

CENTRO UNIVERSITÁRIO SAGRADO CORAÇÃO
UNISAGRADO

LAURO CYPRIANO NETO

A UTILIZAÇÃO DE BIOSSENSORES NO CONTROLE DE QUALIDADE DE
INDÚSTRIAS ALIMENTÍCIAS

BAURU
2023

LAURO CYPRIANO NETO

A UTILIZAÇÃO DE BIOSSENSORES NO CONTROLE DE QUALIDADE DE
INDÚSTRIAS ALIMENTÍCIAS

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como parte dos requisitos
para obtenção do título de bacharel em
Engenharia Química - Centro Universitário
Sagrado Coração.

Orientadora: Prof.^a Dra. Ana Paula Cerino
Coutinho

BAURU

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD

C994u	<p data-bbox="406 1355 718 1388">Cypriano Neto, Lauro</p> <p data-bbox="406 1422 1394 1534">A utilização de biossensores no controle de qualidade de indústrias alimentícias / Lauro Cypriano Neto. -- 2023. 47f. : il.</p> <p data-bbox="446 1568 1189 1601">Orientadora: Prof.^a Dra. Ana Paula Cerino Coutinho</p> <p data-bbox="406 1646 1394 1758">Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) - Centro Universitário Sagrado Coração - UNISAGRADO - Bauru - SP</p> <p data-bbox="406 1803 1394 1870">1. Qualidade. 2. Processo. 3. Indústria Alimentícia. 4. Controle De Qualidade. 5. Biossensores. I. Coutinho, Ana Paula Cerino. II. Título.</p>
-------	--

LAURO CYPRIANO NETO

A UTILIZAÇÃO DE BIOSSENSORES NO CONTROLE DE QUALIDADE DE
INDÚSTRIAS ALIMENTÍCIAS

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como parte dos requisitos
para obtenção do título de bacharel em
Engenharia Química - Centro Universitário
Sagrado Coração.

Aprovado em: ___/___/___.

Banca examinadora:

Prof.^a Dra. Ana Paula Cerino Coutinho (Orientadora)
Centro Universitário Sagrado Coração

Prof.^a M.^a Raquel Teixeira Campos
Centro Universitário Sagrado Coração

Prof.^o Dr. Marcelo Telascrea
Centro Universitário Sagrado Coração

Dedico este trabalho a minha família e aos demais envolvidos com carinho, pelo apoio e suporte durante esse longo percurso em minha formação.

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeira instância à Deus, por permitir ampliar meus caminhos para que eu chegasse até essa etapa da minha vida, fortificando minha caminhada com constância e persistência.

Agradeço também aos meus pais e minha família, que sempre me motivaram e me deram o apoio e o suporte necessário para que fosse possível concluir essa etapa em minha vida, sendo o alicerce até aqui.

Agradeço aos meus amigos e companheiros de sala, por sempre participarem de momentos de descontração e entretenimento, fazendo com que a caminhada se tornasse mais leve. Além da participação dos momentos de mais seriedade, que se tornaram mais tranquilos de serem resolvidos.

Também agradeço ao meu ambiente de trabalho, que me permitiu um olhar prático, de todos os ensinamentos teóricos nos quais presenciei durante a formação. Juntamente dos agradecimentos aos profissionais da área e amigos, nesse meio de trabalho que me auxiliaram em meu desenvolvimento como profissional e também pessoal, com dicas, orientações que colaboraram para cada etapa.

E por fim, agradeço também aos meus professores e educadores dessa jornada que fizeram a diferença e foram os principais responsáveis por cada desenvolvimento nessa jornada, sem os seus ensinamentos, não haveria chegado até aqui e não teria amparo e capacitação para essa formação.

Em especial, agradeço a minha professora e orientadora Prof.^a Ana Paula Cerino Coutinho pelo apoio e capacitação na formação e desenvolvimento desse trabalho, suas dicas e orientações fizeram a diferença em cada etapa desse trabalho de conclusão.

“Quando for a hora certa, eu o Senhor,
farei acontecer.” (Isaías 60:20).

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Ilustração das ferramentas da qualidade.....	19
Figura 2 – Demonstração organizacional de um biossensor.....	21

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Biossensores desenvolvidos por empresas para análise da qualidade de alimentos.....	23
Tabela 2 – Exemplos de biossensores aplicados na avaliação da qualidade de alimentos.....	24
Tabela 3 – Biossensores empregados para a análise de leite e bebidas lácteas.	27
Tabela 4 – Biossensores empregados para a análise de qualidade em bebidas alcoólicas.....	31
Tabela 5 – Biossensores empregados para a análise de sucos de frutas e demais bebidas não alcoólicas.....	33

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABIA	Associação Brasileira da Indústria de Alimentação;
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas;
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária;
APPCC	Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle;
BPF	Boas Práticas de Fabricação;
DTA	Doenças Transmitidas por Alimentos;
IUPAC	<i>International Union of Pure and Applied Chemistry;</i>
HPLC	<i>High Pressure Liquid Chromatography</i>
OMS	Organização Mundial da Saúde.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
2	METODOLOGIA.....	13
3	REVISÃO BIBLIORÁFICA	14
3.1	INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA.....	14
3.2	CONTROLE DE QUALIDADE EM INDÚSTRIAS ALIMENTÍCIAS.	16
3.2.1	As principais ferramentas utilizadas para garantir a qualidade na indústria de alimentos.	17
3.3	BIOSENSORES.	20
3.3.1	Transdutores eletroquímicos.....	22
3.3.2	Transdutor óptico e térmico.....	22
3.3.3	Transdutor Piezoelétrico.	23
3.3.4	Biossensores utilizados na indústria alimentícia.....	23
4	ESTUDO DA APLICAÇÃO DE BIOSSENSORES NO CONTROLE DE QUALIDADE DE INDÚSTRIAS.....	26
4.1	BIOSENSORES EM INDÚSTRIAS DE BEBIDAS.....	26
4.2	BIOSENSORES NA ANÁLISE DE GRÃOS E CAFÉ.	34
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	36
	REFERÊNCIAS.....	37

A UTILIZAÇÃO DE BIOSSENSORES NO CONTROLE DE QUALIDADE DE INDÚSTRIAS ALIMENTÍCIAS

LAURO CYPRIANO NETO

¹Graduando em Engenharia Química pelo Centro Universitário Sagrado Coração (UNISAGRADO)
Laurocipriano5@gmail.com

RESUMO

Atualmente, a busca por avanços tecnológicos para a melhora e garantia dos padrões produtivos e para a qualidade dos produtos, vem aumentando incessantemente. A indústria alimentícia, em particular, prioriza a segurança e controle de qualidade dos alimentos, visando a padronização de características como pH, umidade e estabilidade. A implantação de dispositivos que prezam pela rapidez nas análises, permite uma maior amostragem em um período de produção, minimizando desvios e reduzindo possíveis reprovações de produtos que podem causar danos à saúde do consumidor. Dessa forma, opta-se pelo uso de diversas ferramentas e práticas para garantir a qualidade, e os biossensores surgem como uma solução tecnológica promissora para a melhoria e agilidade do processo. Com o tempo, a indústria alimentícia tem evoluído e os biossensores, que detectam componentes ou contaminações de forma eficiente, tornaram-se essenciais, representando um avanço significativo para garantir a qualidade do processo na indústria alimentícia moderna.

Palavras-chave: Qualidade; Processo; Indústria Alimentícia; Controle de Qualidade; Biossensores.

ABSTRACT

Currently, the search for technological advances to improve and guarantee production standards and product quality has been increasing incessantly. The food industry, in particular, prioritizes food safety and quality control, aiming to standardize characteristics such as pH, humidity and stability. The implementation of devices that value speedy analysis allows for greater sampling in a production period, minimizing deviations and reducing possible product rejections that could cause harm to the consumer's health. Therefore, it is decided to use different tools and practices to guarantee quality, and biosensors emerge as a promising technological solution for improving and agilizing the process. Over time, the food industry has evolved and biosensors, which efficiently detect components or contaminations, have become essential, representing a significant advance in ensuring process quality in the modern food industry.

Keywords: Quality; Process; Food industry; Quality control; Biosensors.

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, as empresas prezam por melhorias tecnológicas nos processos produtivos e na qualidade dos produtos. A indústria alimentícia ainda tem uma preocupação intrínseca com a segurança de alimentos e, também com a garantia da padronização das características físico-químicas, como pH, umidade e estabilidade, que afetam diretamente a qualidade. A agilidade nas análises favorece uma amostragem maior durante um mesmo tempo de produção, o que resulta em desvios menores. A tecnologia também pode ajudar a reduzir consideravelmente os erros analíticos suscetíveis a visão humana. Dessa forma, o uso de alternativas que potencializem a segurança e o controle de qualidade nos alimentos, se tornou tema em ascensão principalmente com os avanços da indústria 4.0 (Salomão, 2018; Emilio, 2018).

Ações preventivas e a garantia da qualidade na indústria alimentícia são fatores cruciais para a segurança alimentar. Toda empresa almeja entregar aos seus clientes produtos visualmente chamativos e interiormente seguros, já que procuram sempre manter a qualidade em todos os seus processos produtivos, sendo que, uma mínima falha pode gerar riscos a saúde dos que o consomem, pois o alimento produzido pode conter contaminantes químicos (produtos de limpeza em geral), físicos (fios de cabelo e unhas) e biológicos (bactérias) (Brasil, 2002).

Dessa forma, manter um ambiente seguro durante o processo produtivo de um produto, seguir as políticas da garantia da qualidade e as normas do controle da qualidade nesses ambientes fabris é indispensável. Sendo assim, prioriza-se o uso das Boas Práticas de Fabricação (BPF), gerando alertas, treinamentos e constantes fiscalizações que manterão essas práticas, ressaltando a necessidade da reciclagem desses conhecimentos, uma vez que as normas e legislações seguem em atualizações corriqueiras durante determinado período.

Com o avanço tecnológico facilitou-se a implementação das Boas Práticas de Fabricação, entretanto o não cumprimento pode facilitar a contaminação do produto por agentes químicos, físicos ou microbiológicos, e conseqüentemente expor o consumidor a possíveis Doenças Transmitidas por Alimentos (DTAs). Com o uso da biotecnologia em indústrias alimentícias, é possível implantar biossensores capazes de detectar contaminantes nos produtos de maneira direta ou indireta, gerando maior credibilidade e proteção ao seu processo (Trasel, 2014; Oliveira, 2016; Pereira, 2016).

As indústrias investiram em novos dispositivos tecnológicos, com técnicas capazes de identificar compostos tóxicos à saúde humana, além de gerar um aprimoramento significativo aos processos industriais e de segurança ambiental, uma vez que agrega cada vez mais valor ao produto e instiga a sustentabilidade, como é o caso das indústrias alimentícias. Nesse caso, cada vez mais utiliza-se técnicas biotecnológicas no ambiente fabril, garantindo a segurança dos alimentos em uma linha de produção (Trasel, 2014).

Os biossensores são dispositivos tecnológicos com características analíticas e autônomas capazes de captar componentes biologicamente ativos (como enzimas e ácidos nucleicos), expondo-os a elementos transdutores inorgânicos, capazes de detectá-los de maneira reversível e seletiva, gerando sinais elétricos. Dessa forma, os dispositivos de visualização de sinais, concluem a percepção e captação desses analitos (Oliveira, 2016; Pereira, 2016).

O presente trabalho teve como objetivo estudar o uso de biossensores na produção de alimentos para a detecção de contaminantes físicos, químicos e biológicos, além de mostrar seu auxílio na garantia e controle da qualidade, compactuando com a segurança dos alimentos desde o início da produção até a entrega do produto final.

2 METODOLOGIA

O presente artigo propõe uma pesquisa bibliográfica, voltada para utilização dos biossensores para auxílio do controle de qualidade em indústrias alimentícias.

Primeiramente, o artigo se inicia pela elaboração de sua introdução, partindo de premissas que englobam cada assunto que será tratado, estabelecendo uma breve contextualização sobre a indústria de alimentos, controle de qualidade e biossensores, com auxílio de dados encontrados em bases de dados virtuais, como o Scielo, Google Acadêmico, USP digital e demais sites digitais de outras universidades.

No decorrer do artigo, há a abordagem de temas que envolvam o uso de biossensores, voltados para o controle de qualidade em indústrias de alimentos, podendo observar a exemplificação de alguns casos, como na produção de bebidas. Temas nos quais agregam grande valor intelectual para a área de Engenharia Química, durante sua formação, optando pela utilização de trabalhos da atualidade, onde é cada vez mais perceptível o avanço e desenvolvimento do tema tratado.

Contudo, será feita uma revisão de literatura, a partir da comparação entre artigos de diferentes autores, que apontam e exemplificam a aplicação dos biossensores, em mais de um tipo de indústria (desde bebidas, até carnes e óleos comestíveis).

3 REVISÃO BIBLIORÁFICA

3.1 INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA.

A indústria alimentícia é responsável por promover atividades capazes de englobar diversas etapas e fases durante um processo produtivo, desde a entrada da matéria prima até a entrega do produto final. O ramo de atividades industriais faz com que cada tipo de processo alimentício tenha determinadas particularidades e cuidados em seu processamento, armazenamento, transporte e comercialização. A mesma se desenvolve e funciona seguindo demandas particulares de acordo com a necessidade de cada cliente que adquire seus serviços de produção (Flávio, *et. al.*, 2017).

Estima-se que a indústria de alimentos abrange uma grande variabilidade de produtos, fortificando uma inter-relação com setores de agricultura e pecuária, para suprir estoques de matérias primas e demais insumos que serão utilizados posteriormente ao decorrer dos processos. Nesse caso, manter um forte vínculo com seus fornecedores torna-se importante para a indústria. No dia a dia, também se leva em consideração a sazonalidade nas indústrias, uma vez que constam com a necessidade do fornecimento de materiais de outras indústrias, como embalagem, máquinas, equipamentos e canais de distribuição, o que também garante ao produtor uma expansão em sua rede de produção e logística de distribuição do produto final. Além disso, também deve ser levada em consideração a capacitação dos colaboradores do meio fabril, promovendo treinamentos que orientem os funcionários, sobre a importância da criação do hábito de rotinas de inspeção de qualidade, minimizando a existência de possíveis riscos durante a produção. Ademais, a produção em massa de alimentos para a população se garante como fator importante dessa área industrial, levando em conta a participação na geração de empregos para a sociedade, uma vez que constitui numerosas oportunidades no mercado de trabalho, retirando populações das precariedades (Viana, 2021).

O mercado industrial alimentício se expande de forma internacional disponibilizando à população novos produtos no mercado. Dessa forma, é cada vez mais comum observar o desenvolvimento das empresas com apoio da tecnologia,

inovação e qualidade, gerando o crescimento significativo de empresas que procuram aumentar seus valores aquisitivos e fusões de mercado. Produtos industriais já embalados cresceram em 4,6% no ano de 2020, após o avanço dos cuidados necessários durante a pandemia do COVID-19, gerando maiores vendas no comércio varejista, uma vez que era cada vez mais comum encontrar lanchonetes e restaurantes fechados por leis mundiais (Ebit, 2021).

Sabendo que o mundo está se desenvolvendo constantemente, o avanço do ramo alimentício também tende a crescer exponencialmente, uma vez que promove extrema agilidade e facilidade durante a correria cotidiana da população, já que o tempo para se cozinhar é curto no dia a dia. Com isso, o aumento da venda de alimentos específicos aumentou, como é o caso de produtos congelados, em conserva, *fast food*, entre outros. Empresas multinacionais no solo brasileiro expandiram suas produções, melhorando também sua logística distribuidora no país, facilitando a comercialização de seus produtos no mercado, o que também favorece o bolso do consumidor (Viana, 2021).

Segundo a Associação Brasileira da Indústria de Alimentação (ABIA), a indústria brasileira obteve faturamento de aproximadamente R\$ 700 bilhões, no ano de 2019, equivalendo a 9,6% do seu PIB anual. Ao decorrer do ano, foi possível perceber um aumento significativo quando estabelecida uma comparação ao faturamento do ano de 2020, atingindo um aumento de 3,3% equivalentes a aproximadamente R\$ 789 bilhões, cerca de 10,5% do PIB Nacional Brasileiro (Abia, 2021).

As demandas das indústrias alimentícias vêm apresentando crescimento exponencial, sendo necessário realizar arranjos em meio à produção, viabilizando a melhor alternativa para encaixar os novos pedidos recebidos, após o início da produção, evitando grandes trocas de produtos e eventuais paradas no processo. Com isso, deve-se respeitar a particularidade de cada matéria-prima utilizada durante seu processo. Sendo assim, os novos pedidos devem ser programados, sem que afete ou proponha riscos à qualidade durante sua fabricação (como a contaminação cruzada). Dessa forma, a indústria de alimentos estabelece um arranjo durante sua programação, de maneira que haja o cumprimento dos novos pedidos, sendo de responsabilidade do produtor, encontrar meios que proponham o atendimento dessas demandas com qualidade e agilidade, durante todo o processo (Flávio, *et. al.*, 2017).

Empresas do ramo alimentício visam a entrega de seus produtos, com qualidade, a fim de maximizar seus lucros e reduzir suas despesas e reclamações. A qualidade em meio aos produtos, tende a aumentar a vantagem competitiva de mercado e a utilização de ferramentas da qualidade permitem ainda mais esse controle de qualidade, gerando melhorias no processo e assegurando cada vez mais o meio produtivo. Dessa forma, as mesmas prezam pela orientação de suas equipes, para que sigam as Boas Práticas de Fabricação (BPF) e se mantenham atentos durante todo o processo, já que serão os principais agentes durante a produção (Kircov, 2017).

3.2 CONTROLE DE QUALIDADE EM INDÚSTRIAS ALIMENTÍCIAS.

Segundo a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), a Portaria SVS/MS nº 326, de 30 de julho de 1997 e complementada pela RDC Nº 275, DE 23 DE OUTUBRO DE 2002, a utilização das Boas Práticas de Fabricação, é de fator indispensável, uma vez que viabiliza técnicas capazes de abranger diferentes métodos durante o processo produtivo, garantindo a qualidade desde a entrada da matéria prima, até a entrega do produto final, sem esquecer-se das etapas intermediárias de cada processo e descartes se assim preciso ou necessário. Além disso, formaliza a importância da higienização das instalações, dos equipamentos e utensílios, controle de água de abastecimentos e dos vetores transmissores de doenças e de pragas urbanas, sempre prezando pela qualidade e segurança dos alimentos (Brasil, 2002).

Abreu et. al. (2015), estabelece uma definição do termo qualidade com base nos pensamentos de renomados autores. Juran (1926), caracteriza qualidade de acordo com sua adequação e uso, baseando-se no pensamento de Masaaki Imai (1986). O mesmo estima-se a ideia de que qualidade é toda e qualquer coisa que possa ser melhorada ou que pode ser gerada uma melhoria. Em contrapartida, Ishikawa traz a ideia de que a qualidade se baseia na rápida percepção e satisfação das necessidades de mercado, gerando baixa variabilidade de produtos, uma vez que passarão a ser mais adequados para cada consumidor. Dessa forma, é realizada uma análise em um determinado ponto causador de imperfeições no meio produtivo, onde será identificado as possíveis falhas que geram essa imperfeição, a fim de que se encontre a sua causa raiz do problema encontrado, podendo gerar melhorias dentro do processo que diminuam ou minimizem o mesmo.

O termo “qualidade”, abrange um repleto ramo de subjetividades em relação a sua definição, uma vez que cada autor realizará seu entendimento sobre o assunto, promovendo diversas oportunidades de estudos, como os realizados por Barçante (1998). Contudo, entende-se que qualidade é a possibilidade de se manter um parâmetro adequado ao que está sendo produzido, estabelecendo uma visão ágil de não conformidades, com o intuito de promover oportunidades de melhorias aos mesmos, garantindo a segurança do produto (Abreu, *et. al.* 2015).

A entrega de produtos com qualidade e segurança, é um fator crucial e cada vez mais importante, principalmente em indústrias do ramo alimentício. Nesse caso, a gestão da qualidade em indústrias opta pelo uso de ferramentas capazes de auxiliar e melhorar as ações de uma boa tomada de decisão em cada tipo de processo existente, estabelecendo um controle capaz de seguir seus parâmetros e padrões, com a certeza de que o produto chegará ao consumidor com a maior excelência cuja indústria poderá oferecer (Kircov, 2017).

Contudo, cada ferramenta atuará com uma determinada importância e particularidade, dependendo de cada gestor ou responsável pela sua aplicação no dia a dia produtivo. As ferramentas poderão ser o suporte para a segurança dos alimentos, durante os procedimentos e processos, como também, promoverão melhorias cotidianas nos setores de aplicação, gerando uma vantagem competitiva e maior agilidade quando comparadas as demais indústrias. Além disso, a qualidade sofre alterações constantes, gerando redução de custos, aumento da produtividade, viabilizando a eficiência e eficácia dos processos (Kircov, 2017).

3.2.1 As principais ferramentas utilizadas para garantir a qualidade na indústria de alimentos.

As principais ferramentas de qualidade utilizadas na indústria alimentícia são o fluxograma, diagrama de Ishikawa, folhas de verificação, diagrama de Pareto, histograma, diagrama de dispersão, carta de controle, *Brainstorming*.

O Fluxograma identifica o caminho real e ideal que um produto ou serviço percorre, com o objetivo de identificar os desvios no processo. Trata-se de uma ilustração sequencial de todas as etapas de um processo, capaz de mostrar como cada etapa é relacionada. Sendo assim, utilizam-se diferentes símbolos para denotar os diferentes tipos de operações existentes em um processo (Lima *et. al.* 2023);

O Diagrama de Ishikawa trata-se da exploração e indicação de todas as causas possíveis de uma condição ou um problema específico. Também é chamado de Diagrama de Causa e Efeito e foi desenvolvido para representar a relação entre o efeito e todas as possibilidades de causa que podem contribuir para isso. O mesmo foi desenvolvido por Kaoru Ishikawa, da Universidade de Tóquio, em 1943, onde foi utilizado como explicação para o grupo de engenheiros da Kawasaki Steel Works com intuito de mostrar como vários fatores podem ser ordenados e relacionados (Costa *et. al.* 2023);

As folhas de verificação se trata de tabelas ou planilhas simples usadas para facilitar a coleta e análise de dados. O uso dessa ferramenta propõe uma economia de tempo, visando eliminar o trabalho de se desenhar figuras ou a escrita de números repetitivos. Os mesmos são formulários planejados, onde os dados coletados são preenchidos de forma fácil e concisa (Lima *et. al.* 2023);

O Diagrama de Pareto visa mostrar a importância de todas as condições, de forma que se escolha o ponto de partida para a solução de um problema, identificando a causa básica do mesmo e monitorando o seu sucesso. Velfredo Pareto foi um economista italiano que descobriu a distribuição uniforme da riqueza; onde formulou que aproximadamente 20% do povo detinha 80% da riqueza gerando uma desigualdade durante a distribuição. Os Diagramas de Pareto também podem ser usados para identificar um problema mais importante a partir de critérios de medição, como frequência ou custo (Rodrigues *et. al.* 2023);

O histograma visa demonstrar a distribuição dos dados, a partir de um gráfico de barras indicando o número de unidades em cada categoria (Gama, 2016 *apud* Silva *et. al.*, 2021);

O Diagrama de Dispersão mostra o que acontece com uma variável quando outra sofre alteração, testando possíveis relações de causa e efeito (Gama, 2016 *apud* Silva *et. al.*, 2021).

As Cartas de Controle estabelecem seu uso a fim de mostrar as tendências dos pontos de observação durante um período. Os limites de controle a serem utilizados, são calculados pela aplicação de fórmulas simples com os dados do processo. As mesmas podem trabalhar tanto com dados por variável (mensuráveis) como com dados por atributo (discretos) (Borges, 2023);

É um processo contínuo e sistemático a fim de avaliar produtos, serviços e processos em determinadas organizações sendo reconhecidas como possuidoras das

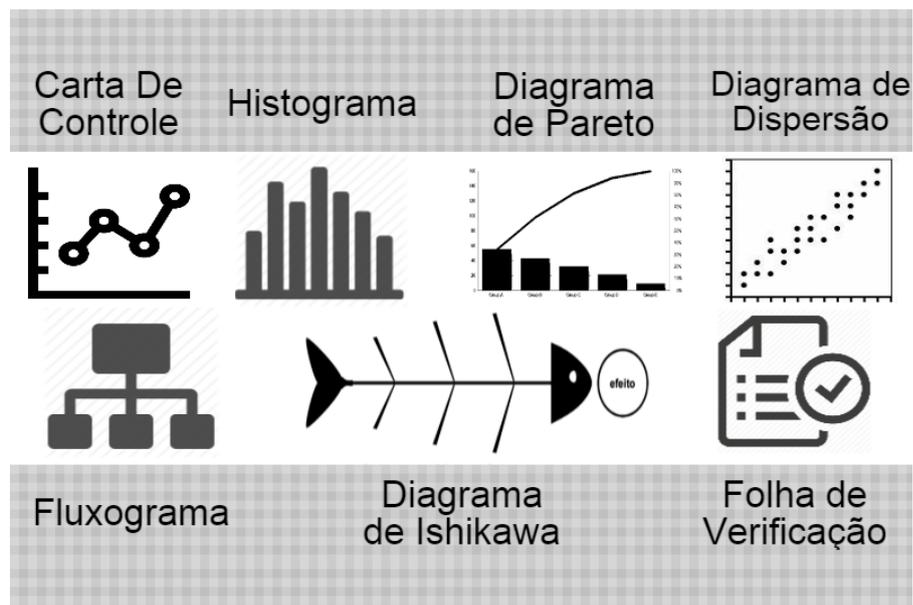
melhores práticas, com a finalidade de servir de referência para organizações de menores avanços (Robson; Mitchell, 2007; Khanna, 2009);

Brainstorming ou comumente conhecido como “chuva de ideias”, se trata de um processo em grupo onde os indivíduos emitem ideias de forma livre e sem limite de quantidades, sem críticas e no menor espaço de tempo possível (Khanna, 2009; Bamford; Greatbanks, 2005).

As ferramentas apresentadas são as principais e mais escolhidas por empresas, para se obter uma boa gestão de qualidade, visando também suas aplicações e utilizações. Além disso, algumas delas são utilizadas em diversas outras áreas além da gestão da qualidade (Silva *et. al.*, 2021, p. 3).

A Figura 1 apresenta uma ilustração de algumas das ferramentas de gestão de qualidade citadas anteriormente.

Figura 1: Ilustração das ferramentas da qualidade.



Fonte: Marcondes, 2015 *apud* Silva *et. al.*, 2021, p. 5.

Cada ferramenta atuará com uma determinada importância e particularidade, dependendo de cada gestor e responsável pela sua aplicação no dia a dia produtivo, e assim garantindo um suporte e segurança aos procedimentos e processos que serão melhorados cotidianamente para gerar uma vantagem competitiva. Além das ferramentas citadas, também há a Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC), que é amplamente usada nas indústrias de alimentos com o intuito de

prevenir a contaminação química, física e biológica no decorrer do processo produtivo (Gama, 2016; Marcondes, 2015).

O sistema APPCC propõe a indústria de alimentos um alto controle de riscos que cada alimento pode oferecer, principalmente os de caráter animal. Este tipo de análise objetiva a segurança dos alimentos, visando à eliminação e redução de fatores de riscos e perigos. Dessa forma, necessitam de cuidados especiais, como temperaturas adequadas, capazes de controlar a proliferação de microrganismos causadoras de doenças. Contudo, essas contaminações podem ser provenientes de etapas do processo produtivo, do ambiente de fabricação ou até mesmo da própria matéria-prima. Com isso, é necessário estabelecer uma rota de controle diário, sempre promovendo a garantia da qualidade e integridade econômica do produto enquanto fabricado (Sbardelotto, 2019).

Em contrapartida, essas técnicas não proporcionam uma ação e monitoramento ágil e imediato na produção, como também não geram a percepção de microrganismos contaminantes nos produtos. Além disso, muitas vezes alguns produtos necessitam de preparações e técnicas antecipadas (como a cromatografia) para evidenciar o contaminante presente na amostra. Nesse caso, pode se optar pela utilização de dispositivos com capacidades analíticas e metodologias mais sensíveis, imediatas e baratas para a quantificação dos contaminantes químicos ou biológicos no produto. Dessa forma, é considerável a aplicação de biossensores (Kircov, 2017; Bitelo, 2016).

3.3 BIOSSENSORES.

Um sensor quando instalado, promoverá uma capacidade de gerar informações em tempo real dentro do sistema que está sendo estudado, a partir de sua sensibilidade, portabilidade, baixo custo e facilidade de automação (Lowinsohn *et. al.* 2006).

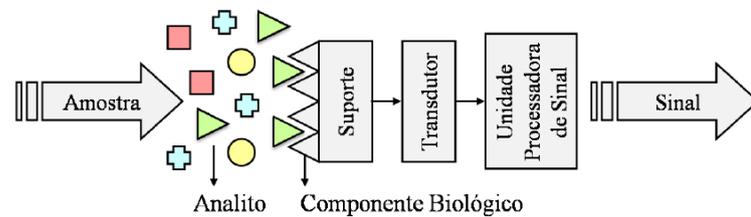
Segundo a *International Union of Pure and Applied Chemistry* (IUPAC), biossensores são dispositivos com capacidades analíticas, a fim de fornecerem dados quantitativos ou semiquantitativos, em meio a utilização de um receptor biológico direto, e posteriormente a uma transdução de um elemento, que será o analito a ser estudado. Nesse caso, o elemento que compõem o biossensor tem como prioridade a interação com o analito na superfície do dispositivo, de forma que produza um sinal

eletrônico proporcional à concentração de estudo (Bitelo, 2016; Mello *et. al.* 2002; Pereira, 2016; Oliveira, 2016).

Um biossensor é um dispositivo utilizado para estabelecer diretrizes com base na seletividade e especificidade que um reconhecedor de origem biológica possui a partir do estudo e implantação em uma determinada amostra. Eles realizam uma captação e combinação de componentes biologicamente ativos, como enzimas, microrganismos, tecidos animais e vegetais, ácidos nucleicos, entre outros (Porfírio, 2014).

A Figura 2 mostra a estrutura organizacional de um biossensor.

Figura 2: Demonstração organizacional de um biossensor.



Fonte: Oliveira, 2016; Pereira, 2016.

Na Figura 2 observa-se que o contato entre o analito e o elemento de reconhecimento, gera uma alteração físico-química (etapa de suporte para o transdutor), podendo ser uma variação de calor ou até mesmo uma alteração em seu índice de refração, que será captado pelo transdutor, que será o responsável por mensurar esse sinal e convertê-lo para a interface. Posteriormente, o sinal será amplificado e encaminhado para um dispositivo capaz de realizar a visualização dos dados obtidos e captados pelo biossensor, definindo se o analito foi ou não identificado (Oliveira, 2016; Pereira, 2016).

Além disso, a captação realizada por esse equipamento pode ser caracterizada como direta ou indireta. Nesse caso, caracteriza-se como direta, quando a análise do analito resulta em uma interação da molécula com o microrganismo bioativo, gerando a identificação de bactérias patogênicas. Já as indiretas, são definidas de acordo com a ação que os microrganismos realizarão, tendo por base seu desenvolvimento metabólico (como a mudança de pH, o consumo de oxigênio e até mesmo concentração de íons) (Furtado *et. al.* 2008).

Na etapa dos transdutores o analito receberá a característica de acordo com sua composição na qual foi captada durante a análise dos biossensores. Sendo assim, receberão o sinal gerado e amplificado pela interação dos reconhecedores biológicos após a entrada do analito. A potência energética recebida pelo transdutor é quem definirá a classificação de cada interação para o biossensor, podendo ser caracterizados como eletroquímicos, piezoelétricos, ópticos e térmicos (Thakur *et. al.* 2013).

3.3.1 Transdutores eletroquímicos.

Os transdutores eletroquímicos são vantajosos, já que possuem alta sensibilidade e baixo custo. A utilização desses biossensores determinarão o tipo de contaminação dos elementos químicos ou biológicos presentes durante os processos (Bitelo, 2016; Mello *et. al.* 2002). Esse tipo de transdutor, pode ser dividido em três tipos, sendo:

- **Amperométrico:** Transdutores que realizam a medição do fluxo da corrente a partir da reação de oxirredução dos elementos eletroativos da célula, quando em estado constante, mantendo a proporcionalidade da concentração em análise (Sethi, 1994; Grieshaber, 2008).
- **Potenciométrico:** Responsável pela medição da potência gerada pelo eletrodo, quando comparado ao eletrodo de referência. Além disso, também fornece atividade iônica em uma reação eletroquímica, juntamente de seu potencial medido e a concentração do analito. Dessa forma, esse biossensor utilizará do potencial padrão da reação, juntamente das concentrações ou pressões do produto e reagente da reação em que está sendo analisar (Santos, 2016; Grieshaber, 2008).
- **Condutímetro:** Habilidade que o analito possui para conduzir a corrente. A medição é realizada a partir dos eletrodos metálicos e o consumo das espécies iônicas na reação. Dessa forma, a condutividade se altera, porém, se mantendo proporcional em relação ao analito análise (Sethi, 1994; Grieshaber, 2008).

3.3.2 Transdutor óptico e térmico.

Transdutores ópticos podem ser formados por fibras ópticas, guia de onda planar ou Ressonância de Plasma de Superfície (SPR). Cada espécie consta com sua quantificação a partir da refração de cada uma de suas propriedades (fluorescentes quantidades de luz absorvida ou químico óptico).

Os transdutores térmicos medem o calor que está sendo produzido ou absorvido durante cada tipo de reação que está acontecendo. Cada onda de calor proporcionada se deriva da entalpia e do número de moléculas formadas no fim das reações (Homola *et. al.* 1999; Ramanathan *et. al.* 2001).

3.3.3 Transdutor Piezoelétrico.

Transdutores piezoelétricos baseiam-se no reconhecimento biológico dos cristais piezoelétricos e na imersão dos mesmos durante o contato com a solução que contém o analito. Sua interação tem caráter específico, envolvendo o próprio analito junto ao reconhecido biológico, proporcionando sua monitoração e análise, através das oscilações do cristal piezoelétrico, enquanto imerso. Nesse caso, encontra-se sua frequência de oscilação sem o analito ligado a outro elemento, uma vez que será diretamente proporcional ao aumento de massa do próprio cristal, ao participar das ligações a serem formadas (Porfírio, 2014).

Contudo, em indústrias alimentícias, os biossensores eletroquímicos de caráter potenciométrico e amperométricos são predominantes, já que geram maior facilidade e sensibilidade durante manuseio operacional. Além disso, também possuem menor interferência de outros eletrodos eletroquímicos, já que operam em potencial baixo (Bitelo, 2016).

3.3.4 Biossensores utilizados na indústria alimentícia.

Os biossensores são de uso geral, mesmo que cada um tenha uma característica particular. A Tabela 1 apresenta exemplos de biossensores usados na indústria de alimentos.

Tabela 1: Biossensores desenvolvidos por empresas para análise da qualidade de alimentos.

Analito	Empresa
Acompanhamento de deterioração de peixe	<i>Oriental electric</i>
Detecção de <i>Escherichia coli</i> O 1 5 7:H7 em alface (Canary)	<i>Massachusetts Institute of Technology</i>
Detecção de <i>Escherichia coli</i> O 1 5 7:H7 e <i>Salmonella</i> em produtos carneos	<i>Michigan State University's Electrochemical Biosensor</i>
Detecção de <i>Salmonella</i> e <i>Campilobacter</i> em indústrias de suínos	<i>Georgia Research Tech Institute</i>

Tabela 1: Biossensores desenvolvidos por empresas para análise da qualidade de alimentos.

(continuação)

Detecção de enterotoxina estafilocócica B e toxina botulínica A em tomate, milho doce, grãos e cogumelos	<i>Naval Research Laboratory</i>
Detecção de traços de atrazina	<i>Universitat Autònoma de Barcelona (UAB), em cooperação com CSIC</i>

Fonte: Adaptado de: Meatprocess.com 2008; Medical News Today, 2008 *apud* Furtado *et. al.* 2008.

Os biossensores tendem a se expandir cada vez mais. Nos Estados Unidos, por exemplo, as empresas com grandes avanços e potencial tecnológico optam pela aquisição de biossensores, já que ofertam baixo custo de implantação. Além disso, esses aparelhos são considerados vantajosos, já que são considerados dispositivos tecnológicos com maior eficácia e agilidade nos controles de processos de produção. Dessa forma, a partir de estudos foi estabelecida uma combinação desses dispositivos com partículas nanotecnológicas, que permitem que os biossensores realizem uma percepção ainda mais sensível, quando implantados em sistemas com a presença de nanopartículas a serem captados (Furtado, *et. al.* 2016).

Na Tabela 2, é possível observar alguns tipos de biossensores com possibilidade de aplicação em indústrias alimentícias.

Tabela 2: Exemplos de biossensores aplicados na avaliação da qualidade de alimentos.

Sistema de transdução	Elemento de reconhecimento	Analito	Referência
Amperométrico	Glicose oxidase	Glicose	(Olea; Viratelle; Faure, 2008); (Balakrishnan <i>et. al.</i> 2014); (Hui <i>et. al.</i> 2013).
Amperométrico	Frutose desidrogenase	Frutose	(Tkac; Vostiar; Sturdik, 2001); (Sakinyte <i>et. al.</i> 2015).

Tabela 2: Exemplos de biossensores aplicados na avaliação da qualidade de alimentos.

(continuação)

Sistema de transdução	Elemento de reconhecimento	Analito	Referência
Amperométrico	Glutamato oxidase	L-glutamato	(Zhang; Mullens; Gorski, 2006); (Ozel <i>et. al.</i> 2014).
Amperométrico	β - galactosidase	Lactulose	(Mayer; Genrich; Kunnecke, 2006); (Indyk, 2013).
Amperométrico	Lactato desidrogenase	Lactato	(Indyk, 2013); (Teymourian; Salimi; Hallaj, 2012); Loainza <i>et. al.</i> 2015); (Nesakuma <i>et. al.</i> 2013).
Amperométrico	Álcool desidrogenase	Etanol	(Tsai; Huang; Chiu, 2007).
Amperométrico	Colesterol oxidase	Colesterol	(Azhir <i>et. al.</i> 2015); (Cinti <i>et. al.</i> 2015).
Amperométrico	α - amilase	Amido	(Shetty <i>et. al.</i> 2011);
Amperométrico	Lisina oxidase	L-lisina	(García-Villar 2012); (Guerrieri; Ciriello; Cataldi, 2013); (Sahin; Gulce; Gulce, 2013).
Amperométrico	Glicose oxidase-HRP	Glicose	(Khan; Park, 2015); (Gu <i>et. al.</i> 2010).
SPR	Frutose desidrogenase	Frutose	(Damar; Demirkol, 2011).
Magnético	Glicose oxidase	Glicose	(Cui <i>et. al.</i> 2011)

Fonte: Oliveira, 2016; Pereira, 2016.

Portanto, cada um dos biossensores citados na Tabela 2, é usado para avaliação de componentes químicos presentes nos alimentos, podendo ser naturais, aditivos ou até mesmo adquiridos por pesticidas durante plantações. A glicose pode ser citada como um dos exemplos de elementos mais utilizados como amostra nas indústrias de alimentos para o controle de qualidade, a fim de realizar a captação de moléculas de

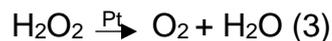
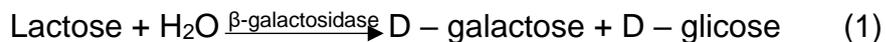
glicose oxidase em alimentos. A maioria dos biossensores é composto por enzimas alimentadas por reações catalíticas com a presença de oxigênio e peróxido de hidrogênio (Oliveira, 2016; Pereira, 2016).

4 ESTUDO DA APLICAÇÃO DE BIOSSENSORES NO CONTROLE DE QUALIDADE DE INDÚSTRIAS.

4.1 BIOSSENSORES EM INDÚSTRIAS DE BEBIDAS.

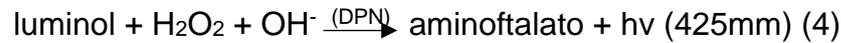
Estudos da implantação de biossensores vem sendo desenvolvido desde meados dos anos 90, com a aplicação em laticínios. Jager (1994) realizou estudos utilizando a enzima β -galactosidase e a glicose, em ligações cruzadas, a fim de encontrar lactose em amostras de leite. Nesse estudo, o autor realizou a leitura de um sistema, com o auxílio de um biossensor amperométrico, com o intuito de detectar a interferência de moléculas de lactose no analito, a partir da leitura de uma concentração de $250 \text{ nA} \cdot \text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ na amostra, sendo necessário estabelecer uma espera de três meses para que o biossensor encontrasse seu ponto de estabilidade após contato com a amostra. Além disso, o estudo também se repetiu em amostras de iogurte e demais derivados de leite, uma vez que também podem gerar uma percepção de enzimas da β -galactosidase nesses outros produtos.

A leitura foi realizada a partir da capacidade catalítica do biossensor em uso que realizou monitoramento de H_2O_2 nas amostras, como mostram as reações 1, 2, e 3 (Porfírio, 2014).



Yang (2010) desenvolveu um biossensor enzimático com características ópticas, o estudo estabelece similaridade ao experimento de Jager (1994), uma vez que o uso do biossensor também promove a detecção da lactose em amostras de leite. As moléculas de β -galactosidase e glicose oxidase, quando mobilizadas em fibras de alginato de cálcio e amina, gera um mecanismo catalítico durante a reação, como

descritos nas reações 1 e 2 apresentadas anteriormente, gerando o que se mostra na reação 4.



Nesse caso, pode-se observar que a lactose presente nessa amostra, gera a quantidade necessária de H_2O_2 , que a reação precisa para reagir com o *luminol* nas soluções básicas, intensificando a luminescência produzida pela reação, facilitando a captação das enzimas de lactose. Assim, após a permanência do biossensor no experimento, encontra-se uma variação na faixa linear, sendo de $8,0 \times 10^{-4} \text{ g.ml}^{-1}$ a $4,0 \times 10^{-6} \text{ g.ml}^{-1}$ (Yang, 2010)

Já em 2004, diferentemente de Jager (1994), Knecht (2004) decide inovar, promovendo o desenvolvimento de um imunossensor automatizado, unificando diversos sensores agindo em paralelo. Essa junção é capaz de detectar a ação de antibióticos de forma simultânea, com a presença de anticorpos específicos, como a penicilina G; o que permitirá a análise simultânea dos analitos em estudo, promovendo resultados analíticos a cada cinco minutos, detectando enzimas a cada $0,12 \text{ } \mu\text{g.L}^{-1}$. Esse mesmo biossensor foi utilizado em amostras de leite, obtendo resultados significativos para os estudos de lactose no leite.

Os estudos anteriormente citados caracterizam e exemplificam a utilização de dispositivos em processos. Os mesmos podem ser utilizados durante o controle de qualidade em indústrias de laticínios, principalmente nas voltadas para produtos sem lactose, uma vez que detectarão o índice de lactose em produtos. Além disso, também podem gerar análises precisas, devido a sua formação específica e alta sensibilidade.

A Tabela 3 mostra dispositivos capazes de detectar moléculas de lactose durante os processos de fabricação.

Tabela 3: Biossensores empregados para a análise de leite e bebidas lácteas.

Analito	Aplicação	Reconhecedor Biológico	Transdutor	Faixa linear de resposta	Durabilidade	Citação

Tabela 3: Biossensores empregados para a análise de leite e bebidas lácteas.

(continuação)

Analito	Aplicação	Reconhecedor Biológico	Transdutor	Faixa linear de resposta	Durabilidade	Citação
Lactose	Leite	β -galactosidase e Glicose oxidase	Amperométrico	$1,0 \times 10^{-4}$ a $1,4 \times 10^{-2}$ mol L ⁻¹	3 semanas	(Amma m; Fransae r, 2010)
Lactose	Leite	Celobiose desidrogenase	Amperométrico	1×10^{-6} a $1,5 \times 10^{-4}$ mol L ⁻¹	12 dias	(Tasca <i>et. al.</i> 2014)
Uréia	Leite	Urease	Óptico	-	7 a 8 dias	(Nikoleli ; Nikolelis ; Metenit e, 2010)
Glicose	Leite sem lactose	Glicose oxidase	Amperométrico	-	-	(Graça <i>et. al.</i> 2014)
Tetraciclina	Leite	Aptâmetro	Eletroquímico	$5,0 \times 10^{-7}$ a $5,0 \times 10^{-6}$ g mL ⁻¹	15 dias	(Chen <i>et. al.</i> 2014)
<i>Clostridium botulinum neurotoxinas A e B</i> (PCR)	Leite	Elisa e immuno-PCR	Piezoelétrico	-	-	(Rajkovic <i>et. al.</i> 2011)

Tabela 3: Biossensores empregados para a análise de leite e bebidas lácteas.

(continuação)

Analito	Aplicação	Reconhecedor Biológico	Transdutor	Faixa linear de resposta	Durabilidade	Citação
<i>Salmonella typhimurium</i> (SA)	Leite	Anticorpo SA	Condutimétrico	1,0x10 ⁻³ a 1,0x10 ⁻⁷ CFU mL ⁻¹	1 mês	(Dong <i>et. al.</i> 2013)
íon chumbo	Leite	Urease	Potenciométrico e colorimétrico	1,93x10 ⁻⁶ a 4,83x10 ⁻⁶ mol L ⁻¹	-	(Kaur; Kumar; Verma, 2014)
Lisina	Leite	Lisina oxidase	Amperométrico	1,0x10 ⁻⁶ a 6,0x10 ⁻⁴ μmol L ⁻¹	4 meses	(Chauhan <i>et. al.</i> 2013)
<i>Staphylococcus Aureus</i> (S. aureus)	Leite	Anticorpo S. aureus	Colorimétrico	1,5x10 ² a 1,5x10 ⁶ CFU mL ⁻¹	-	(Sung <i>et. al.</i> 2013)

Fonte: Adaptada de: Porfírio, 2014.

O uso de biossensores, também pode ser aplicado nas produções de bebidas alcoólicas, já que o uso e ingestão de bebidas alcoólicas vêm crescendo significativamente nos últimos tempos, independente das classes sociais. Essas bebidas alcoólicas podem conter agentes contaminadores, como os pesticidas e outros contaminantes orgânicos industriais, além da presença de demais substâncias infectantes, que são adicionadas ou até mesmo formadas no processo de fermentação.

Embora haja a prevenção de contaminantes na produção de bebidas, ainda há um limite aceitável de agentes contaminadores em produtos desse tipo. Segundo a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), a Resolução - RDC Nº 42, de 29 de agosto de 2013, viabiliza um limite máximo a ser respeitado, referente à quantidade

concentrada de contaminantes inorgânicos em bebidas alcoólicas, sendo de responsabilidade fiscal do ministério de agricultura, pecuária e abastecimento. Dessa forma, faz parte das análises do controle de qualidade do produto durante o processo produtivo, etapas que visam o monitoramento do processo produtivo e garantia de qualidade do produto; a determinação da autenticidade da bebida; a detecção de aditivos e possíveis fraudes nos produtos; o cumprimento das exigências regulamentares; a caracterização de novos componentes; e a investigação da presença de poluentes, toxinas naturais e metabólicos.

Em processos de fabricação de bebidas alcoólicas, durante o controle e garantia da qualidade, também podem ser utilizados biossensores eletrônicos com características similares ao olfato e paladar. O intuito desses dispositivos é gerar uma análise, através do reconhecimento pelo "gosto". Além disso, também poderá observar os valores nutricionais do produto, a partir dos componentes chaves que foram cadastrados na base de dados do dispositivo utilizado (Porfírio, 2014).

Varmamkhasti (2011) desenvolveu um biossensor titulado "língua bioeletrônica". Com esse biossensor foi possível obter a percepção da enzima tirosinase, a partir do uso das ftalocianinas, devido a alteração do comportamento dos elétrons na amostra utilizada para a percepção do envelhecimento da cerveja. Esse dispositivo se relaciona às concentrações de compostos fenólicos, captados em diversas amostras de cervejas de diferentes marcas, gerando análise prévia por meio do voltímetro cíclico que a utilização desses biossensores concede, sendo necessária a utilização de procedimentos matemáticos. Esses tratamentos matemáticos utilizam métodos estáticos confirmados pela rede neural probabilística, discriminando e classificando todas as amostras estudadas.

No mesmo ano, Monosik (2011), disserta sobre o uso de biossensores enzimáticos, a partir de moléculas de glicose oxidase, glicose desidrogenase, que promovem o controle de níveis do mesmo e também do álcool nas bebidas (como é o caso da maltose, frutose, etanol, glicerol entre outros) durante os processos fermentativos da cerveja. Esses dispositivos foram comparados a técnicas de cromatografia líquida (*High Pressure Liquid Chromatography* - HPLC), gerando resultados satisfatórios durante o estudo. Porém, quando comparados com a técnica de espectrofotometria, verificou-se que esta apresenta melhores resultados, uma vez que apontaram a diminuição do índice de açúcar no processo, se tornando capazes de detectar e quantificar baixas concentrações de glicose e frutose em altos estágios

de fermentação. No caso do álcool, todos os métodos se caracterizaram como adequados. A tabela 4 apresenta alguns dos principais biossensores desenvolvidos para usos em produções de bebidas alcoólicas.

Tabela 4: Biossensores empregados para a análise de qualidade em bebidas alcoólicas.

Analito	Aplicação	Reconhecedor Biológico	Transdutor	Faixa linear de resposta	Durabilidade	Citação
Glicose, frutose e etanol	Vinho	Glicose oxidase (GOD) Álcool oxidase (AO) e D-frutose desidrogenase (FDH)	Amperométrico	$2,0 \times 10^{-5}$ a $7,0 \times 10^{-4}$ mol L ⁻¹ $5,0 \times 10^{-5}$ a $5,0 \times 10^{-4}$ mol L ⁻¹ e $5,0 \times 10^{-5}$ a $5,0 \times 10^{-4}$ mol L ⁻¹	6 meses GOD), 1 mês (AO) e 15 dias (FDH)	(Piermarini, <i>et. al.</i> 2011)
Glicose	Bebidas alcoólicas	Glicose oxidase	Amperométrico	$1,0 \times 10^{-5}$ a $3,0 \times 10^{-4}$ mol L ⁻¹	2 meses	(Grassino, <i>et. al.</i> 2012)
Ocratoxina A (OTA)	Vinho	Anticorpo OTA	Óptico	-	-	(Simón; Saiki, 2012)
Etanol	Vinho e cerveja	Peroxidase e Álcool desidrogenase	Amperométrico	-	3 dias	(Pisoschi, 2013)
Ocratoxina A	Cerveja	Peroxidase	Amperométrico	-	-	(Lomillo <i>et. al.</i> 2010)
Quitosana	Vodka	Gluconobacter oxydans	Amperométrico	$5,0 \times 10^{-4}$ a $2,0 \times 10^{-3}$ mol L ⁻¹	-	(Habib; Demirkol; Timur, 2011)

Tabela 4: Biossensores empregados para a análise de qualidade em bebidas alcoólicas.

(continuação)

Analito	Aplicação	Reconhecedor Biológico	Transdutor	Faixa linear de resposta	Durabilidade	Citação
Ácido láctico	Vinho	L-lactato oxidase	Amperométrico	5×10^{-3} a $3,40 \times 10^{-3}$ mol L ⁻¹	15 meses	(Monosik, et. al. 2012)

Fonte: Adaptada de: Porfírio, 2014.

Outro ponto a ser citado, são as bebidas não alcoólicas, cujo as mesmas podem ser de caráter natural ou industriais. O suco natural, não necessita de fermentação, uma vez que já se adquire através da fruta fresca. Porém, as frutas transformadas em sucos e demais bebidas, podem estar contaminadas por microrganismos e pela presença de diversos contaminantes químicos. Nesse caso, o desenvolvimento desses sucos de frutas necessita de grande adição de água, e esta pode ser uma grande transmissora de contaminações (Porfírio, 2014).

No caso de sucos de frutas naturais, é possível haver a presença de bactérias, como a *Salmonella*, *Aspergillus*, *Penicillium*, entre outros. Nesse caso, Dremel (1998), também desenvolveu um biossensor enzimático para a determinação de microrganismos em amostras de suco de fruta. Dessa forma, acoplou-se um sensor de fibra óptica no produto, onde o mesmo gerou a apresentação de faixas lineares de 0,1 a 500 mmol.L⁻¹, durante uma análise contínua por aproximadamente 17 dias.

Em contrapartida, Wcislo (2007), realizou estudos com um biossensor amperométrico, para a determinação de β-aminoácidos oxidase, sendo constituído a partir da imobilização da mesma enzima que se encontra na superfície do eletrodo. Esse dispositivo, se define através da sua alta seletividade e faixa Linear de 5 a 200 μ.mol.L⁻¹.

Zelada-Guillen (2010), também avaliou amostras de sucos de frutas e leite, a fim de propor a implantação de biossensores potenciométricos com intuito de detectar *Escherichia coli*. A composição desse dispositivo permite a realização de uma imobilização do reconhecedor biológico por nanotubos de carbono simples, devido sua alta sensibilidade e seletividade, detectando altos índices de microrganismos presentes nas moléculas de glicose nos sucos e lactose no leite.

A Tabela 5 apresenta os biossensores para o uso em bebidas não alcoólicas.

Tabela 5: Biossensores empregados para a análise de sucos de frutas e demais bebidas não alcoólicas.

Analito	Aplicação	Reconhecedor Biológico	Transdutor	Faixa linear de resposta	Durabilidade	Citação
Vitamina B5	Suco de fruta.	Anticorpo vitamina B5	Óptico (SPR)	$1,0 \times 10^{-8}$ a $5,0 \times 10^{-6}$ g mL ⁻¹	-	(Haughey <i>et. al.</i> 2012)
Adenina	Chá.	Adenina deaminase	Amperométrico	$5,0 \times 10^{-6}$ a $1,0 \times 10^{-4}$ mol L ⁻¹	-	(Virág, <i>et. al.</i> 2012)
Tioureia	Suco de Fruta.	Tecido de cogumelo (Agaricus bisporus) e polifenol oxidase	Térmico	$1,0 \times 10^{-6}$ a $2,0 \times 10^{-5}$ mol L ⁻¹	-	(Sezginturk; Dinçkaya, 2010)
Glicose	Energil C, Energeticos, Tampico, Gatorade, Suco de Laranja.	Glicose oxidase e peroxidase	Amperométrico	$5,0 \times 10^{-5}$ e $6,0 \times 10^{-3}$ g mL ⁻¹	5 dias	(Lopes, <i>et. al.</i> 2012)
Frutose	Suco de Frutas e Bebidas energéticas.	Frutose desidrogenase	Amperométrico	$1,0 \times 10^{-4}$ a 5×10^{-3} mol L ⁻¹	4 meses	(Antioquia; Vinci; Gorton, 2013)
Peróxido de hidrogênio	Leite, suco de fruta, leite de coco.	Tionina e catalase	Amperométrico	$1,0 \times 10^{-4}$ a $2,3 \times 10^{-3}$ mol L ⁻¹	4 semanas	(Chen <i>et. al.</i> 2011)

Tabela 5: Biossensores empregados para a análise de sucos de frutas e demais bebidas não alcoólicas.

(continuação)

L- aminoácido	L- aminoácido o Suco de Fruta	L-aminoácido oxidase	Amperométric o	1,0×10 ⁻⁶ a 7,0×10 ⁻² mol L ⁻¹	120 dias	(Suman; Batra, 2013)
------------------	--	-------------------------	-------------------	---	----------	-------------------------

Fonte: Adaptada de: Porfírio, 2014.

4.2 BIOSSENSORES NA ANÁLISE DE GRÃOS E CAFÉ.

Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS) a presença de micotoxinas em alimentos, é de extremo risco a saúde humana, ao desenvolvimento e cuidados dos animais e até mesmo para a economia mundial de diversos países. (OMS, 2006)

A presença da Ocratoxina A (OTA) no grão de café é considerado um ponto de atenção para os produtores. A Ocratoxina é produzida por fungos de diversas espécies (como *Aspergillus* e *Penicillium*), que se proliferam em grãos durante o armazenamento. Esse tipo de toxina possui alta resistência em muitas condições ambientais, se tornando difícil a sua eliminação, já que suporta altos índices de acidez e temperatura, o que também limita os métodos de detecção dessa toxina nos grãos de café (Rohr; Schlatter; Dietrich, 2000).

O destaque referente aos danos gerados pela OTA no organismo, vem sendo cada vez mais abrangentes, devido ao seu caráter cancerígeno e demais infecções (similares a fenilalanina natural, quando há o consumo de proteínas). Em casos atuais, as análises dessa toxina em grãos e demais alimentos, vem sendo realizadas por cromatografia líquida. Dessa forma, os imunoenaios vem se tornando fatores grandemente utilizados na quantificação dessas micotoxinas, já que possuem resultados precisos. Em contrapartida, essas técnicas precisam de pessoas qualificadas e um longo tempo de análise, fazendo com que as indústrias optem pelo uso de outros métodos de detecção, de forma mais simples (Oliveira *et. al.* 2023 *apud* Creppy *et. al.* 1983; Assaf; Azouri; Pallardy; 2004).

Contudo, opta-se pela utilização de biossensores de capacidades ópticas e eletroquímicas, já que permitem um alcance considerável na captação dessas micotoxinas. Nesse caso, os usos desses dispositivos eletroquímicos trarão maior sensibilidade ao estudo, promovendo melhor economia financeira durante o uso e viabilidade nas amostras, sem a interferência de colorações indesejadas. Dessa

forma, Wang *et. al.* 2019, disserta sobre o excelente resultado no uso do biossensor eletroquímico, que proporcionou a amplificação de seus sinais por exonuclease, aumentando sua faixa linear de OTA saindo de 10 pg.mL^{-1} até 10 ng.mL^{-1} e de LOD saindo de 3 pg.ML^{-1} .

Paralelo ao autor anteriormente citado, Liu *et. al.* (2019), desenvolveu um imunossensor com características competitivas a de Wang *et. al.* (2019), onde o mesmo desenvolve sua resposta eletroquímica, a partir da oxidação do produto enzimático. Diferenciando-se da detecção da concentração de Ocratoxina, que possui faixa linear de 10 pg.mL^{-1} a 100 ng.mL^{-1} , estabelecendo um limite de detecção próximo a $8,2 \text{ pg.mL}^{-1}$.

Atualmente, não são muitos os estudos que relatam a utilização de biossensores para detecção de OTA em grãos de café. O uso e implantação desses dispositivos foram de extrema valia, uma vez que promovem melhorias no processo, devido à alta agilidade e sensibilidade na detecção de microtoxinas em menores volumes de reação. Malvano *et. al.* 2016, utiliza um sistema com faixa linear de $0,01$ a 5 ng mL^{-1} , sem a necessidade de imobilizar a microtoxina; entretanto Muchindu *et. al.* 2011 realizou a detecção dessa mesma microtoxina, com diferente faixa linear e a partir da imobilização de anticorpos OTA, com um eletrodo de platina modificada. Além disso, Radi *et. al.* 2009 propôs a criação de um eletrodo de ouro policristalino, coberto por filme 4-carboxifenila repleto por enxerto de redução eletroquímica, a partir da utilização de um imunossensor impedimétrico com faixa de detecção linear entre 1 a 20 ng mL^{-1} e um LOD de $0,5 \text{ ng mL}^{-1}$.

Kunene *et. al.* (2021) construiu um biossensor eletroquímico a fim de detectar a presença de OTA em cereais, onde imobilizou uma amostra de OTA, com albumina de soro bovino com a presença de eletrodos impressos em tela de carbono modificados, pela presença de nano partículas de prata e óxido de grafeno, que reduzem a faixa linear de $0,002$ a $0,016 \text{ mg.L}^{-1}$ e um LOD de $7 \times 10^{-4} \text{ mg.L}^{-1}$, necessitando de uma maior sensibilidade do biossensor para realizar a detecção da microtoxina. Embora haja avanços nos limites de detecção, as estratégias relatadas envolvem múltiplas etapas que envolvem a fabricação de biossensores, para a implantação em processos. Nesse caso, após construção e implantação desses biossensores imunológicos desenvolvidos, a detecção de OTA foi de grande valia, indicando a presença da mesma em limites aplicáveis por legislação internacional, mesmo podendo ser reprodutível, seletivo e aplicável em amostras reais.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

À medida que os anos vão se passando, a indústria alimentícia vem evoluindo cada vez mais, de forma que necessite de um maior controle em seus processos, viabilizando melhorias que garantem cada vez mais a qualidade de seus produtos.

Nesse estudo, verificou-se que o uso de biossensores no controle de qualidade de indústrias alimentícias representa um avanço significativo na garantia da segurança e padrão dos alimentos. À medida que a indústria alimentícia se desenvolve e busca melhorias tecnológicas nos padrões produtivos, a necessidade de métodos rápidos e precisos de análise se torna cada vez mais evidente. Dessa forma, os biossensores surgem como uma solução tecnológica inovadora, capaz de detectar componentes biologicamente ativos e contaminantes em alimentos de maneira direta ou indireta. Estes dispositivos, ao gerar sinais elétricos em resposta à detecção de substâncias específicas, oferecem uma análise mais rápida e precisa, minimizando erros analíticos que podem ser suscetíveis à intervenção humana.

Além disso, a implementação de biossensores alinha-se com os avanços da Indústria 4.0, potencializando a segurança e o controle de qualidade nos alimentos. A capacidade de detectar contaminantes químicos, físicos e biológicos em tempo real pode não apenas melhorar a eficiência da produção, mas também garantir que os produtos alimentícios atendam aos padrões de segurança e qualidade exigida.

Embora concluísse que a viabilidade da implantação do uso de biossensores seja de grande valia, ainda há a necessidade de se manter as boas práticas de fabricação em um processo produtivo.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE ALIMENTOS. **Indústria de alimentos cresce 6,7% em 2019.** Disponível em: https://www.abia.org.br/vsn/tmp_2.aspx?id=422. Acesso em: 30 Maio 2023.

ABREU, J. M. *et. al.* **Aplicação das ferramentas da qualidade para minimizar o salpicamento e sanguinolência da carne no abate de aves.** IN: XXII SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO Política Nacional de Inovação e Engenharia de Produção Bauru, SP, Brasil, 09 a 11 de novembro de 2015. Anais. Disponível em: http://www.simpep.feb.unesp.br/abrir_arquivo_pdf.php?tipo=artigo&evento=10&art=1006&cad=6626&opcao=com_id. Acesso em: 20 agot. 2023.

ALONSO-LOMILLO, M. A., DOMÍNGUEZ-RENEDO, O., FERREIRA-GONÇALVES, L., & ARCOS-MARTÍNEZ, M. J. (2010). **Sensitive enzyme-biosensor based on screen-printed electrodes for Ochratoxin A.** *Biosensors and Bioelectronics*, 25(6). Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.bios.2009.10.024>. Acesso em: 21 de outubro de 2023.

AMMAM, M., FRANSAER, J. (2010). **Two-enzyme lactose biosensor based on β -galactosidase and glucose oxidase deposited by AC-electrophoresis: Characteristics and performance for lactose determination in milk.** *Sensors and Actuators, B: Chemical*, 148(2). Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.snb.2010.05.027>. Acesso em: 21 de outubro de 2023.

ANTIOCHIA, R., VINCI, G., GORTON, L. (2013). **Rapid and direct determination of fructose in food: A new osmium-polymer mediated biosensor.** *Food Chemistry*, 140(4). Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.11.023>. Acesso em: 21 de outubro de 2023.

ANVISA. **Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 275, de 21 de outubro de 2002.** Dispõe sobre o Regulamento Técnico de Procedimentos Operacionais Padronizados aplicados aos Estabelecimentos Produtores/Industrializadores de Alimentos e a Lista de Verificação das Boas Práticas de Fabricação em Estabelecimentos Produtores/Industrializadores de Alimentos.

BITELO, S. 2011. **Biossensor de Glicose**. UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL INSTITUTO DE QUÍMICA. **Acesso em:** 17 de outubro de 2023.

BÓKA, B., ADÁNYI, N., VIRÁG, D., FREBORT, I., & KISS, A. (2013). **Enzyme Based Amperometric Biosensor for Adenine Determination**. *Electroanalysis*, 25(1). **Disponível em:** <https://doi.org/10.1002/elan.201200387>. **Acesso em:** 21 de outubro de 2023.

BORGES, Matheus Borges. **Aplicação das ferramentas da qualidade: estudo de caso em uma pequena empresa de delivery de bebidas**. 2023. 57 f. Monografia (Graduação em Engenharia de Produção) - Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas, Universidade Federal de Ouro Preto, João Monlevade, 2023. **Disponível em:** <https://monografias.ufop.br/handle/35400000/5528>. **Acesso em:** 7 Dez 2023.

CAROLINA, A., GOMES, N., ROBERTA, A., SILVA, D., FERREIRA, V., & SILVA, E. B. da (n.d.). **PRODUÇÃO DE ALIMENTOS NA INDÚSTRIA: PRINCIPAIS FERRAMENTAS DA QUALIDADE**. **Acesso em:** 18 de setembro de 2023.

COSTA, C. E. S. da; SANTO, E. D. do E.; ROCHA, L. A.; ORTIN, S. M. A. **Aplicação das ferramentas de qualidade - controle estatísticos de processos e diagrama de ishikawa na determinação da qualidade de um processo produtivo de limão**. *Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação, [S. l.]*, v. 9, n. 5, p. 1794–1819, 2023. DOI: 10.51891/rease.v9i5.9916. **Disponível em:** <https://periodicorease.pro.br/rease/article/view/9916>. **Acesso em:** 6 dez. 2023.

CHAUHAN, N., NARANG, J., PUNDIR, C. S. (2013). **Immobilization of lysine oxidase on a gold-platinum nanoparticles modified Au electrode for detection of lysine**. *Enzyme and Microbial Technology*, 52(4–5). **Disponível em:** <https://doi.org/10.1016/j.enzmictec.2013.01.006>. **Acesso em:** 15 de outubro de 2023.

CHEN, D., YAO, D., XIE, C., & LIU, D. (2014).. **Development of an aptasensor for electrochemical detection of tetracycline**. *Food Control*, 42. **Disponível em:** <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2014.01.018>. **Acesso em:** 14 de outubro de 2023.

DA CRUZ LIMA, A. .; LIMA BARBOSA, C. .; TORRES, L. F. .; TAVARES JOSE RAMOS, P. .; MELO TEIXEIRA, A.; DE OLIVEIRA BRAGA NETO, O. .; AGOSTINHO, R. .; DAMASCENO CALADO, R. . **As 7 Ferramentas da Qualidade. Revista LabDGE UFF**, v. 1, n. 3, 14 abr. 2023. **Disponível em:** <https://periodicos.uff.br/revlabdge/article/view/58132>. **Acesso em: 6 dez 2023.**

DONG, J., ZHAO, H., XU, M., MAA, Q., & AI, S. (2013). **A label-free electrochemical impedance immunosensor based on AuNPs/PAMAM-MWCNT-Chi nanocomposite modified glassy carbon electrode for detection of Salmonella typhimurium in milk.** *Food Chemistry*, 141(3). **Disponível em:** <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.04.098>. **Acesso em:** 16 de outubro de 2023.

EBIT. **Webshoppers 43a Edição.** 2021. **Disponível em:** <https://company.ebit.com.br/webshoppers/webshoppersfree> Acesso em 02 Jun. 2023.
Faria, F., & Porfírio, O. (n.d.). **Aplicação de Biossensores na Análise da Qualidade de Bebidas: Revisão.** **Acesso em:** 12 de outubro de 2023.

FAO – Fundação das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura. **Disponível em:** <http://www.fao.org/food/food-safety-quality/az-index/coffee/en/>. **Acesso em:** 24 de outubro de 2023.

FERREIRA, L. S. O. Jr., FOLLY, R. O. M. (n.d.). **A LACTOSE FIA-BIOSENSOR SYSTEM FOR O TROL.** **Acesso em:** 12 de outubro de 2023.

GRAÇA, J. S., OLIVEIRA, R. F. de, MORAES, M. L. de, & FERREIRA, M. (2014). **Amperometric glucose biosensor based on layer-by-layer films of microperoxidase-11 and liposome-encapsulated glucose oxidase.** *Bioelectrochemistry*, 96. **Disponível em:** <https://doi.org/10.1016/j.bioelechem.2014.01.001>. **Acesso em:** 20 de setembro de 2023.

GRASSINO, A. N., MILARDOVIĆ, S., GRABARIĆ, Z., & GRABARIĆ, B. S. (2012). **Simple and reliable biosensor for determination of glucose in alcoholic**

beverages. *Food Research International*, 47(2). **Disponível em:** <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.10.004>. **Acesso em:** 7 de setembro de 2023.

GRIESHABER, D., MACKENZIE, R., VÖRÖS, J., & REIMHULT, E. (2008). **Electrochemical biosensors - Sensor principles and architectures.** In *Sensors* (Vol. 8, Issue 3). **Disponível em:** <https://doi.org/10.3390/s8031400>. **Acesso em:** 21 de outubro de 2023.

HABIB, O., DEMIRKOL, D. O., TIMUR, S. (2012). **Sol-Gel/Chitosan/Gold Nanoparticle-Modified Electrode in Mediated Bacterial Biosensor.** *Food Analytical Methods*, 5(2). **Disponível em:** <https://doi.org/10.1007/s12161-011-9248-7>. **Acesso em:** 20 de agosto de 2023.

HAUGHEY, S. A., ELLIOTT, C. T., OPLATOWSKA, M., STEWART, L. D., FRIZZELL, C., & CONNOLLY, L. (2012). **Production of a monoclonal antibody and its application in an optical biosensor based assay for the quantitative measurement of pantothenic acid (vitamin B 5) in foodstuffs.** *Food Chemistry*, 134(1). **Disponível em:** <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.02.116>. **Acesso em:** 23 de setembro de 2023.

HOMOLA, J., YEE, S. S., GAUGLITZ, G. (1999). **Surface plasmon resonance sensors: review.** *Sensors and Actuators, B: Chemical*, 54(1). **Disponível em:** [https://doi.org/10.1016/S0925-4005\(98\)00321-9](https://doi.org/10.1016/S0925-4005(98)00321-9). **Acesso em:** 20 de outubro de 2023.

KAUR, H., KUMAR, S., VERMA, N. (2014). **Enzyme-based colorimetric and potentiometric biosensor for detecting Pb (ii) ions in milk.** *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 57(4). **Disponível em:** <https://doi.org/10.1590/S1516-8913201402160>. **Acesso em:** 8 de setembro de 2023.

KIRCOV, L. B. da S. **Ferramentas da qualidade nas indústrias alimentícias Uma revisão de literatura.** 25 de outubro de 2017. Pág. 1 até 15. **Disponível em:** <https://www.unirv.edu.br>. **Acesso em:** 20 ago 2023.

LOPES, F. M., BATISTA, K. de A., BATISTA, G. L. A., & FERNANDES, K. F. (2012). **Biosensor for determination of glucose in real samples of beverages.** *Food Science and Technology*, 32(1). **Disponível em:** <https://doi.org/10.1590/s0101-20612012005000003>. **Acesso em:** 12 de setembro de 2023.

LOWINSOHN, D., BERTOTTI, M. (2006). **Electrochemical sensors: Fundamentals and applications in microenvironments.** In *Quimica Nova* (Vol. 29, Issue 6). **Disponível em:** <https://doi.org/10.1590/s0100-40422006000600029>. **Acesso em:** 22 de outubro de 2023.

MAURICIO, E. F., SILVA, L. M. C., SALGADO, A. M., & PESSOA, F. L. P. (2014). **DESENVOLVIMENTO DE UM BIOSSENSOR POTENCIOMÉTRICO PARA CONTROLE DE QUALIDADE DE ÓLEO DE GERGELIM COMESTÍVEL.** **Acesso em:** 20 de outubro de 2023.

MEDONÇA, M. T *et al.* 2014. **As diversas faces da qualidade: análise em uma indústria frigorífica em Mato Grosso do Sul.** IN: XXXI ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO Inovação Tecnológica e Propriedade Intelectual: Desafios da Engenharia de Produção na Consolidação do Brasil no Cenário Econômico Mundial Belo Horizonte, MG, Brasil, 04 a 07 de outubro de 2011. Anais... Belo Horizonte: 2011. **Disponível em:** http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2011_TN_STP_135_855_17967.pdf. **Acesso em:** 20 ago. 2023.

MELLO, L. D., KUBOTA, L. T. (2002). **Review of the use of biosensors as analytical tools in the food and drink industries.** In *Food Chemistry* (Vol. 77, Issue 2). **Disponível em:** [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(02\)00104-8](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(02)00104-8). **Acesso em:** 22 de outubro de 2023.

MERGULHÃO, A. D. (2022). **INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA BRASILEIRA, DINÂMICAS RECENTES DE EMPREGO E PRODUÇÃO E SEUS IMPACTOS TERRITORIAIS EM TEMPOS DE PANDEMIA.** *GEOgraphia*, ed. 24 p. 53. **Disponível em:** <https://doi.org/10.22409/geographia2022.v24i53.a51015>. 14 de outubro de 2023.

MONOŠÍK, R., STREĎANSKÝ, M., GREIF, G., & ŠTURDÍK, E. (2012). **A rapid method for determination of l-lactic acid in real samples by amperometric biosensor utilizing nanocomposite.** *Food Control*, 23(1). Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2011.07.021>. Acesso em: 21 de outubro de 2023.

NIKOLELI, G. P., NIKOLELIS, D. P., METHENITIS, C. (2010). **Construction of a simple optical sensor based on air stable lipid film with incorporated urease for the rapid detection of urea in milk.** *Analytica Chimica Acta*, 675(1). Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.aca.2010.07.014>. Acesso em: 6 de outubro de 2023.

OJEDA, C. B., ROJAS, F. S. (2013). **Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences Recent Progress in Fiber Optic Biosensors: Applications.** *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*, 4(4). Acesso em: 22 de outubro de 2023.

OLIVEIRA, A. E. F.; PEREIRA, A. C. **Biossensores e a Indústria Alimentar - Revisão.** *Revista Virtual Quim. João Del Rei/MG. Vol. 1. Pág. 1 até 23.* 25 de outubro de 2016. Disponível em: <<http://rvq.s bq.org.br>>. Acesso em: 15 de Outubro de 2023.

OMS - Organização Mundial de Saúde, **Micotoxinas em Alimentos Africanos: Implicações para a Segurança Alimentar.** (AFRO Segurança Alimentar (FOS), 2006. Edição n.º Julho de 2006. Saúde (AFRO Segurança Alimentar (FOS), 2006. Edição n.º Julho de 2006. Disponível em: <https://www.paho.org/pt/brasil>. Acesso em: 23 de outubro de 2023.

PISOSCHI, A. (2013). **Improvement of Alcohol Dehydrogenase and Horseradish Peroxidase Loadings in Ethanol Determination by a Bienzyme Sensor.** *Letters in Organic Chemistry*, 10(8). Disponível em: <https://doi.org/10.2174/15701786113109990023>. Acesso em: 21 de outubro de 2023.

PORFÍRIO, F. F. de O. **Aplicação de Biossensores na análise da qualidade de bebidas: Revisão.** *Revista Virtual Quim. João Del Rei/MG. Vol. 1. Pág 1 até 33.* Dezembro de 2014. Disponível em: <<http://rvq.s bq.org.br>>. Acesso em: 16 de Setembro de 2023.

PRIETO-SIMÓN, B., KARUBE, I., SAIKI, H. (2012). **Sensitive detection of ochratoxin A in wine and cereals using fluorescence-based immunosensing.** *Food Chemistry*, 135(3). Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.05.060>. Acesso em: 20 de setembro de 2023.

RAJKOVIC, A., MOUALIJ, B. el, FIKRI, Y., DIERICK, K., ZORZI, W., HEINEN, E., UNER, A., & UYTENDAELE, M. (2012).. **Detection of Clostridium botulinum neurotoxins A and B in milk by ELISA and immuno-PCR at higher sensitivity than mouse bio-assay.** *Food Analytical Methods*, 5(3). Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s12161-011-9300-7>. Acesso em: 17 de setembro de 2023.

RAMANATHAN, K., DANIELSSON, B. (2001). **Principles and applications of thermal biosensors.** *Biosensors and Bioelectronics*, 16(6). Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0956-5663\(01\)00124-5](https://doi.org/10.1016/S0956-5663(01)00124-5). Acesso em: 21 de outubro de 2023.
RIBEIRO-FURTINI, L. L.; ABREU, L. R. de, 2006. **Utilização de APPCC na indústria de alimentos.** *Ciência e Agrotecnologia*, v. 30, n. 2, p. 358–363, mar. 2006.

ROBLES JUNIOR, A.; BONELLI, V. V. **Apuração dos Custos da Qualidade e dos Custos Ambientais Através da Contabilidade Baseada em Atividades.** 2001. Disponível em: <http://www.anpad.org.br/admin/pdf/enanpad2001-ccg-264.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2023.

RODRIGUES, F. S. M.; DE VASCONCELOS, K. K. G.; FURTADO, C. F. do C.; GONÇALVES E SÁ, C.; SAMPAIO, S. de L.; DE ABREU, C. M. F.; CAVALCANTE, L. P. dos S.; BRAGA, F. L. P. 2023. **A utilização de ferramentas da qualidade na gestão em saúde: uma revisão integrativa.** *Revista Contemporânea, [S. l.]*, v. 3, n. 2, p. 1172–1188, 2023. DOI: 10.56083/RCV3N2-030. Disponível em: <https://ojs.revistacontemporanea.com/ojs/index.php/home/article/view/448>. Acesso em: 7 dec. 2023.

SALOMÃO, A. EMILIO, P. **Produção e Aplicação de Biossensores: Uma Breve Revisão.** *Research, Society and Development*. Itajuba/MG. vol. 7, número. 3, pág. 1

até 9. 27 de fevereiro de 2018. **Disponível em:** <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=560659010017>.

SALOMÃO, P. E. A. (2018). **Produção e Aplicação de Biossensores: Uma Breve Revisão.** *Research, Society and Development*, 7(3), e1373282. **Disponível em:** <https://doi.org/10.17648/rsd-v7i3.282>. **Acesso em:** 21 de outubro de 2023.

SBARDELOTTO, P. R. R. **Análise de Pontos Críticos de Controle – APPCC: Implantação no Frigorífico Sigma.** Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Francisco Beltrão. 20 de dezembro de 2019. **Disponível em:** <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/20091>. **Acesso em:** 20 de Setembro de 2023.

SETHI, R. S. (1994). **Transducer aspects of biosensors.** *Biosensors and Bioelectronics*, 9(3). **Disponível em:** [https://doi.org/10.1016/0956-5663\(94\)80127-4](https://doi.org/10.1016/0956-5663(94)80127-4). **Acesso em:** 21 de outubro de 2023.

SEZGINTÜRK, M. K., DINÇKAYA, E. (2010). **Development of a biosensor for controlling of thiourea in fruit juices.** *Food and Bioprocess Technology*, 3(1). **Disponível em:** <https://doi.org/10.1007/s11947-008-0076-8>. **Acesso em:** 19 de outubro de 2023.

SILVA, F. R. Da. **O papel das ferramentas da qualidade na gestão das organizações.** IN: XVIII Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia (SEGET). Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2021. **Disponível em:** <https://www.aedb.br>. **Acesso em:** 21 ago 2023.

SUNG, Y. J., SUK, H. J., SUNG, H. Y., LI, T., POO, H., & KIM, M. G. (2013). **Novel antibody/gold nanoparticle/magnetic nanoparticle nanocomposites for immunomagnetic separation and rapid colorimetric detection of Staphylococcus aureus in milk.** *Biosensors and Bioelectronics*, 43(1). **Disponível em:** <https://doi.org/10.1016/j.bios.2012.12.052>. **Acesso em:** 20 de julho de 2023.

TASCA, F., LUDWIG, R., GORTON, L., & ANTIOCHIA, R. (2013). **Determination of lactose by a novel third generation biosensor based on a cellobiose dehydrogenase and aryl diazonium modified single wall carbon nanotubes electrode.** *Sensors and Actuators, B: Chemical*, 177. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.snb.2012.10.114>. Acesso em: 20 de maio de 2023.

THÉVENOT, D. R., TOTH, K., DURST, R. A., & WILSON, G. S. (2001). **Electrochemical biosensors: Recommended definitions and classification.** *Biosensors and Bioelectronics*, 16(1–2). Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0956-5663\(01\)00115-4](https://doi.org/10.1016/S0956-5663(01)00115-4). Acesso em: 20 de outubro de 2023.

TRASEL, K. **Implantação de Boas Práticas de Fabricação em empresa de chocolates artesanais em Arroio do Meio - RS.** Centro Universitário – UNIVATES. Lajeado/RS. Vol. 1. Pág. 1 até 21. Novembro de 2014. Disponível em: <https://www.univates.br/tecnicos/media/artigos/Karoline.pdf>. Acesso em: 17 de Agosto de 2023.

TRINDADE, M. M., SILVA, V. F. da, SPANHOL, C P.. (n.d.). **AS DIVERSAS FACES DA QUALIDADE: ANÁLISE EM UMA INDÚSTRIA FRIGORÍFICA EM MATO GROSSO DO SUL.** Acesso em: 12 de junho de 2023.

VIANA, F. L. E. **Indústria de Alimentos.** Caderno setorial ETENE/BNB. Pág 1 até 12. Julho de 2021. Acesso em: 30 de Maio de 2023.

Zhang, B., Cui, Y., Chen, H., Liu, B., Chen, G., & Tang, D. (2011). **A New Electrochemical Biosensor for Determination of Hydrogen Peroxide in Food Based on Well-Dispersive Gold Nanoparticles on Graphene Oxide.** *Electroanalysis*, 23(8). Disponível em: <https://doi.org/10.1002/elan.201100171>. Acesso em: 20 de setembro de 2023.