se referem a o defensivo em si e não os possíveis danos posteriores caso se decomponham (AENDA, 2022).

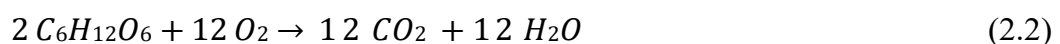
2.2 – Levedura: *Saccharomyces cerevisiae*

A espécie de levedura a qual o presente trabalho se refere é a: *Saccharomyces cerevisiae*. Pertencente ao reino *Fungi*, esse tipo de microrganismo é classificado como eucarionte, isto é, organismos com núcleo verdadeiro e organelas bem definidas em suas ou sua célula, no caso da levedura estudada, trata-se de um organismo unicelular (SCHULER, 2002).

São heterotróficos, que significa que não produzem seu próprio alimento, necessitando de moléculas provenientes de outros seres vivos para sua sobrevivência e reprodução (SCHULER, 2002).

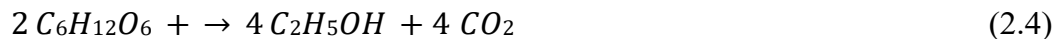
Quanto ao tamanho e formato desses organismos, têm um tamanho médio de 5 a 10 μm e formato normalmente esférico ou oval. Em relação a reprodução, essa espécie de levedura se multiplica por brotamento, de forma assexuada (SCHULER, 2002).

A levedura *Saccharomyces cerevisiae* é considerada como um microrganismo facultativo, podendo sobreviver tanto em ambiente aeróbio como anaeróbio. Com a presença de oxigênio a equação estequiométrica 2.1 e a 2.2 representam a reação simplificada respiração celular para se obter energia (VENTURINI et. al, 2013):



A equação 2.1 representa a quebra da sacarose em moléculas menores de glicose e frutose para que assim possam ser transportadas para dentro da célula e metabolizadas como na equação 2.2, em que na presença de oxigênio, se resulta em gás carbônico, água e energia para a célula (VENTURINI, 2013).

A outra via energética utilizada pelo microrganismo na ausência de oxigênio, é a anaeróbia, que se dá pela fermentação alcoólica, escopo principal do presente trabalho, e segue a equação 2.4 a seguir:

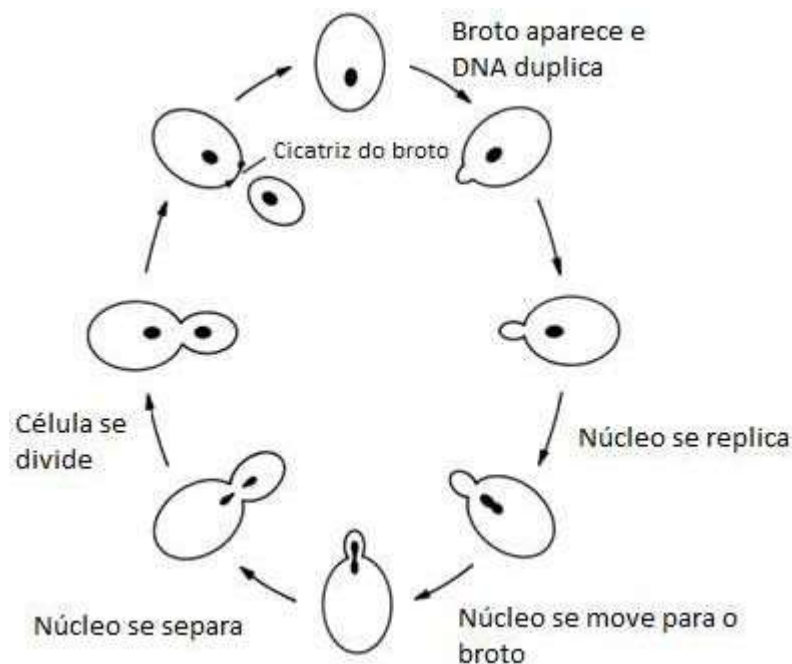


Em que a glicose e frutose disponível no meio fermentativo, no caso da fermentação alcoólica industrial, é metabolizada e resulta em álcool (Etanol) e gás carbônico, além de energia para o microrganismo.

Essa espécie de levedura é largamente utilizada comercialmente. Condições aeróbicas maximizam o crescimento celular, já em condições anaeróbicas a rota fermentativa se torna o principal meio de sobrevivência e maximiza a produção de metabólitos como o etanol (SCHULER, 2002).

A Figura 2.1 mostra as etapas da reprodução assexuada dessa espécie de levedura, até o momento final em que se tem dois indivíduos, com código genético idêntico. Sucintamente uma extensão da célula se forma, semelhante a um broto, o DNA é duplicado, o núcleo da célula é replicado e se desloca até o broto em formação onde se separa do núcleo da célula mãe e a separação entre as duas células pode ocorrer, formando assim um novo indivíduo idêntico ao original.

Figura 2.1 – Reprodução de *Saccharomyces cerevisiae* por brotamento



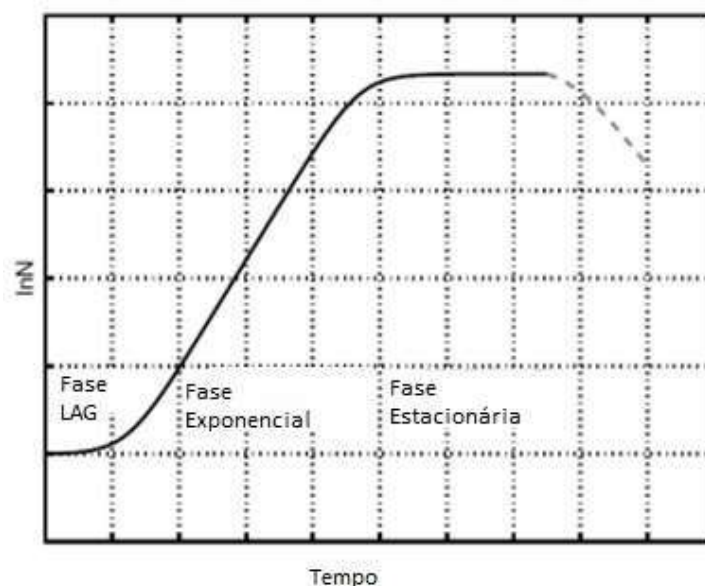
Fonte: Adaptado SCHULER, 2002.

Em geral, numa batelada tem-se 4 fases principais do crescimento celular, ilustrados na Figura 2.2. A primeira delas se denomina fase *lag*, em que a população inicial de células não se altera, evidenciado pela reta inicial horizontal do gráfico, esta fase é caracterizada pelo tempo de adaptação do microrganismo ao novo ambiente, até que se adapte e passe para a próxima fase típica de crescimento (LONGHI, 2012).

O próximo estágio é a fase exponencial em que o crescimento celular é muito elevado e rápido, visto a grande inclinação na curva. Esse é o momento que a velocidade específica de crescimento atinge seu valor máximo que finaliza com o processo de desaceleração no crescimento. A terceira fase do crescimento microbiano é conhecida como fase estacionária, em que a reprodução de indivíduos cai consideravelmente e a velocidade específica do crescimento se anula (LONGHI, 2012).

Depois de certo tempo na fase estacionária, tem-se a quarta e última fase do crescimento microbiano, a fase de declínio ou de morte, em que os indivíduos começam a encerrar seu ciclo e morrem, nesse momento a cultura de leveduras sofre sangria nas dornas de fermentação e se encaminha a fábrica de leveduras onde vai ser processada, como descrito no item 2.3.

Figura 2.2 – Crescimento microbiano típico sob condições constantes.



Fonte: Adaptado. LONGHI (2012).

A parede celular de *Saccharomyces cerevisiae* possui grande importância na produção de levedura seca para a produção de ração animal. É constituída por diversas moléculas orgânicas e compostos que auxiliam na imunidade, quando empregados em ração animal, que é o escopo desse trabalho. De forma geral, destacam-se dois compostos que agem de forma benéfica no intestino animal, β -glucano e manan oligossacarídeo (MOS) (SILVA, 2019).

Tais compostos aumentam a imunidade, auxiliam ações antioxidantes e até mesmo na reprodução de animais, quando a ração for aplicada para animais destinados ao consumo, além de melhorarem a absorção intestinal por aumentarem as vilosidades do intestino (SILVA, 2019).

O β -glucano por exemplo se caracteriza por ser uma molécula com grande capacidade de estimular a imunidade em animais. Já o MOS tem capacidade de reconhecer bactérias patogênicas e se ligar a essas e por ser pouco digestivo, acaba retirando as bactérias do meio intestinal do animal consumidor evitando doenças e infecções (SILVA, 2019).

2.3 - Processo Produtivo de LIS e Parede Celular

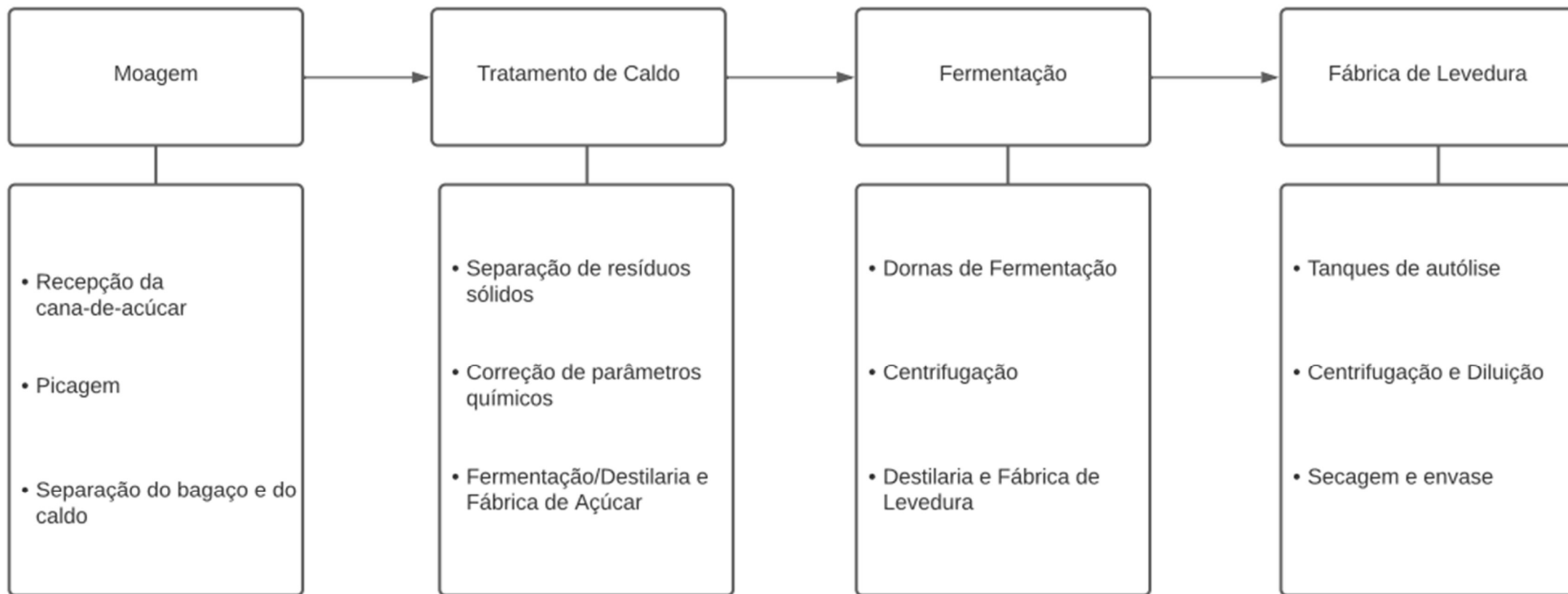
Neste tópico será abordado de forma simplificada o processo produtivo tanto de levedura inativa seca como de parede celular, desde o processamento da cana de açúcar até a fábrica de levedura. O fluxograma completo detalhado de todas as etapas do processo se encontra no Apêndice A.

Na Figura 2.3 é apresentado um fluxograma desde a moagem da cana de açúcar, passando pelo tratamento de caldo, fermentação alcoólica e por fim a fábrica de levedura onde o microrganismo é processado.

I) Moagem

Na etapa de moagem cana de açúcar entra no processo produtivo, onde sofre ações mecânicas como picagem e quebra de fibras, para que se facilite a retirada da fase líquida da matéria prima. Nessa etapa tem-se a separação do caldo, que é encaminhado para o tratamento de caldo, e do bagaço que é destinado à produção de energia.

Figura 2.3 – Fluxograma do Processo produtivo simplificado de LIS e Parede Celular



Fonte: Autor

II) Tratamento de Caldo

No tratamento de caldo, se tem a separação de resíduos sólidos presentes no caldo por meio de peneiramento, a correção de parâmetros químicos como pH, adição de insumos como antiespumantes e por fim o direcionamento dessa corrente para a fermentação/destilaria ou para a fábrica de açúcar.

É importante comentar que pelo açúcar ser produzido por um processo de cristalização, é improvável que se tenha contaminação de arsênio no produto, por se tratar de um processo de purificação do caldo para se obter açúcar concentrado que seja conveniente ao manuseio (BRITO, 2007).

III) Fermentação

Nessa etapa do processo o caldo é encaminhado às Dornas de Fermentação, onde a glicose e frutose presente no caldo são metabolizadas pela levedura gerando um caldo rico em etanol que é centrifugado resultando em uma corrente líquida, encaminhada à destilaria, e uma corrente pastosa denominada creme de levedura, que é encaminhada para a fábrica de levedura.

IV) Fábrica de Levedura

No processo de fabricação de LIS, o creme de levedura é encaminhado diretamente para tanques onde é lavado por meio de diluição e posteriormente centrifugação para que se retirem resíduos de etanol ainda presentes, para então se iniciar o processo de secagem e mais tarde o envase do produto.

Já na produção de Parede Celular, tem-se o processo de autólise antes da lavagem, que consiste na quebra das células por meio de aumento de temperatura e pressão, resultando em apenas a parede celular da levedura, que passa pelo processo de secagem e envase como na produção de LIS.

É interessante comentar que para LIS e Parede Celular exportados para a Europa, é comum que se tenha um certificado de qualidade referente a norma GMP+ B2, específica para insumos da fabricação de ração animal. É uma norma holandesa que tem como princípio garantir um alimento seguro e livre de contaminações:

- Físicas
- Químicas
- Biológicas

Sendo as contaminações físicas, pedaços de vidro, plásticos duros, metais, entre outros. Biológicas como bactérias e vírus que podem se proliferar tanto no meio produtivo, por ser favorável a reprodução desses seres, como na contaminação externa por funcionários contaminados que possam ter contato com o alimento. As contaminações químicas podem ser por insumos da indústria como, lubrificantes, ácidos, base ou insumos da área agrícola, como pesticidas em geral.

2.4 - Arsênio: MSMA e Toxicidade

O MSMA, composto organoarsênico, quando aplicado na lavoura, sofre decomposição no meio ambiente por alguns tipos de reação, como: Oxidação, redução, metilação e desmetilação, sendo convertido em substâncias mais tóxicas. São elas, as formas inorgânicas do arsênio, podendo ser trivalente ou pentavalente, além de outras substâncias como o MMA e DMA, também tóxicas (SERODIO, 2014).

A toxicidade do arsênio inorgânico é extremamente superior ao arsênio em sua forma orgânica, chegando a níveis 100 vezes maiores, sendo que o arsênio trivalente é o mais tóxico dentre as formas observadas, pelo fato de possuir grande mobilidade tanto em água como em fluidos de organismos em geral (SERODIO, 2014).

O potencial cancerígeno do arsênio é notório, afetando órgãos como rins e fígado por exemplo, pelo dano na síntese de proteínas e material genético causadas por reações envolvendo essa substância (SERODIO, 2014).

A contaminação pelo arsênio e suas variações pode provocar a fragmentação da bainha de mielina no cérebro e acúmulo de gordura no fígado. É apresentado também, a relação do arsênio, quando metabolizado, com a inibição da respiração celular, provocando assim alterações na produção de proteínas como comentado anteriormente (ANDRADE e ROCHA, 2015).

É importante ressaltar o caráter bioacumulativo desse tipo de substância podendo se acumular em tecidos externos e órgãos internos em humanos. É evidente a decomposição desse defensivo e o dano causado pelas substâncias em que se decompõe à saúde tanto de animais como do ser humano (ANDRADE e ROCHA, 2015).

Seguindo o fluxo do arsênio no processo estudado no presente trabalho observa-se que plantas em geral, onde se inclui a cana-de-açúcar, tem a capacidade de absorção de metais pesados do solo, pelas raízes, e aumentam a concentração dessas substâncias

na cadeia alimentar. Plantas em geral concentram essas substâncias em seus tecidos. Portanto a cana-de-açúcar pode absorver o arsênio inorgânico proveniente da decomposição de MSMA aplicado na lavoura (SILVA et. al, 2007).

É importante ressaltar que na *Saccharomyces cerevisiae* é observado o acúmulo de metais pesados justamente na parede celular do organismo. Como as interações físico-químicas entre moléculas da parte externa da parede e metais pesados independem do metabolismo da célula (processo de bioabsorção), ocorre o acúmulo de metais tanto com a célula viva como morta (LEMOS et. al, 2007).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com a contextualização necessária apresentada, pode-se dar andamento na discussão dos efeitos de defensivos agrícolas em leveduras, provenientes da indústria sucroalcooleira, destinadas à fabricação de insumos para ração animal.

I) Lavoura

Algumas questões se fazem presentes quando analisada a aplicação de pesticidas, mais especificamente herbicidas à base de MSMA, escopo principal do presente trabalho. Produtos como o já mencionado Volcane® e também Ancosar 720® e Dessecan® não possuem intervalo de segurança ou período de carência definido para a cultura de cana-de-açúcar em suas respectivas bulas. Esse parâmetro é estipulado em dias ou meses e reflete o período entre a última aplicação do produto na lavoura e a colheita da cultura, para que assim a produção não tenha resíduos de defensivos acima do permitido pelos órgãos reguladores como ANVISA e MAPA.

Esse tipo de informação tem suma importância para que se possa garantir que o alimento ou matéria prima alimentícia colhida não possua resquícios de componentes comprovadamente tóxicos, garantindo os princípios de segurança de alimentos.

Outro ponto importante a se comentar é a dosagem de defensivos agrícolas em geral. Normalmente apresentadas em unidades de medida como L p.c./ha ou g i.a/ha, que são respectivamente litros de produto comercial por hectare e gramas de ingrediente ativo por hectares. É realizada a diluição necessária do defensivo para que se possa atingir a concentração correta para aplicação e eficiência do produto no controle de pragas, o produto da diluição é denominado “calda”. Segundo a bula é recomendada a utilização de 167 a 500 litros de calda por hectare, dependendo do desenvolvimento da

praga a ser atingida.

A aplicação e preparação da calda a ser aplicada necessitam ser fiscalizadas por órgãos reguladores técnicos, baseados em fundamentação teórica e experimental referente à aspectos de segurança do trabalho, pelo risco atrelado ao aplicador do produto na lavoura, além de treinamento específico para esses profissionais, e à aspectos de segurança de alimentos que podem conter resíduos de defensivos agrícolas aplicados de forma incorreta.

Cabe ressaltar que tanto a concentração como volume de calda utilizadas na lavoura são apenas recomendadas pela bula do produto, porém a preparação e aplicação do produto não passa por nenhum tipo de fiscalização, abrindo uma margem grande para dosagens fora do padrão, podendo atingir valores de concentração superiores aos ditos seguros pelos documentos de especificação técnica.

Estudos mostram a pouca efetividade de EPI's na proteção de trabalhadores que pulverizam esse tipo de defensivo agrícola (SERODIO, 2014).

II) Indústria

Considerando todo o processo produtivo detalhado anteriormente na revisão bibliográfica, pode-se notar que a imensa maioria de processos listados e explicados não se referem a reações químicas drásticas, apenas correções de parâmetros e características do caldo, quando ocorrem. Consequentemente a composição do caldo e suas impurezas permanece. O arsênio inorgânico e os compostos tóxicos da decomposição de MSMA estão presentes basicamente em todo processo, pois estão presentes no caldo e seus derivados, corrente principal do processo.

Então, chega-se ao estágio da produção, onde emprega-se a *S. cerevisiae* como agente da biorreação de fermentação do caldo rico em açúcares. Nessa etapa se tem o contato direto da levedura com o caldo contaminado.

A biossorção, que se caracteriza pela remoção de metais pesados através de microrganismos, por exemplo a levedura da espécie *Saccharomyces cerevisiae*, que se caracteriza pela capacidade de retirada de metais pesados de sistemas líquidos, podendo até mesmo ser utilizada como alternativa de descontaminação de meios onde essas substâncias se fazem presentes (ALBERTINI et. al, 2007).

Portanto, se houver contaminação por metais pesados no caldo, é extremamente

provável que também se tenha leveduras contaminadas no processo, pois quando em contato com esses contaminantes se tem eficiente absorção. Além da característica bioacumulativa do microrganismo, contribuindo ainda mais para um produto final contaminado, tanto LIS como Parede Celular. E por esse efeito de bioacumulação existe a tendência de aumento de concentração de um contaminante no decorrer da cadeia trófica, elevando-se nos níveis superiores (ALBERTINI et. al, 2007).

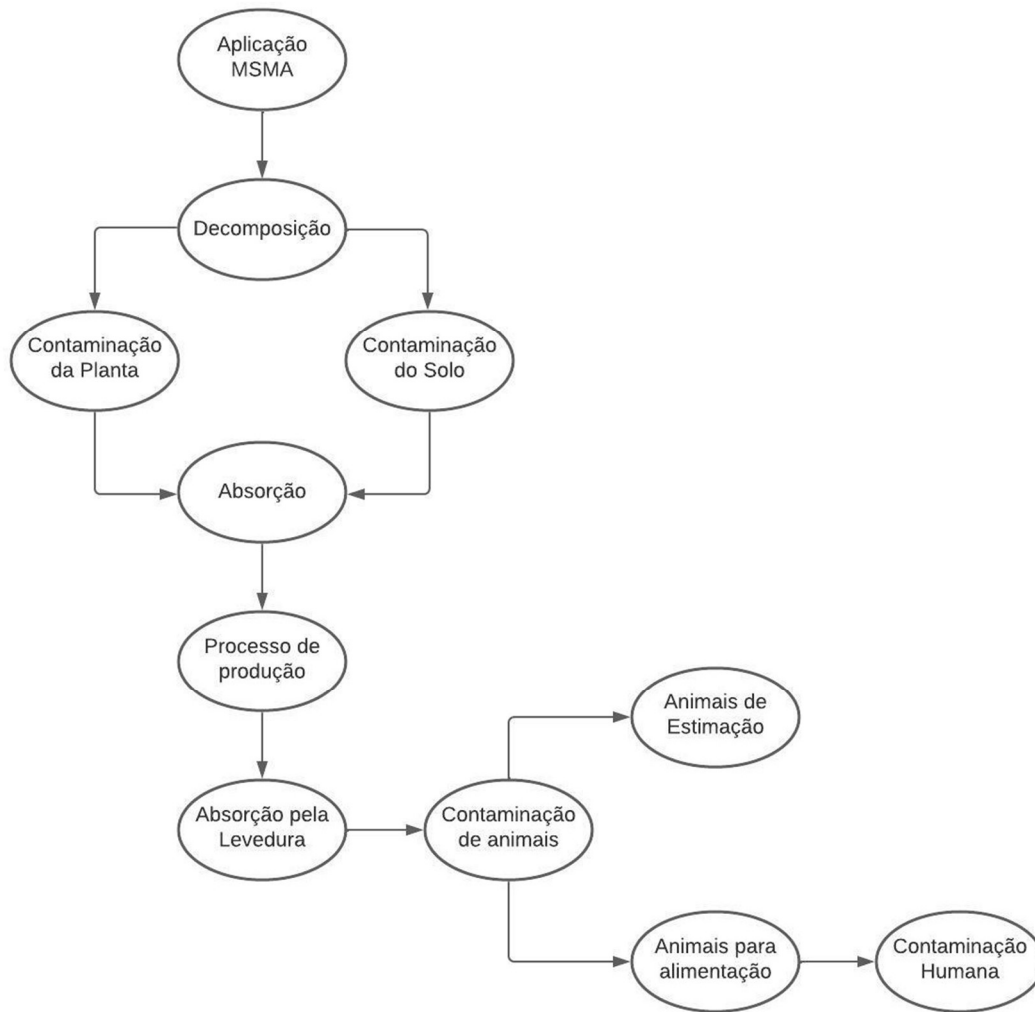
III) Percurso Total do Arsênio

Como comentado no decorrer do presente trabalho, os dois produtos fabricados são utilizados como aditivos e matéria prima para ração animal, podendo ser tanto para o mercado de animais de estimação, como para animais destinados à alimentação humana, como bovinos, suínos, aves e até mesmo peixes.

Portanto, a utilização de levedura contaminada como insumo para a ração animal, pode levar tanto à intoxicação e doenças decorrentes da contaminação em animais, como também em humanos, que podem consumir diretamente o tecido animal contaminado ou produtos indiretamente, através de derivados também contaminados com taxas incomuns de arsênio, como leite e derivados (ROCHA et. al, 2021).

Como mostrado na Figura 3.1 que apresenta o caminho do arsênio desde a decomposição no campo até a contaminação humana.

Figura 3.1 – Percurso Total do Arsênio



Fonte: Autor

4. CONCLUSÃO E SUGESTÕES

A contaminação do solo proveniente da aplicação de defensivos agrícolas à base de MSMA é clara, pela evidente decomposição desse composto em substâncias de toxicidade superior à do próprio princípio ativo.

Visto que o arsênio proveniente dessa decomposição, tem a capacidade de ser transportado através da cana-de-açúcar, para o processo de produção de açúcar e álcool e conseqüentemente ao processo de produção de levedura (LIS e Parede Celular), a contaminação de tais produtos pode afetar tanto a saúde de animais de estimação, como a de animais para consumo humano e conseqüentemente a saúde humana.

Caso a fiscalização não seja possível ou de alguma forma inviável ou pouco efe-

tiva, a abolição do uso de defensivos contendo MSMA é necessária para que se evite contaminações atreladas ao seu uso.

4.1 - SUGESTÕES E TRABALHOS FUTUROS

Uma sugestão aos órgãos públicos controladores desse tipo de produto comercial, é seguir o exemplo da União Europeia, conjunto de países com grande relevância econômica no âmbito mundial. Em que foi elaborada e divulgada uma lista vasta de princípios ativos de defensivos agrícolas proibidos de se utilizar em solo europeu, pelo evidente dano cadenciado pelo uso.

Parte da lista é mostrada no Quadro 4.1, onde estão elencados os produtos comercializados no Brasil com princípios ativos proibidos na União Europeia.

Quadro 4.1 – Defensivos Agrícolas proibidos na União Europeia

Nome comercial / Princípio Ativo
METRIMEX ® Ametrina 500 SC
DINAMIC ® Amicarbazona 700 WG
MAGNETO ® Amicarbazona 500 SC
PROOF ® Atrazina 500 SC
HEXANIL ® Hexazinona 750 WG
MAGNUS BR ® Hexazinona 800 WP
PLATEAU ® Imazapique 700 WG
CONTAIN ® Imazapir 266,3 CS
ANCOSAR ® MSMA 720 CS
VOLCANE ® MSMA 790 CS
HEAT ® Saflufenacil 700 WG
DUAL GOLD S ® Metolaclo 960 EC
ALIA ® Sufentrazona 500 SC
KICKER ® Sufentrazona 500 SC
BUTIRON ® Tebutiurom 500 SC
ENTONE ® Tebutiurom 800 WG
PREMERLIN ® Trifluralina 600 EC

Fonte: Registro (EC) N° 1107/2009, divulgado no site oficial da UE.

Nota-se a presença do princípio ativo MSMA na lista de substâncias proibidas na União Europeia, assim como alguns outros exemplos de produtos anteriormente comentados que são utilizados em larga escala no Brasil.

Seria interessante e muito relevante para a segurança de alimentos e ambiental o estudo e análise das possíveis contaminações atreladas ao uso de outros defensivos

agrícolas, como por exemplo os evidenciados no Quadro 4.1. Um fator importante para se analisar, é se há decomposição em substâncias mais tóxicas quando em contato com o solo ou com a cultura de interesse.

Analisar a permanência dessas substâncias na cadeia trófica, a fim de prevenir um possível risco à saúde humana, tanto a curto prazo com contaminações agudas como à longo prazo com possíveis carcinomas provenientes do contato com substâncias cancerígenas.

Sugere-se também a análise quantitativa de efeitos de arsênio proveniente da decomposição de defensivos à base de MSMA. Seria de grande relevância científica a descoberta da quantidade de arsênio que é produzida pela decomposição do defensivo e qual fração a cana de açúcar é capaz de absorver podendo assim se fazer balanços de massa no processo para que se identifique a quantidade absorvida pela levedura no processo de fermentação, analisando resultados teóricos e empíricos em cada etapa do processo.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, D. F.; ROCHA, M. S. A toxicidade do arsênio e sua natureza. **Revista Acadêmica Oswaldo Cruz**, São Paulo, ano 3, ed. 10, p. 1-8, abr-jun 2016. Disponível em: https://oswaldocruz.br/revista_academica/edicoes/Edicao_10/index.html. Acesso em: 4 jan. 2022.

OLIVEIRA JR, R. S. *et al.* Introdução Ao Controle Químico. **Biologia e Manejo de Plantas Daninhas**. 1. ed. Curitiba: Omnipax, 2011. cap. 6, p. 125-139.

CENTENO, R. P.; FAGUNDES, P. M. Análise do papel dos defensivos agrícolas e a relação com a sustentabilidade. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 5, n. 6, p. 4875-4893, abr. 2019.

ROCHA, L. S. *et al.* Contaminantes inorgânicos em produtos lácteos: aspectos regulatórios, fontes de contaminação ao longo do processamento e perigos toxicológicos ao Consumidor. **Alimentos: Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente**, [s.l.] p. 132-158, nov. 2020.

SALOMÃO, P. A.; FERRO, A. S.; RUAS, W. F. Herbicidas no Brasil: um breve revisão.

Research, Society and Development, v.9, ed. 2, p. e32921990, nov. 2019. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/1990>. Acesso em: 12 jan. 2022.

Agência Nacional De Vigilância Sanitária - **ANVISA M24 – MSMA.**, jul. 2002. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/setorregulado/regulacao/agrotoxicos/monografias/monografias-autorizadas/m-n-o/4426json-file-1/view>. Acesso em: 12 jan. 2022.

MORAIS, Y. M.; COSTA, P. Uso de torta de filtro na cultura da cana-de-açúcar, **6ª Jornada Acadêmica - Sustentabilidade e Ética: Oportunidade e Desafios na Formação Profissional**. Santa Helena de Goiás, v. 6 n. 1, p. 1-4, out. 2012.

SILVA, M. O.; COSTA, L. M. A indústria de defensivos agrícolas. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, n. 35, p. 233 – 276, mar. 2012. Disponível em: <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/1513>. Acesso em: 20 jan.2022

NETO, P. O.; ALVES, E. M.; DE SOUZA, J. F. **Processo de autólise de células de levedura**. 2020, 49 p., Patente, Univesidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/204906>. Acesso em: 21 jan. 2022

ALBERTINI, S.; CARMO, L. F.; PRADO, L. G.. Determinação de isoterms de adsorção de *Saccharomyces cerevisiae* empregando acetato e sulfato de cádmio. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, p. 248-253, abr-jun 2007. Disponível: <https://www.scielo.br/j/cta/a/pNyHhJ7CyXQDvB4WVmMCXBv/?lang=pt>. Acesso em: 21 jan. 2022.

VOLCANE. [Bula]. **Luxembourg Brasil Comércio de Produtos Químicos Ltda Indústria Brasileira**. 01/04/2021. Disponível em: http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agro-fit_cons Acesso em: 21 jan. 2022

ANCOSAR 720. [Bula]. **Ancom Do Brasil Ltda**. Disponível em: http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons Acesso em: 21 jan. 2022

FONTES, H.R et. al, Eficácia Do Herbicida Msma Na Erradicação De Coqueiros Infecta-

dos Com Resinose. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 27, n. 4, p. 859-865, 2009. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pd/a/MMq9CJVGGJQC8jHxQH9nJmD/?lang=pt#:~:text=Em%20todas%20as%20avalia%C3%A7%C3%B5es%20n%C3%A3o,sendo%20observados%20apenas%20efeitos%20isolados>. Acesso em: 2 fev. 2022.

VENTURINI, F., Método Simples Para Quantificar O Metabolismo Aeróbio E Anaeróbio De Levedura Alcoólica. **B. CEPPA**, Curitiba, v. 31, n. 2, p. 227-236, jul-dez 2013 Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/137501>. Acesso em: 2 fev. 2022.

SERODIO, P. S. **Identificação do dano causado pelo uso agrícola do ingrediente ativo- metano arseniato ácido monossódico (MSMA): uma reavaliação toxicológica**. 2014. 73 f. Dissertação (Mestrado em Vigilância Sanitária)- Instituto Nacional de Controle de Qualidade em Saúde, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: <https://www.arca.fiocruz.br/handle/icict/9907> Acesso em: 2 fev. 2022.

ADRIANO, D.C. **Trace Elements in the Terrestrial Environment**. South Carolina, USA: Springer-Verlag Berlin Heidelberg GmbH, 1986. cap. 2, p. 46-69.

SCHULER, M. L.; KARGI, F. **Bioprocess Engineering Basic Concepts**. 2. ed. Upper Saddle River, NJ 07458: Prentice Hall PTR, 2002. 553 p.

LONGHI, D. A. **Avaliação da Capacidade Preditiva de Diferentes Modelos Matemáticos para o Crescimento Microbiano em Condições Não-Isotérmicas**. 2012. 116 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos.) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/99491?show=full>. Acesso em: 17 fev. 2022.

REGULATION (EC) No 1107/2009 of the **European Parliament and of the Council of 21 October 2009 concerning the placing of plant protection products on the market and repealing Council Directives 79/117/EEC and 91/414/EEC**. [S. l.], 24 nov. 2009. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2009/1107/oj#d1e32-39-1>. Acesso em: 23 dez. 2021.

EU Pesticides database Active substances, safeners and synergists, Europa, 2009. Dis-

ponível em: <https://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/eu-pesticides-database/active-substances/?event=search.as>. Acesso em: 23 dez. 2021.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Safra Brasileira de Cana-de-Açúcar**. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cana> Acesso em: 07/02/2021

RODRIGUES, V.C. et. al, Uso de agrotóxicos na cana-de-açúcar e os riscos à saúde do trabalhador rural na região de Itumbiara-GO **53º CONGRESSO BRASILEIRO DE QUIMICA**. Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: <http://www.abq.org.br/cbq/2013/trabalhos/5/290216817.html#:~:text=RESULTADOS%20E%20DICUSS%C3%83O%3A%20Conforme%20an%C3%A1lise,%20Gamit%C2%AE%20Pro-vence%C2%AE%2C>. Acesso em: 10 fev. 22.

SILVA, T. F., **Levedura, parede celular de levedura e levedura selenizada na saúde e desempenho produtivo de pacu e tilápia-do-Nilo**. 2019. 119 p. Tese (Doutor no Centro de Aquicultura) - "Centro de Aquicultura" UNESP - CAUNESP. Jaboticabal, 2019. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/181429>. Acesso em: 17 mar. 2022.

MILESSI, T. S. **Produção de etanol 2G a partir de hemicelulose de bagaço de cana-de-açúcar utilizando Saccharomyces cerevisiae selvagem e geneticamente modificada imobilizadas**. 2017. 190 p. Tese (Doutora em engenharia química.) - Universidade Federal de São Carlos Campus São Carlos Programa De Pós-Graduação Em Engenharia Química, São Carlos, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/9179>. Acesso em: 25 mar. 2022.

NOBLAT, A. K. et al. Impact of pesticides on food: A literature review. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 10, n. 6, p. e36110614504, 2021. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/14504>. Acesso em: 25 mar. 2022.

AENDA - **Reclassificação Toxicológica De Pesticidas Agrícolas** Disponível em: [https://www.aenda.org.br/noticia_imprensa/reclassificacao-toxicologica-de-pesticidas-agricolas/#:~:text=Na%20classifica%C3%A7%C3%A3o%20anterior%20havia%20quatro,%E2%80%93%20pouco%20t%C3%B3xico%20\(verde\)](https://www.aenda.org.br/noticia_imprensa/reclassificacao-toxicologica-de-pesticidas-agricolas/#:~:text=Na%20classifica%C3%A7%C3%A3o%20anterior%20havia%20quatro,%E2%80%93%20pouco%20t%C3%B3xico%20(verde)). Acesso em: 25/03/2022

AGROFIT **Sistema de Agrotóxicos Fitossanitário** Disponível em:

http://agrofit.agricultura.gov.br/primeira_pagina/extranet/AGROFIT.html Acesso em: 23/01/2022.

LEMOS, J. L. S.; SANTOS, R. L. C. Aplicação de microrganismos na recuperação de metais. **Jornada do Programa de Capacitação Interna do CETEM**, 1., 2007, Rio de Janeiro: CETEM, 2007.

BRITO, A. B., **Estudo da Cristalização de Lactose em Diferentes Solventes**. 2007, 152 p. Tese (Doutora em engenharia química.) - Universidade Federal de São Carlos Campus São Carlos Programa De Pós-Graduação Em Engenharia Química, São Carlos, 2007. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/3848>. Acesso em: 20/04/2022.

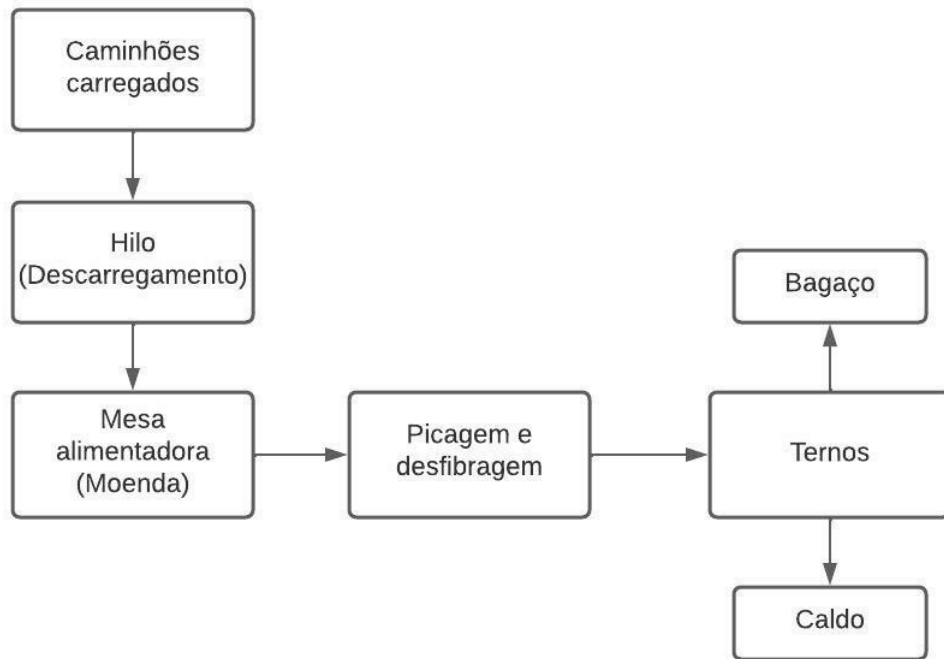
APÊNDICE A – FLUXOGRAMA DETALHADO DO PROCESSO PRODUTIVO DE LIS E PAREDE CELULAR.

Todas as informações contidas nesse tópico foram adquiridas por meio de observação in loco e informações recebidas pela equipe da empresa Ferrari Agroindústria S/A, onde foi realizado um estágio de seis meses de duração.

O processo de produção de levedura seca abrange uma boa parte do processo de produção de etanol, principalmente, na usina sucroalcooleira.

De maneira resumida, a cana-de-açúcar chega até a indústria por meio de caminhões, que com um guincho hilo, são descarregados na mesa alimentadora da moenda. Por meio de uma esteira a matéria prima se desloca nessa primeira parte do processo. A cana-de-açúcar é picada e desfibrada para que se possa retirar o máximo possível de caldo da matéria-prima, e finalmente nos ternos, é extraído o caldo e separado o bagaço (utilizado na produção de energia, por meio da queima na caldeira, ou fabricação de etanol de segunda geração (MILESSI, 2017)). Como mostra a Figura A.1 abaixo:

Figura A.1 – Fluxograma de chegada e moagem da cana-de-açúcar

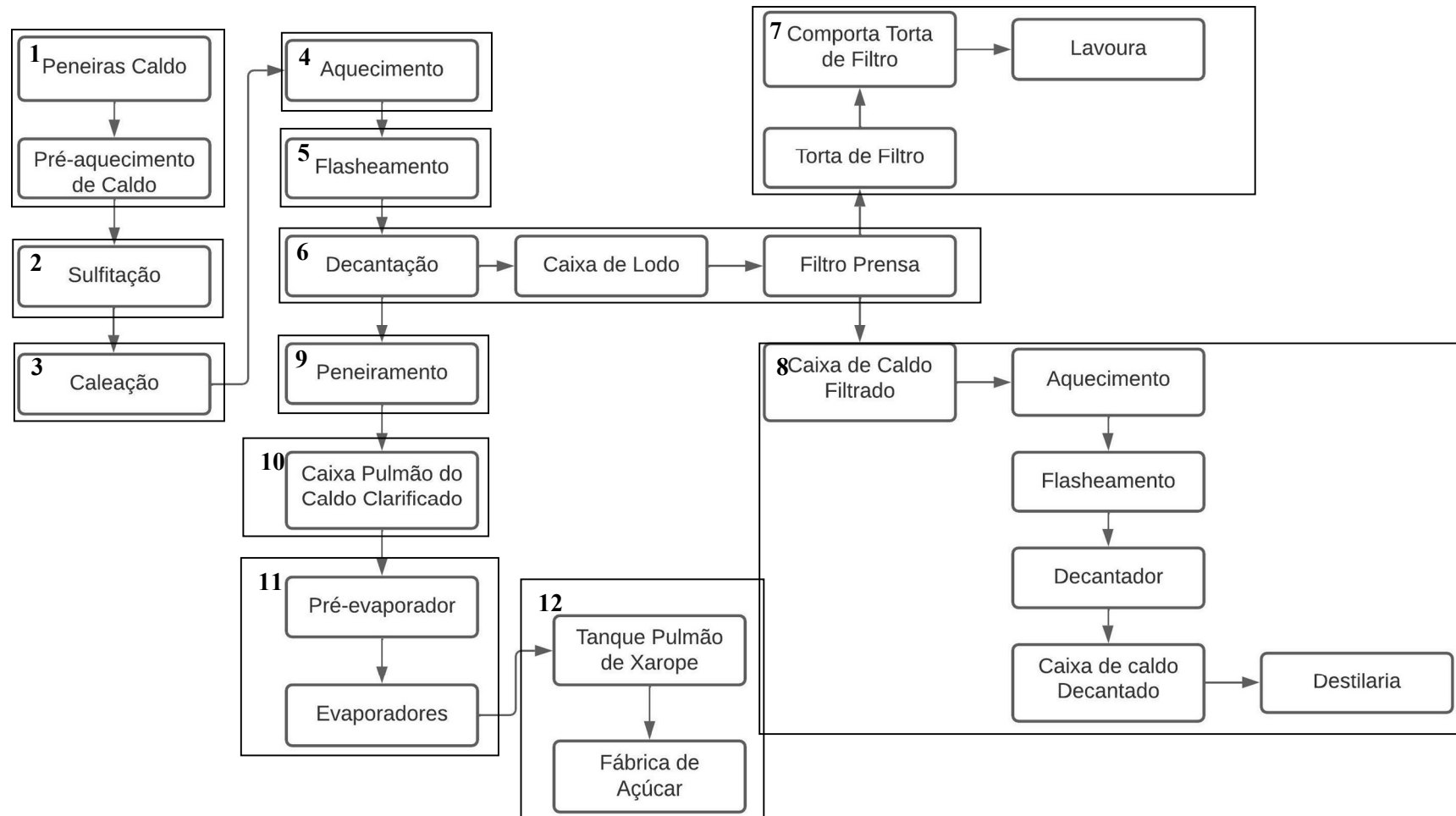


Fonte:

Autor

Após a separação sólido-líquido realizada nos ternos, o processo segue da forma apresentada na Figura A.2.

Figura A.2 – Fluxograma do Tratamento de Caldo



O caldo, é passado por peneiras as quais retiram possíveis sólidos insolúveis encontrados no caldo, os bagacilhos, que são pequenas fibras de bagaço, além de outras impurezas. Após isso é feito o pré-aquecimento do caldo através de trocadores de calor (1) e em seguida ocorre a sulfitação do caldo. Esse processo consiste no processo de adição de enxofre para eliminação de cor contidos no caldo, o enxofre, normalmente granulado, é fundido em um forno rotativo e adicionado na corrente de caldo (2).

Passando para o próximo bloco do fluxograma temos o processo de caleação, o qual necessita de uma preparação anterior à adição na corrente de processo. É necessário que se realize a calagem, em que a cal é misturada com água em um tanque agitado para que se forme o leite de cal que é uma solução aquosa a qual possui o intuito de aumentar o pH do caldo até que se forme compostos solúveis e insolúveis, provocando a floculação de materiais em suspensão e precipitação de colóides. O leite de cal é adicionado na corrente de caldo (3).

Na sequência se tem mais um aquecimento do caldo que normalmente é realizado em trocadores de calor casco-tubo e tem como função aumentar a velocidade das reações químicas, diminuir viscosidade, otimizar a floculação e impedir a proliferação de bactérias no meio (4). Logo após o aquecimento a corrente passa por um tambor Flash, para que se retire o ar do líquido da corrente principal (5).

Depois de retirado o ar pelo Flash, o processo seguinte é a decantação, etapa crucial e de extrema importância tanto para a produção de açúcar como a produção de álcool pois é onde se retira grande parte de impurezas em suspensão no caldo, que depois de decantado pode ser chamado de caldo clarificado. A fase decantada é chamada de lodo e segue o fluxo do processo para um tanque de armazenamento chamado caixa de lodo. O conteúdo desse reservatório é encaminhado para filtros-prensa, para que se retirem os sólidos presentes nessa corrente (6).

Então tem-se como saída desse equipamento a torta de filtro, placas de resíduos sólidos que são destinadas à lavoura como fertilizantes. A torta de filtro se enquadra muito bem como adubo orgânico por conter nutrientes importantes para a cana-de-açúcar, como fósforo, cálcio nitrogênio e potássio, além de redução de teores de alumínio no solo e potencial de substituição de parte da adubação química fosfatada que seria utilizada na lavoura (MORAIS e COSTA, 2012) (7).

A outra corrente de saída do filtro prensa passa pela caixa de caldo filtrado, e é encaminhada a um novo processo de aquecimento, para que chegue na destilaria em

uma temperatura adequada. Em seguida tem-se um tambor de flash, com o intuito de se separar o ar presente na corrente. E então é realizada novamente uma decantação do caldo, exclusivamente para a produção de álcool, para retirar possíveis resíduos sólidos que podem estar em suspensão. O caldo decantado é encaminhado para um tanque e depois segue para a destilaria (8).

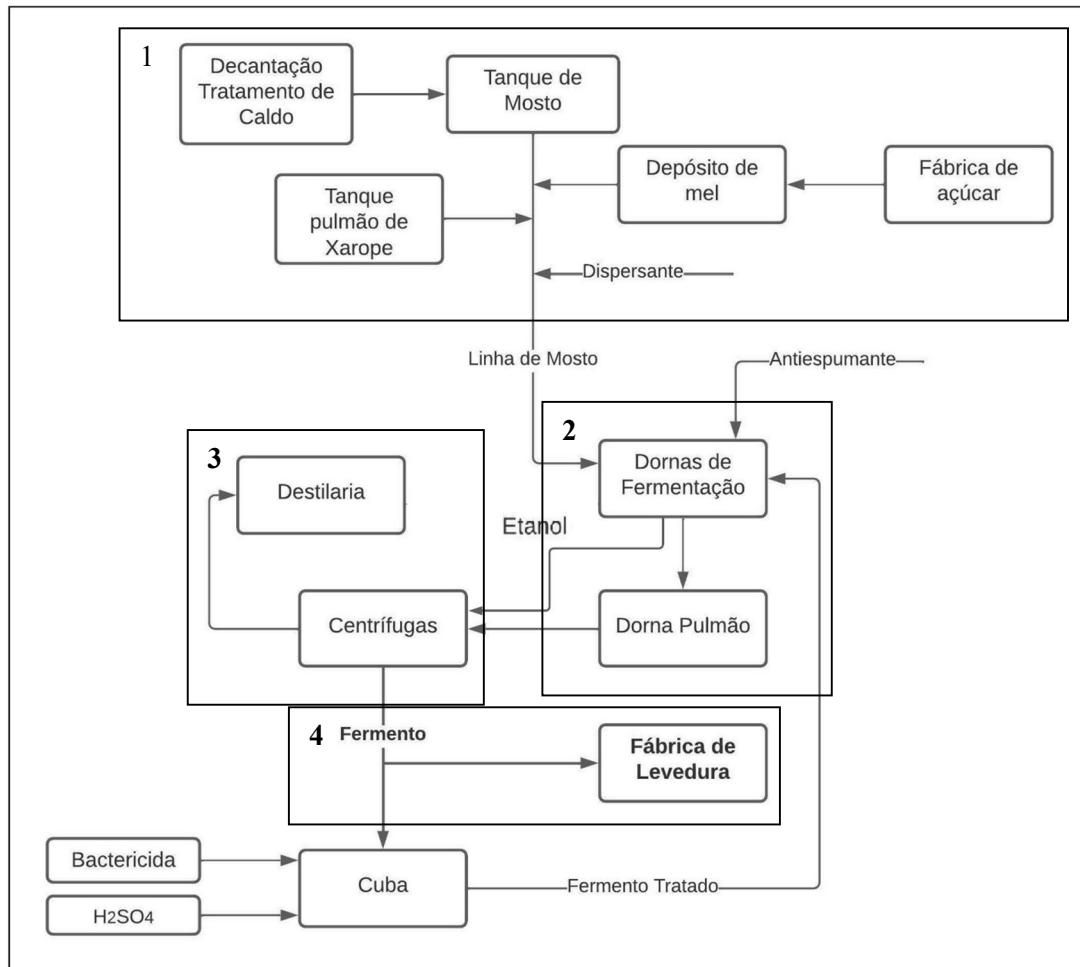
O outro caminho do processo após a decantação inicial, é o peneiramento do caldo clarificado para a retirada de estruturas sólidas suspensas (9).

Após o peneiramento o caldo clarificado é armazenado por pouco tempo em um tanque denominado caixa pulmão, para que assim possa ser encaminhado na vazão correta para os processos de retirada de água da corrente (10).

A primeira etapa desse processo é a pré-evaporação que consiste em uma série de pré- evaporadores em linha, que são responsáveis por auxiliar na evaporação da água fazendo com que a concentração e temperatura do caldo seja mais elevada. Seguindo o fluxograma, o próximo processo é a evaporação que é uma operação unitária cujo objetivo principal é a retirada de água da corrente de caldo, aumentando a concentração do soluto não volátil na solução, na temperatura de ebulição da solução. O equipamento responsável por esse processo é chamado de evaporador, tem grandes dimensões e normalmente, um conjunto deles é necessário para que se chegue na concentração ideal, de forma progressiva (11).

Logo após os evaporadores, tem-se um tanque pulmão de xarope, que é o nome dado à corrente que deixa os evaporadores, a qual tem concentração maior de soluto em sua composição. Então finalmente essa corrente é encaminhada à fábrica de açúcar. Como o escopo do presente trabalho é a produção de levedura, atenta-se para a outra saída final do tratamento de caldo, referente a já comentada destilaria (12).

Figura A.3 – Fluxograma da Fermentação Alcoólica



Fonte: Autor

Como mostra a Figura A.3, o processo se inicia com a chegada de caldo proveniente da decantação. Essa corrente passa por um tanque, chamado Tanque de mosto em que é adicionado à sua corrente de saída alguns compostos para que se possa iniciar a fermentação. O primeiro deles é o mel, proveniente da fábrica de açúcar, esse mel é denominado como Mel Pobre e tem esse nome por ser pobre em concentração de sacarose, que é o açúcar de interesse para a fábrica de açúcar por ter a capacidade de formação de cristais. Porém a concentração de açúcar invertido contido nesse composto é alta, principalmente em glicose e frutose, açúcares ideais para participarem da fermentação. Também é adicionado xarope nessa linha, que é o produto da evaporação do caldo que se apresenta como um líquido viscoso e com alta concentração de açúcar e é utilizado quando se necessita uma maior produção de etanol do que de açúcar na planta industrial. Outro insumo é adicionado à linha de mosto, o dispersante, que tem como fun-

ção reduzir a tensão superficial do meio reduzindo a resistência de espumas que normalmente são formadas nessa parte do processo (1).

Seguindo o fluxograma temos as Dornas de Fermentação, as quais são tanques fechados, normalmente feitos de aço carbono, projetados para que se ocorra a fermentação alcoólica. Esses tanques têm como entrada a linha de mosto, anteriormente comentada, juntamente com antiespumante para que se reduza ou elimine a espuma do meio. A saída da dorna de fermentação é constituída de etanol, dióxido de carbono e impurezas. O etanol é encaminhado para a destilaria. Outra saída das dornas de fermentação é encaminhada para um tanque chamado Dorna Pulmão, que é responsável pelo armazenamento temporário da corrente principal do processo para que essa seja encaminhada para um conjunto de centrífugas (2).

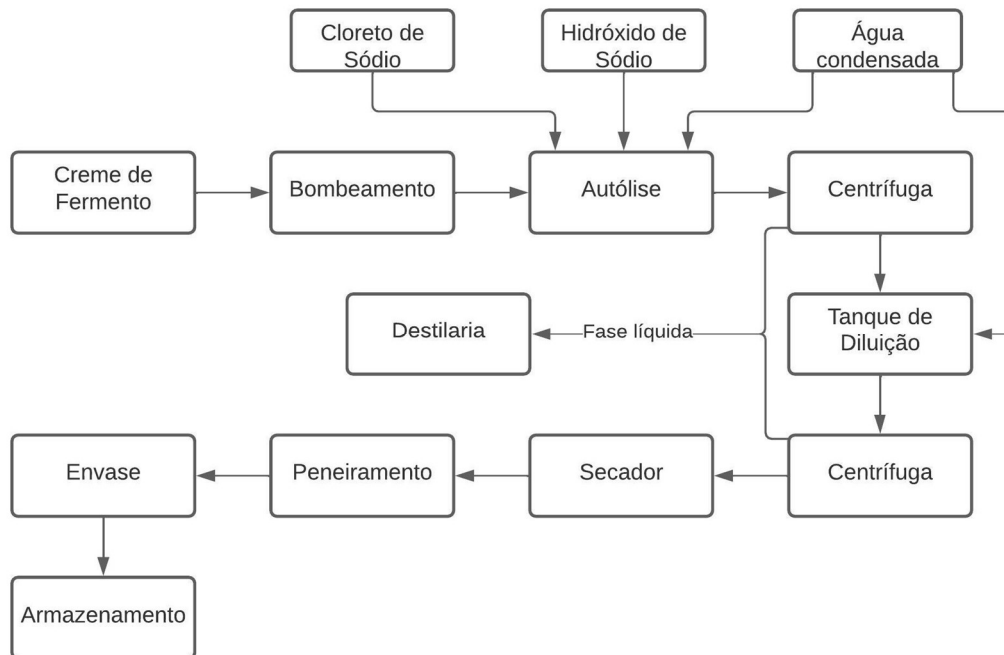
O conjunto de centrífugas é responsável pela separação da fase sólida e fase líquida da corrente de interesse, sendo a fase líquida, rica em etanol, encaminhada para a destilaria e a fase sólida deixa a centrífuga com uma consistência de creme, por ainda possuir água em sua composição (3).

Parte do fermento é encaminhado para uma cuba, onde é tratado com bactericidas e ácido sulfúrico para controle do pH, a fim de otimizar o processo de fermentação, pois o fermento tratado retorna às dornas de fermentação para que seja utilizado novamente. Outra parte da corrente de fermento que deixa as centrífugas é encaminhada para a Fábrica de Levedura (4).

Essa reciclagem de fermento é necessária para o bom funcionamento e otimização do processo de fermentação, visando garantir eficiência máxima do microrganismo no sistema.

Desse modo, passa-se à última etapa do processo de fabricação de Levedura Inativa Seca e Parede Celular, Figura 2.6.

Figura 2.6 – Fluxograma da Fábrica de Parede Celular



Fonte: Autor

Começa-se em com o creme de fermento proveniente das centrífugas que por meio de bombeamento, normalmente helicoidal por se tratar de um composto coloidal, a corrente é levada aos tanques de autólise, onde é adicionado cloreto de sódio, hidróxido de sódio e água na mistura.

Vale ressaltar que para a produção de LIS, a etapa de autólise não é realizada, por se tratar de um processo descontínuo a fábrica opera ora produzindo LIS, ora produzindo Parede Celular em que a autólise se faz presente.

A autólise é responsável por proporcionar as condições necessárias para que as leveduras, por meio de enzimas da própria célula, possam ter a parede celular rompida e o conteúdo de seu citoplasma e nutrientes liberados ao meio. Tais condições são atingidas pelo aumento de temperatura (normalmente de 40 a 60°C e aumento de pressão) que induzem o processo autolítico pelo estresse causado nas células. Tanto o cloreto de sódio como hidróxido de sódio anteriormente comentados também auxiliam no processo de autólise, como por exemplo o hidróxido de sódio é o agente responsável pela regulação do pH do processo, comumente fixado em 5,0. Já o cloreto de sódio funciona acelerando a reação, e é comumente inserido na classe de agentes plasmolizantes (NETO et. al., 2020).

Retornando ao fluxograma, temos a centrifugação da corrente já autolizada, para que se inicie o processo de retirada da água e impurezas presentes na corrente. Após a primeira centrifuga a corrente é lavada em tanques de diluição para que se possa retirar o etanol ainda presente na corrente e encaminhar a corrente mais rica em etanol, proveniente da centrifugação após a passagem pelos tanques de diluição, às dornas de fermentação mais uma vez e posteriormente à destilaria.

Depois de centrifugada, a corrente é encaminhada para os secadores, que normalmente correspondem aos secadores tipo Spray Dryer ou que consistem em um processo baseado na pulverização da corrente principal misturada a uma corrente de ar aquecido, para que no final dessa operação tenha-se um pó seco. (NETO et. al., 2020)

Para retirar qualquer resíduo sólido do pó obtido, a corrente passa por uma peneira ou um conjunto delas.

Então o produto é envasado, normalmente em Big Bags e encaminhado ao cliente. Por se tratar de produtos destinados à ração animal, estes são considerados produtos alimentícios, e por esse motivo possuem legislações vigentes para a sua fabricação.