Universidade Federal da Integração Latino Americana Instituto Latino-Americano de Tecnologia, Infraestrutura e Território
Curso de Engenharia Química

DIMENSIONAMENTO E OTIMIZAÇÃO EXPERIMENTAL DAS CONDIÇÕES DE TRANSPORTE NÃO REFRIGERADO DE KOMBUCHÁS INDUSTRIAIS: FATORES QUE INFLUENCIAM OS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

ALEXSANDRA MARCANSSONI CARNAVAL
ANNE GABRIELE DA SILVA SANTOS

Foz do Iguaçu - PR

2025

Versão Final Homologada
22/08/2025 11:59

ALEXSANDRA MARCANSSONI CARNAVAL

ANNE GABRIELE DA SILVA SANTOS

DIMENSIONAMENTO E OTIMIZAÇÃO EXPERIMENTAL DAS CONDIÇÕES DE TRANSPORTE NÃO REFRIGERADO DE KOMBUCHÁS INDUSTRIAIS: FATORES QUE INFLUENCIAM OS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Latino-Americano de Tecnologia, Infraestrutura e Território da Universidade Federal da Integração Latino-Americana, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Química.

Orientadora: Prof. Dra. Marlei Roling Scariot.
Coorientador: Prof. Dr. Leonardo da Silva Arrieche

Foz do Iguaçu - PR

2025

Versão Final Homologada
22/08/2025 11:59

ALEXSANDRA MARCANSSONI CARNAVAL

ANNE GABRIELE DA SILVA SANTOS

DIMENSIONAMENTO E OTIMIZAÇÃO EXPERIMENTAL DAS CONDIÇÕES DE TRANSPORTE NÃO REFRIGERADO DE KOMBUCHÁS INDUSTRIAIS: FATORES QUE INFLUENCIAM OS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Latino-Americano de Tecnologia, Infraestrutura e Território da Universidade Federal da Integração Latino-Americana, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Química.

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
gov.br
MARLEI ROLING SCARIOT
Data: 20/08/2025 17:26:16-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

_____
Orientador: Prof. Dra. Marlei Roling Scariot
UNILA

Documento assinado digitalmente
gov.br
LEONARDO DA SILVA ARRIECHE
Data: 21/08/2025 12:32:58-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

_____
Prof. Dr. Leonardo da Silva Arrieche
UNILA

Documento assinado digitalmente
gov.br
GLAUCIO JOSE GOMES
Data: 20/08/2025 20:04:45-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

_____
Prof. Dr. Glaucio José Gomes
UNILA

Foz do Iguaçu, _____ de _____ de _____.

Versão Final Homologada
22/08/2025 11:59

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradecemos a Deus, por nos acompanhar, e mesmo nos momentos mais difíceis estar conosco.

Aos nossos familiares, obrigada, vocês foram o suporte que nos sustentou. Nos aconselharam, viram nossas angústias e estiveram conosco, mesmo quando escolhemos engenharia e achávamos que iríamos nos formar em 5 anos, vocês sempre estiveram lá, seremos eternamente gratas por termos vocês.

A Universidade Federal da Integração Latino-Americana pela oportunidade de estudo, aos docentes e técnicos que nos ajudaram em nosso crescimento pessoal e profissional. Em especial, a professora Marlei, nossa gratidão pela orientação, por nos acompanhar em viagens, nos ouvir e por sempre ter paciência, mesmo recebendo mensagens de madrugada.

Um agradecimento especial a Takk kombuchá e a Afrodite, além de nos receberem na fábrica, mostrarem todo o processo de produção, as análises realizadas, nos doaram amostras utilizadas no trabalho, e sempre que surgia alguma dúvida estavam dispostas a nos responder. Ao Guilherme, obrigada pelos conselhos, e também por nos emprestar o refratômetro.

A bíblia diz que tem amigos que são mais chegados que um irmão, e bem podemos dizer que temos alguns assim, eu Alexsandra queria agradecer a Anne por sempre estar do meu lado, por me ouvir, por me apoiar e por ser minha parceira no TCC, os dias na UNILA, forma mais leves com você. Também queria agradecer a Chen, Lidi, Marhlon, Emmy, Adriely, Sabrina, Titico, Andrey, vocês deixaram a faculdade mais leve, e às vezes era legal ir lá só pra poder ver vocês. Aos meus amigos de Foz, obrigada por me acolherem nesta cidade, me mostrarem coisas bonitas, a vida longe de casa pode ser solitária, mas vocês me ajudaram. Aos meus amigos de Cascavel, obrigada por me apoiarem mesmo estando longe, mesmo não podendo ser tão presente, em especial a minha amiga Luana e ao meu amigo Alan. Eu queria agradecer em especial a minha segunda família, Sara, Ingridy, Mario, Pietro, Bernardo, Nara, Klinger e Regina, vocês são especiais pra mim. Em especial queria agradecer a Regina, a senhora foi como uma mãe pra mim, me ensinou, me ajudou, me disciplinou e sempre me disse que eu era capaz, sempre me lembrarei de tudo que me ensinou.

Eu, Anne, sou imensamente grata à Alexsandra pela amizade e parceria ao longo de todo o curso. Obrigada por toda a paciência, por estar ao meu lado nos momentos de caos, surtos e

Versão Final Homologada
22/08/2025 11:59

delírios, você foi essencial nessa caminhada. Também agradeço de coração à Chen, Lidi e Marhlon, que estiveram comigo desde o início, e à Adriely, Emmy, Titico e Luanna, que tornaram os dias na faculdade mais leves e inesquecíveis. Aos meus amigos de infância Mateus, Amanda, Stefane, Ana Beatriz, Mariani e Cibelly obrigada por nunca deixarem de me apoiar, mesmo longe.

A todos vocês, deixo aqui nossa mais sincera gratidão. Obrigada por fazerem parte dessa história!

Versão Final Homologada
22/08/2025 11:59

RESUMO

Kombuchá é uma bebida não alcoólica obtida pela fermentação de chá adoçado, por meio da ação de uma colônia de bactérias e leveduras (SCOBY).Este trabalho teve como objetivo avaliar a influência do transporte não refrigerado de kombuchá industrial, avaliando os parâmetros físico-químicos das amostras após a simulação de transporte. Foram acondicionadas kombuchás de marcas, embalagens e sabores diferentes, sendo posicionadas em uma incubadora shaker a 35°C e 202 de rpm para simular o transporte, para viagens curtas (3 horas), médias (8 horas) e longas (24 horas) e posicionadas perto da porta, no meio e no fundo. Após a simulação de transporte foram avaliados os parâmetros físico-químicos das kombuchás, seguindo a legislação do Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), e avaliando o quanto o transporte não refrigerado afeta as kombuchás. Os resultados obtidos indicaram que quanto mais tempo as kombuchás ficam em estresse térmico, maior a possibilidade de estarem fora do padrão estabelecido pelo MAPA, sendo o teor alcoólico o parâmetro que mais ultrapassou os valores estabelecidos pela legislação. Destaca-se que dependendo da posição em que a kombuchá se encontrava na simulação, os seus parâmetros não foram afetados significativamente, avaliando que a posição dentro do transporte também pode ser uma grande influência, sendo analisadas posições dentro do caminhão que possam minimizar a transferência de calor do meio para os produtos. Recomendações futuras incluem novas simulações de transporte com variação de temperaturas.

Palavras-chaves: análises; estresse térmico; legislação; teor alcoólico; fermentação.

Versão Final Homologada
22/08/2025 11:59

RESUMEN

La kombuchá es una bebida no alcohólica obtenida por la fermentación de té endulzado mediante la acción de una colonia de bacterias y levaduras (SCOBY). El objetivo de este trabajo fue evaluar la influencia del transporte no refrigerado de kombucha industrial, analizando los parámetros fisicoquímicos de las muestras después de la simulación del transporte. Se acondicionaron kombuchás de diferentes marcas, envases y sabores, posicionadas en una incubadora shaker a 35 °C y 202 rpm para simular el transporte en viajes cortos (3 horas), medios (8 horas) y largos (24 horas), ubicándolas cerca de la puerta, en el centro y en el fondo. Después de la simulación se evaluaron los parámetros fisicoquímicos de las kombuchas, siguiendo la legislación del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Abastecimiento (MAPA), determinando el impacto del transporte no refrigerado sobre las muestras. Los resultados indicaron que, cuanto mayor el tiempo de exposición al estrés térmico, mayor la posibilidad de no cumplir con los estándares establecidos por el MAPA, siendo el contenido alcohólico el parámetro que más superó los valores permitidos. Se destaca que, dependiendo de la posición de la kombuchá durante la simulación, sus parámetros no se vieron afectados significativamente, lo que sugiere que la ubicación dentro del transporte puede ser un factor relevante, analizándose posiciones en el camión que minimicen la transferencia de calor del medio a los productos. Como recomendación, se proponen nuevas simulaciones de transporte con variación de temperaturas.

Palabras clave: análisis; estrés térmico; legislación; contenido alcohólico; fermentación.

Versão Final Homologada
22/08/2025 11:59

ABSTRACT

Kombuchá is a non-alcoholic beverage obtained from the fermentation of sweetened tea through the action of a symbiotic colony of bacteria and yeast (SCOBY). The aim of this study was to evaluate the influence of non-refrigerated transport of industrial kombucha by analyzing the physicochemical parameters of samples after transport simulation. Kombuchá samples from different brands, packaging types, and flavors were placed in a shaker incubator at 35 °C and 202 rpm to simulate transport conditions for short (3 hours), medium (8 hours), and long (24 hours) trips, being positioned near the door, in the center, and at the back. After the simulation, the physicochemical parameters of the kombuchá samples were evaluated according to the regulations of the Ministry of Agriculture, Livestock and Supply (MAPA), in order to determine the impact of non-refrigerated transport. The results showed that the longer the exposure to thermal stress, the greater the likelihood of non-compliance with MAPA standards, with alcohol content being the parameter that most frequently exceeded the legal limits. It was also observed that the position of the samples during transport influenced the results, indicating that product location inside the vehicle can affect heat transfer. Future recommendations include performing additional transport simulations under different temperature conditions.

Key words: analysis; thermal stress; legislation; alcohol content; fermentation.

Versão Final Homologada
22/08/2025 11:59

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Principais microrganismos do SCOBY (Cultura Simbiótica de Bactérias e Leveduras)..... 20
Tabela 2. Valores estabelecidos pela normativa N°41 para a produção de kombuchá..... 26
Tabela 3. Parâmetros físico-químicos nas amostras padrão fornecidas pela fábrica..... 42
Tabela 7. Dados obtidos para o cálculo da acidez total..... 48
Tabela 8. Dados para o cálculo da curva de calibração..... 50
Tabela 9. Parâmetros físico-químicos da marca Afrodite lata após a simulação de transporte a 35°C e 202 rpm..... 51
Tabela 10. Parâmetros físico-químicos da marca Afrodite - PET após a simulação de transporte a 35°C e 202 rpm..... 52
Tabela 11. Parâmetros físico-químicos da marca Takk - PET após a simulação de transporte a 35°C e 202 rpm..... 53
Tabela 12. Análises de variância de medidas repetitivas de cada fator após simulação de transporte a 35°C e 202 rpm..... 55
Tabela 13. Pós-teste de Bonferroni aplicado para identificar comparações entre as localizações após simulação de transporte a 35°C e 202 rpm..... 57

Versão Final Homologada
22/08/2025 11:59

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Fluxograma do processo de produção do kombuchá.....18
Figura 2. Esquema do processo industrial de produção de kombuchá..... 19
Figura 3. Incubadora Shaker..... 30
Figura 4. Refratômetro de bancada marca ABBE.....31
Figura 5. Phmetro da marca Tecnopon..... 32
Figura 6. Termômetro da marca Akso..... 32
Figura 7. Refratômetro de etanol..... 33
Figura 8. Soluções com diferentes concentrações de etanol.....34
Figura 9. Soluções com diferentes concentrações de etanol.....34
Figura 10. Embalagens padrão antes da simulação (Branco)..... 38
Figura 11. Embalagens após 3 horas da simulação, sob temperatura de 35°C e 202 de rpm..... 39
Figura 12. Embalagens após 8 horas da simulação, sob temperatura de 35°C e 202 de rpm.....40
Figura 13. Embalagens após 24 horas da simulação a 35°C e 202 rpm..... 41
Figura 14. Avaliação do pH das amostras ao longo do transporte a 35°C e 202 rpm.....43
Figura 15. Comparação da acidez total das amostras ao longo do transporte a 35°C e 202 de rpm..... 49
Figura 16. Curva de calibração da concentração do etanol.....50
Figura 17. Variação do teor alcoólico ao longo do tempo da marca Afrodite - lata a 35°C e 202 rpm.....51
Figura 18. Variação do teor alcoólico ao longo do tempo da marca Afrodite - PET a 35°C e 202 rpm.....52
Figura 19. Variação do teor alcoólico ao longo do tempo da marca Takk - PET a 35°C e 202 rpm..... 54
Figura 20. Teor alcoólico médio (%) em função da embalagem - localização no transporte.....58
Figura 21. Disposição e classificação das caixas em um caminhão baú.....61
Figura 22. Soluções com diferentes concentrações de etanol.....69
Figura 23. Tiras mergulhadas nas soluções de etanol..... 70
Figura 24. Tiras mergulhadas em leite comum com uma alíquota de etanol.....70
Figura 25. Tiras mergulhadas em leite materno.....71

Versão Final Homologada
22/08/2025 11:59

LISTA DE SIGLAS

MAPA- Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

HIV/AIDS -Vírus da Imunodeficiência Humana.

ABKOM -Associação Brasileira de kombuchá.

SCOBY -Cultura Simbiótica de Bactérias e Leveduras.

CVDs- Doenças Cardiovasculares.

v/v -volume/volume.

PET-Polietileno Tereftalato.

M- Molar.

ANOVA -Análise de Variância Multifatorial.

Versão Final Homologada
22/08/2025 11:59

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA.....14
2 OBJETIVOS.....16
2.1 OBJETIVOS GERAIS.....16
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....16
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....17
3.1 KOMBUCHÁ.....17
3.1.1 Origem.....17
3.1.2 Preparo.....18
3.1.3 Chá.....19
3.2 SCOBY.....20
3.3 OUTRAS BEBIDAS FERMENTADAS NÃO ALCOÓLICAS.....22
3.4 TEMPERATURA E FERMENTAÇÃO.....22
3.5 pH.....23
3.6 BRIX E TEOR ALCOÓLICO.....24
3.7 LEGISLAÇÃO.....25
3.8 TIPOS DE EMBALAGENS.....26
3.9 CONDIÇÕES DE TRANSPORTE.....28
4 MATERIAIS E MÉTODOS.....29
4.1 OBTENÇÃO DA KOMBUCHÁ COMERCIAL.....29
4.2 PREPARO DAS AMOSTRAS.....29
4.3 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS.....30
4.3.1 Acidez total.....30
4.3.2 Brix.....31
4.3.3 pH.....32
4.3.4 Temperatura.....32
4.3.5 Teor Alcoólico.....33
4.3.5.1 Preparo da curva de calibração.....33
4.3.5.2 Análise das amostras de kombuchá.....35
4.4 ANÁLISES ESTATÍSTICA.....35
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....36
5.1 CONDIÇÕES DE TRANSPORTE.....36
5.1.1 Transferência de Calor.....36
5.1.2 Avaliação das Embalagens.....37
5.2 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS.....42
5.2.1 Amostras Padrão.....42
5.2.2 Avaliação do pH.....43
5.2.3 Classificação do Brix.....44
5.2.4 Determinação Da Acidez Total Titulável.....47
5.2.5 Variação Do Teor Alcoólico.....49
5.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....55

Versão Final Homologada
22/08/2025 11:59

5.4 PERSPECTIVA GERAL..... 59
5.4.1 Variação Nos Parâmetros Físico-Químicos.....59
5.4.2 Otimização Do Transporte..... 60
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS..... 62
REFERÊNCIAS..... 63
APÊNDICE A - USO DE FITAS PARA MEDIÇÃO ESTIMADA DO TEOR ALCOÓLICO EM KOMBUCHÁS..... 69

Versão Final Homologada
22/08/2025 11:59

1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

A crescente demanda por produtos naturais no setor alimentício têm impulsionado a busca por alternativas saudáveis e funcionais e a kombuchá surge como uma candidata promissora. Com a diversificação da indústria de alimentos, novos segmentos têm surgido, e o interesse dos consumidores brasileiros em aumentar o consumo de alimentos e bebidas naturais tem impulsionado rapidamente a produção de kombuchá no país.

No Brasil, o consumo de kombuchá começou de forma artesanal, com indivíduos interessados em produzir a bebida em casa. Entretanto, nos últimos três anos, pequenas indústrias começaram a produzir a bebida em escala comercial, atendendo principalmente a mercados regionais. Agora, o cenário está mudando, com uma grande indústria de bebidas, o grupo Famiglia do Paraná, que já é conhecido pela produção de vinhos e sucos integrais, lançando sua própria linha de kombuchá com diversos sabores (Revista Terra, 2018**)**. Essa incursão marca uma mudança significativa no mercado nacional de kombuchá, com uma empresa de grande porte reconhecendo o potencial de crescimento dessa bebida no Brasil, assim como acontece com o mercado mundial kombuchá, que movimenta bilhões de dólares anualmente.

Originária da China há mais de dois mil anos, essa bebida fermentada, kombuchá ou chá de kombuchá, é uma bebida adoçada comumente produzida por processo fermentativo, feito com uma Cultura Simbiótica de Bactérias e Leveduras (SCOBY), em um meio contendo extrato de chá (verde ou preto) e uma fonte de açúcar, é apreciada como uma opção gaseificada com baixo teor de açúcar e calorias, sem a presença de conservantes ou outros aditivos (Andrade, 2018). O produto resultante desta fermentação consiste em uma camada flutuante na interface ar-líquido (que é o SCOBY) e pelo caldo líquido de chá, o qual fica na camada inferior (Laavanya *et al.* 2021).

O SCOBY é um organismo vivo fascinante que desafia as barreiras convencionais entre o mundo microbiano. Comumente associado à produção de bebidas fermentadas, como a kombuchá, o SCOBY é uma colônia simbiótica que integra diferentes espécies de bactérias e leveduras, criando um ambiente de fermentação único (Maia *et al.,* 2020; Cabral *et al.,* 2021). O SCOBY pode influenciar significativamente no nível de álcool presente na bebida fermentada.

A kombuchá é uma bebida fermentada que, devido à ação de leveduras presentes no SCOBY, pode gerar teor alcoólico superior ao limite legal de 0,5% v/v, conforme regulamentado pelo Instrução Normativa n° 41/2019 no Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), também estabelece um faixa de pH e uma faixa de ácidos voláteis, sendo estabelecido um padrão para

Versão Final Homologada
22/08/2025 11:59

as kombuchá. Para pequenos produtores conseguir atender esses padrões é possível utilizando métodos de produção rigorosos e mantendo análises diárias.

Uma das principais dificuldades enfrentadas pelos produtores de pequeno porte está relacionada ao transporte, uma vez que, para expandir seus mercados e alcançar novas cidades e estados, é fundamental que as kombuchá cheguem ao destino com a mesma qualidade que apresentavam nas fábricas. O método de transporte mais adequado para bebidas fermentadas seria o uso de caminhões baús refrigerados. No entanto, o alto custo desse transporte torna inviável a manutenção de um preço acessível para as kombuchás. Uma alternativa seria o transporte em caminhões baús não refrigerados, que apresentam um custo mais baixo, com menor impacto no preço final. Contudo, a ausência de refrigeração, aliada ao efeito estufa gerado no interior do baú, pode provocar alterações nas características da kombuchá, tornando-a inadequada para o consumo.

A partir da demanda apresentada pelas kombucharias Takk e Afrodite, surgiu a proposta desta pesquisa, motivado pela intenção das empresas em expandir sua atuação para novas regiões. No entanto, o alto custo associado ao transporte refrigerado representa uma barreira significativa para essa expansão. Diante disso, a utilização do transporte não refrigerado se apresenta como uma alternativa mais viável economicamente, embora exija estudos que garantam a estabilidade e a qualidade do produto durante o deslocamento.

Este trabalho tem como objetivo encontrar condições ótimas a partir da simulação das condições de transporte não refrigerado de kombuchás comerciais, avaliando os parâmetros físico-químicos das bebidas após o transporte.

Versão Final Homologada
22/08/2025 11:59

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVOS GERAIS

Otimizar as condições de transporte não refrigerado em viagens longas, médias e curtas e avaliar os parâmetros físico-químicos em amostras reais de kombuchá comerciais.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para atingir o objetivo proposto, é necessário estabelecer objetivos mais específicos detalhando a trajetória da pesquisa que será realizada para atingir o objetivo geral.

1. Analisar e validar os parâmetros físicos-químicos das amostras modelo de kombuchá comerciais;
2. Simular e analisar as condições de transporte não refrigerado em viagens curtas, médias e longas;
3. Comparar os resultados obtidos com as amostras modelo e a legislação do MAPA;
4. Identificar possíveis desvios dos parâmetros em kombuchá reais e sugerir diretrizes de controle.

Versão Final Homologada
22/08/2025 11:59

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 KOMBUCHÁ

3.1.1 Origem

A história da kombuchá é incerta, pois a bebida é antiga e os registros podem ter se perdido durantes os anos, assim um dos primeiro registros é de 220 aC., no nordeste da China (Manchúria), onde foi adotado durante a Dinastia Tsin (Ling Chi) por seu efeito desintoxicante e propriedades energizantes (Coelho *et al*., 2020; Junior *et al*. 2022 & Miranda *et al.,* 2021). Porém, outros estudos declaram que surgiu em 221 aC. na Dinastia Qin por ser conhecido como o chá da imortalidade (Santos, 2016 & Schmidt *et al*., 2021). Alguns anos depois, por volta de 414 d.C., um médico chamado Kombu teria levado o chá para o Japão, utilizando para curar os problemas digestivos do Imperador Inkyo, por esse motivo o nome "kombuchá" ou "chá de Kombu" (Santos, 2016; Schmidt *et al.,* 2021; Coelho *et al*., 2020).

Por volta do século XX, as rotas comerciais da kombuchá foram expandidas e introduzidas primeiro na Rússia e depois para a Polónia no decorrer da Primeira Guerra Mundial, depois da guerra, a kombuchá estava presente na Alemanha e Itália (Santos, 2016). Na década de 1950, chegou à França e ao Norte de África, dominados pela França, onde o seu consumo se tornou bastante popular. Ao mesmo tempo, durante a Segunda Guerra Mundial houve grande escassez de folhas de chá e açúcar, o que fez com que a bebida deixasse de ser consumida (Coelho *et al*., 2020).

A fermentação da kombuchá causa a produção de alguns ácidos orgânicos e fenóis também. Como não havia uma legislação que estabelecia os parâmetros que deveriam possuir em uma quantidade de kombuchá, começou-se a pensar nos riscos que o excesso de um ácido presente na kombuchá poderia causar, ou até na quantidade de álcool contida na bebida (Santos, 2019).

Na década de 80, a kombuchá ganhou uma grande popularidade nos Estados Unidos, pois no mesmo período ocorreu a epidemia de HIV/AIDS, e acreditava-se que ao beber o chá fermentado ajudaria a aumentar a contagem das células T, fazendo com que o sistema imunológico se fortalece (Petruzello, 2017). Houve uma diminuição do consumo da kombuchá, após duas mortes terem sido ocasionadas por acidose metabólica, e esses casos terem sido diretamente ligados a kombuchá.

No Brasil a bebida se popularizou a poucos anos atrás, sendo criada uma Associação Brasileira de kombuchá (ABKOM) apenas em 2018, que procura ajudar pequenas indústrias de

Versão Final Homologada
22/08/2025 11:59

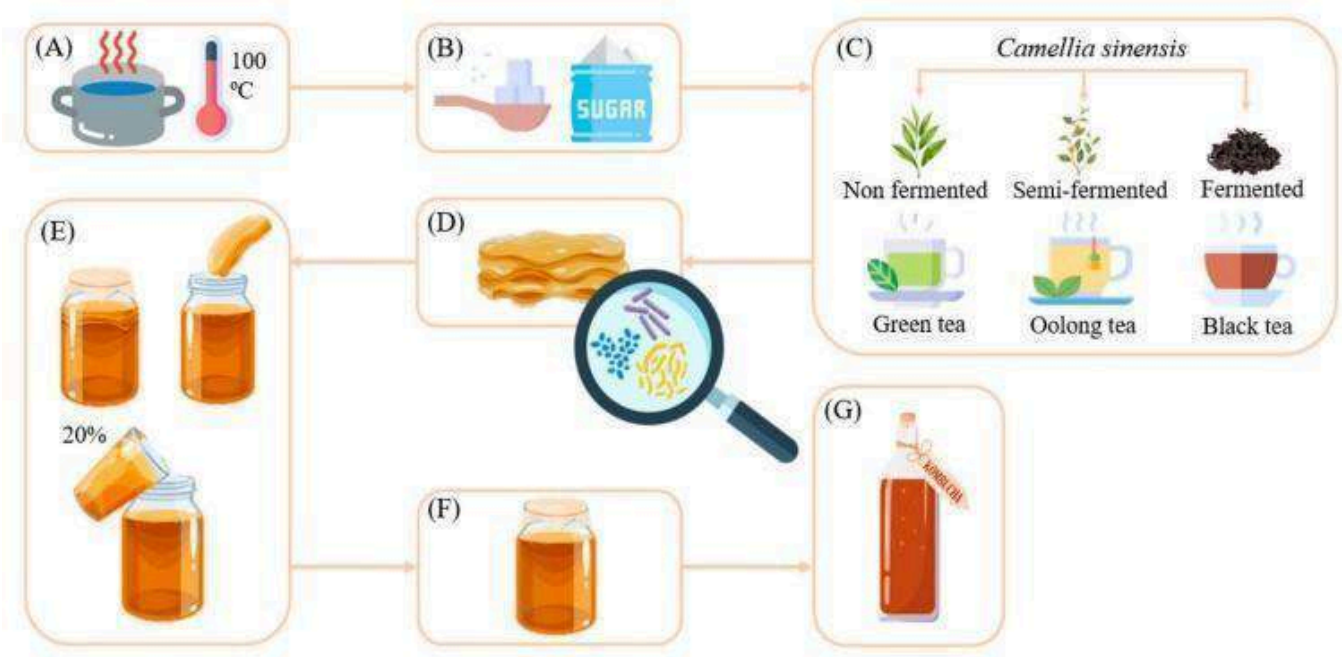
kombuchá a possuírem produtos adequados (ABKOM, 2020). Contudo, ainda não havia uma legislação para estabelecer parâmetros para a venda comercial de kombuchá. Por isso, em 2019 o Mapa estabeleceu a normativa N° 41, que estabelece parâmetros a serem comprimidos para que as kombuchá estejam à venda no mercado, sendo assim fiscalizado e obtido um produto que possa ser consumido por todos sem riscos para a saúde (MAPA,2019).

3.1.2 Preparo

O kombuchá é tradicionalmente preparado à base de chá preto, chá verde ou chá oolong. As proporções de chá e açúcar e o tempo e temperatura de fermentação utilizados na produção do kombuchá podem variar de acordo com cada região ou preferência do consumidor (Coelho *et al*., 2020 & Junior *et al*. 2022).

Como mostrado na figura 1, para a produção do kombuchá é preparada uma base de chá e em seguida adiciona-se o açúcar, que servirá de substrato para bactérias e leveduras fermentadoras do chá. Após o preparo, o chá deve ser resfriado à temperatura ambiente para evitar a inativação de microrganismos (Laavanya *et al*., 2021). O SCOBY é adicionado junto com 10–20% (v/v) de kombuchá já fermentado (Coelho *et al*., 2020). As proporções de SCOBY e kombuchá utilizadas para iniciar uma nova fermentação também podem variar.

Figura 1. Fluxograma do processo de produção do kombuchá.



Fonte: Junior *et al*., 2022.

Versão Final Homologada
22/08/2025 11:59

Esse processo pode ser realizado industrialmente, sendo possível comercializar a kombuchá. A imagem a seguir representa como é possível fazer o processo apresentado na Figura 2 em grande escala.

Figura 2. Esquema do processo industrial de produção de kombuchá.

Fonte: Autores, 2024.

3.1.3 Chá

No preparo do kombuchá utiliza-se tradicionalmente chás preto, verde e/ou oolong. Todos provenientes das folhas da planta *Camellia sinensis*, onde a diferença entre elas consiste apenas no tipo de processamento a que as folhas são submetidas (Coelho *et al*., 2020; Junior *et al*. 2022).

O chá preto é obtido a partir do envelhecimento de folhas amassadas e expostas a alta umidade, influenciadas pelo processo de fermentação e causando a oxidação dos principais compostos polifenólicos presentes no chá preto (Miranda *et. al.,* 2021). Já para a produção do chá verde, antes da secagem, as folhas frescas são submetidas ao vapor. Dessa forma, o calor inativa as enzimas evitando a oxidação das folhas (Bruini *et al.,* 2019). Além destes, o chá oolong também pode ser produzido a partir da oxidação parcial das folhas frescas de *Camellia sinensis* e do chá branco, no qual as folhas frescas passam por um rápido processo de secagem para evitar oxidação (Coelho *et al*., 2020).

A composição das infusões de chá utilizadas como matéria-prima depende da forma como o chá é preparado, sendo a temperatura da água e o tempo de infusão um dos principais fatores (Santos, 2016). Porém, não há consenso na literatura para esse tempo de infusão, que pode variar de acordo com o tipo de chá e o produtor. Em geral, os tempos podem variar entre 10 e 15 minutos em

Versão Final Homologada
22/08/2025 11:59

água fervente (Villarreal-Soto *et al*., 2018).

A composição das infusões de chá utilizadas como matéria-prima depende da forma como o chá é preparado, sendo a temperatura da água e o tempo de infusão um dos principais fatores (Santos, 2016). Porém, não há consenso na literatura para esse tempo de infusão, que pode variar de acordo com o tipo de chá e o produtor. Em geral, os tempos podem variar entre 10 e 15 minutos em água fervente (Villarreal-Soto *et al*., 2018).

A presença do chá no meio de cultura do kombuchá fornece aos microrganismos o nitrogênio necessário ao seu metabolismo. Os principais componentes presentes no chá que atuam como fonte de nitrogênio são derivados da purina (cafeína e teofilina) (Coelho *et al*., 2020).

3.2 SCOBY

O SCOBY, conhecido como o "Fungo do Chá" é uma Cultura Simbiótica de Bactérias e Leveduras do ácido acético, utilizada para produzir chá fermentado. É composta por uma película gelatinosa celulósica que se forma à superfície do líquido, responsável pela fermentação do chá, e por uma nova película que se forma por camadas (Maia *et al*., 2020 & Cabral *et al*., 2021).

As bactérias e leveduras presentes no SCOBY podem variar de acordo com a fermentação. A Tabela 1 apresenta algumas espécies predominantes na ecologia microbiana do SCOBY.

Tabela 1. Principais microrganismos do SCOBY (Cultura Simbiótica de Bactérias e Leveduras).

Bactérias	**Leveduras**
Acetobacter aceti	*Brettanomyces bruxellensis*
Acetobacter pasteurianus	*Brettanomyces intermedius*
Acetobacter xylinum	*Candida famata*
Bacterium gluconicum	*Saccharomyces cerevisiae*
Gluconacetobacter kombucháe	*Saccharomycodes ludwigii*
Gluconobacter oxydans	*Schizosaccharomyces*
pombe Torulaspora delbrueckii	
Zygosaccharomyces bailii	
Zygosaccharomyces rouxii	

Adaptado de: Maia *et al*., 2020 & Jayabalan *et al.,* 2010.

As bactérias mais abundantes na cultura simbiótica pertencem aos gêneros *Acetobacter* e *Gluconobacter* (Jayabalan *et al.,* 2016). Dentre as bactérias acéticas que fazem parte da

Versão Final Homologada
22/08/2025 11:59

composição do kombuchá, *a Acetobacter xylinum* merece destaque, pois a celulose que compõe o SCOBY é sintetizada por ela (Jayabalan *et al.,* 2016). A ação do *A. xylinum* no chá inicia-se a partir da oxidação da glicose em ácido glucônico . Outro metabolismo específico leva à síntese microbiana de celulose, formando o biofilme que permanece na superfície do líquido. O processo inclui a síntese de uridina difosfato-glicose, que é o precursor da celulose, para que cada célula de Acetobacter possa polimerizar até 200.000 resíduos de glicose por segundo em cadeias de β-1,4-glucano (Coelho *et al*., 2020). A vantagem desta forma de produção de celulose é que as bactérias proliferam sob condições controladas e podem produzir celulose a partir de diversas fontes de carbono, incluindo glicose, etanol, sacarose e glicerol (Villarreal-Soto *et al*., 2018).

Os microrganismos que compõem o kombuchá são encontrados tanto no chá fermentado quanto no SCOBY. Eles se adequam de acordo com a região e a disponibilidade de crescimento de bactérias e leveduras (Soares *et al*.2021). Apesar das diferenças microbiológicas usuais dos SCOBY 's, algumas características físicas sugerem uma cultura de qualidade.

Durante a fermentação, as bactérias de ácido acético produzem um filme composto por fibrilas de celulose pura, que possui grande capacidade de retenção de água, alta cristalinidade e termo estabilidade (Emiljanowicz & Malinowska-Panczyk, 2019). A matriz de celulose bacteriana da kombuchá é rica em proteínas, fibra e aminoácidos essenciais e possui efeitos de inibição de crescimento de bactérias contaminantes. O biofilme deve ter entre 6 e 12 mm de espessura. Se for muito fino, pode estar contaminado, porém se for muito grosso, pode dificultar a entrada de oxigênio para produzi-lo. Sua cor varia do branco ao marrom claro e estão presentes cepas de leveduras. SCOBYs saudáveis sempre produzirão novas culturas e serão resistentes a rasgos quando pressionados entre o polegar e o indicador (Soares *et al*. 2021).

Devido um estudo realizado por Jayabalan *et al.* (2010) analisando a composição do SCOBY, foi apontado que ele possui em torno de 97% de matéria seca, 23% de proteína bruta, 14% de fibra bruta e pouco mais de 5% de lipídeos. O alto teor de proteína bruta encontrado é composto por aminoácidos essenciais (lisina, leucina e isoleucina em maior concentração) e não essenciais (ácido glutâmico, alanina e ácido aspártico se destacam). Sendo assim, o SCOBY é constituído principalmente por fibras, proteínas e aminoácidos.

A fermentação por sua vez ocorre em condições aeróbicas, sendo que cada microrganismo converte em outro produto, como leveduras que transformam o açúcar em etanol e dióxido de carbono, já as bactérias por suas vez oxidam parte do etanol em ácido acético. Além disso, outros ácidos podem ser produzidos como o lático, tartárico e cítrico, que são responsáveis pelo sabor característicos da kombuchá.

Versão Final Homologada
22/08/2025 11:59

3.3 OUTRAS BEBIDAS FERMENTADAS NÃO ALCOÓLICAS

Ao longo dos anos, o cuidado com a saúde tem sido um grande foco para melhoria na qualidade de vida, levando em consideração o que está consumindo, os valores nutritivos dos alimentos e sua origem de produção, sendo os produtos orgânicos e naturais os mais procurados e consumidos. Por causa disso, alimentos de fermentação natural têm ganhado o mercado, principalmente aquelas consideradas não alcoólicas (Costa *et al.*, 2021).

Um dos alimentos que ganhou apelo foi o Kefir, segundo Costa *et al.* (2021) são grãos de leveduras fermentadoras de lactose e também de não lactose, sendo possível produzir o kefir com leite ou água. Essa bebida tem um gosto característico, apresentando um sabor mais azedo por causa do ácido lático, e assim ganhou grande popularidade, além de possuírem lactobacilos,que auxiliam na flora intestinal. O kefir pode produzir etanol, porém em baixa quantidade por causa dos ácidos presentes.(Magalhães *et al.* 2011).

Outra bebida muito popular é o leite fermentado, por possuir um sabor agradável e ser possível colocar outros elementos, produzindo vários produtos com apenas uma base. Segundo o MAPA, o leite fermentado é definido como coagulação do leite por diminuição de pH utilizando micro-organismos para realizar a fermentação. A fermentação principal que ocorre nessa bebida é a fermentação láctea, e a mesma quase não produz etanol, já que o ácido láctico se torna dominante no processo, sendo considerada uma bebida com lactobacilos vivos (Júnior *et al*. 2016).

3.4 TEMPERATURA E FERMENTAÇÃO

Para adquirir um sabor agradável, a kombuchá requer um tempo de fermentação de aproximadamente 7 dias, isso pode resultar em mudanças no sabor, que podem oscilar entre um sabor de espumante de maçã a um sabor de vinagre azedo, conforme a duração da fermentação. Existem diferentes tipos de fermentação, onde a kombuchá é uma combinação dos processos alcoólico, lático e acético (Hume, 2021).

De acordo com Hume (2021) e Coelho *et al*. (2020), o tempo mínimo de fermentação é de 3 dias e o máximo de 60 dias, realizado em temperatura ambiente, variando conforme a cultura inicial. As condições de temperatura e tempo de fermentação apresentam modificações significativas na literatura. Jayabalan et al. (2016) sugerem temperaturas entre 20 e 22 ºC por 7 a 10 dias, ou até mais, dependendo do estado do meio de cultivo ou do resultado desejado. Segundo Emiljanowicz &

Versão Final Homologada
22/08/2025 11:59

Malinowska-Panczyk (2019), a fermentação da kombuchá leva de 7 a 21 dias. Estudos de Coelho et al. (2020) indicam que a condição ideal para a fermentação da bebida, visando melhores características sensoriais e boa qualidade, é de 25 ºC por 10 dias, enquanto que, para uma maior diversidade microbiana, a temperatura ideal seria de 30 ºC.

As etapas da fermentação variam conforme os dias, sendo a etapa 1 a hidrólise enzimática da sacarose, se transformando em glicose e frutose e ocorre entre o primeiro e terceiro dia de fermentação. Após esse processo ocorre a fermentação alcoólica, transformando a glicose em álcool e em dióxido de carbono, sendo a etapa 2 da fermentação e ocorre a partir do terceiro dia e segue até o sexto dia. Na etapa 3 ocorre a oxidação acética bacteriana, oxidando o etanol e a glicose em ácido acético e ácido glucônico, esse processo ocorre do sexto dia até o décimo primeiro dia de fermentação. No decorrer desse processo, ocorre acúmulo de outros ácidos gerados por bactérias e leveduras, também ocorre o acúmulo de vitaminas (Kallel *et al* 2012). A seguir é possível visualizar as etapas que ocorrem nesse processo fermentativo.

$$C_{12}H_{22}O_{12\,(Sacarose)} + H_2O_{(Água)} \rightarrow C_6H_{12}O_{6(Glicose)} + C_6H_{12}O_{6(Frutose)} \quad (1)$$

$$C_6H_{12}O_{6(Glicose)} \rightarrow 2\,C_2H_5OH_{(Etanol)} + 2\,CO_{2(Dióxido\ de\ Carbono)} \quad (2)$$

$$C_6H_{12}O_{6(Glicose)} + O_{2(Oxigênio)} \rightarrow C_6H_{12}O_{7\,(Ácido\ Glucônico)} \quad (3)$$

$$C_2H_5OH_{(Etanol)} + O_{2(Oxigênio)} \rightarrow CH_3COOH_{(ácido\ Acético)} + H_2O_{(Água)}$$

3.5 pH

Durante o processo de fermentação, o pH desempenha um papel crucial no controle do produto final. Os ácidos orgânicos produzidos durante esse processo são responsáveis pela diminuição do pH, ou seja, quanto maior o tempo de fermentação, maior a redução do pH. Isso resulta em uma diminuição da disponibilidade de oxigênio devido à acidez, o que contribui para a redução do número de patógenos, tornando a bebida segura para o consumo (Hume, 2021). Os ácidos acéticos, entre outros ácidos orgânicos, possuem um alto potencial antibacteriano, o que impede a contaminação por bactérias patogênicas presentes na bebida.

Todavia, uma produção imensa de ácidos orgânicos podem prejudicar a aceitação do

Versão Final Homologada
22/08/2025 11:59

sabor, fazendo com que a bebida apresente um sabor mais avinagrado (Soares *et al.* 2021). Desta forma é essencial controlar os níveis de pH e recomenda-se encerrá-los a fermentação quando o pH atingir um valor de 4,2 (Coelho *et. al*., 2020). De acordo com a Instrução Normativa n° 41/2019, o pH da kombuchá está entre 2,5 e 4,2, isto é, a bebida possui uma capacidade inibitória do crescimento de bactérias contaminantes (Cruz, 2023).

3.6 BRIX E TEOR ALCOÓLICO

O brix pode ser definido como a medida de sólidos solúveis em uma solução aquosa, e é utilizado para medir a quantidade de açúcar em alimentos (Simione *et al.* 2016). O brix é a medida do açúcar por meio da gravidade específica, assim 1 g de sacarose em 100 g de solução é um grau brix ou 1% de açúcar. A concentração de açúcar tem uma relação linear com a densidade específica, e pode ser medido por aparelhos diferentes, como refratômetro e hidrômetro. O refratômetro é um aparelho óptico, que utiliza o índice de refração do líquido, onde é a razão entre a velocidade da luz no vácuo e a velocidade da luz do meio, assim, a refração depende das ondas de luz e da temperatura da amostra (Jaywant *et al*. 2022).

O açúcar é considerado uma fonte de carbono muito importante, em que nos 7 primeiros dias de fermentação a sacarose não é completamente consumida. Segundo Santos et al., 2018, durante o processo de fermentação as leveduras e bactérias acéticas, hidrolisam a sacarose na kombuchá, convertendo-os em glicose e frutose, indicado pelo teor de açúcar redutor. As bactérias acéticas, principalmente as bactérias Acetobacter xylinnum, utilizam a sacarose que sobrou como fonte de carbono para produzirem uma rede de celulose, resultando em um novo SCOBY.

As leveduras utilizam o açúcar de forma anaeróbica para produzir etanol, ao mesmo tempo que, as bactérias acéticas utilizam o açúcar e o etanol para produzir ácido glicólico e ácido acético. Desta forma, há uma variabilidade no teor de açúcares redutores em diferentes kombuchás e o consumo do açúcar depende principalmente do tempo de fermentação. Em condições aeróbias, a levedura converte o açúcar em CO_2, energia e água, não ocorrendo a produção de álcool. Contudo, nas condições anaeróbicas, a levedura utiliza apenas 5% da energia contida na glicose para produzir etanol. O etanol quanto o ácido acético são antimicrobianos contra patógenos (Hume, 2021; Souza, 2022).

O etanol é produzido no decorrer do processo de fermentação, além do mais, se a fermentação não for controlada, a produção de etanol pode aumentar cada vez mais (Miranda *et. al.*, 2022). De acordo com o MAPA, uma bebida não alcoólica deverá ter um teor alcoólico no máximo de

Versão Final Homologada
22/08/2025 11:59

0,5% (v/v). Fatores importantes que podem influenciar no aumento do etanol na bebida são a concentração de açúcar, as condições de armazenamento, o tempo e a temperatura de fermentação (Miranda *et. al.*, 2022).

Conforme Ponte (2022) retrata, a bebida refrigerada reduz a produção de etanol, ou seja, a presença de açúcar e leveduras ativas nas kombuchá resulta em uma fermentação contínua, aumentando a concentração de etanol, isto é, enquanto os produtos estão nas prateleiras, pois as kombuchás não são pasteurizadas. Sendo assim, preocupações de saúde e segurança associadas ao consumo de bebidas alcoólicas, principalmente entre populações de risco, sendo elas grávidas, crianças, pessoas com insuficiência renal, pulmonar e doenças hepáticas. A intoxicação alcoólica aguda é proporcional a grandes concentrações de álcool, as reações tóxicas em crianças foram relatadas a partir de doses tão baixas quanto a 0,6 g/kg. O álcool é dado como um teratógeno, podendo produzir grande variedade de anormalidades, por isso não deve ser consumido por gestantes.

De acordo com Leal, *et al*. (2018), o consumo de etanol em baixa concentração pode proteger o corpo humano contra doenças cardiovasculares (CVDs), sendo assim, o consumo de kombuchá, que apresenta uma baixa concentração de etanol, também tem um papel importante na preservação dessa enfermidade. A concentração de etanol presente na kombuchá aumenta devido ao tempo de fermentação, podendo adquirir um valor máximo de aproximadamente 5,5 g/L no 20° dia de fermentação, seguindo por uma lenta redução.

3.7 LEGISLAÇÃO

A instrução normativa N°41, de 2019 tem como objetivo estabelecer o padrão de identidade e qualidade da kombuchá no Brasil. Trazendo assim parâmetros que devem ser compridos para qualquer kombuchária industrial, fazendo assim que o mercado de kombuchá possa crescer no Brasil.

Segundo o Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA) kombuchá é:

> “kombuchá é uma bebida fermentada obtida através da respiração aeróbia e fermentação anaeróbia do mosto obtido pela infusão ou extrato de *Camellia sinensis* e açúcares por cultura simbiótica de bactérias e leveduras micro biologicamente ativas (SCOBY)”.

A rotulagem da bebida possui um padrão a ser seguido segundo o MAPA, sendo

Versão Final Homologada
22/08/2025 11:59

necessário ter o nome da bebida, a espécie vegetal que foi utilizada para a infusão, em seguida os ingredientes para a saborização após a fermentação, como suco, polpa, especiarias, extrato vegetal e mel. Também deve possuir o nome do aroma, se for aromatizado, e deve especificar se foi gaseificado utilizando gás carbônico. Deve ser especificado no rótulo se a kombuchá é alcoólica ou não, sendo considerada alcoólica se o álcool foi superior a 0,5% v/v, importante utilizar uma frase de advertência " Pode conter álcool em até 0,5% v/v".

É proibido possuir na rotulagem alegações funcionais da kombuchá, como também a classificação tais como vinho de suave, tinto, seco entre outros, não sendo possível a utilização de expressões tais como: artesanal, caseiro, especial. Se no processo houver pasteurização é imprescindível que esteja especificado no rótulo no painel principal, pois o processo faz com que a fermentação nas garrafas pare, inativando as leveduras e bactérias presentes na bebida, assim retirando a função probiótica da bebida (MAPA,2019) .

Existem alguns ingredientes que são obrigatórios segundo o MAPA, estabelecendo assim o produto como kombuchá. Um deles é a utilização da Camellia sinensis para a infusão do chá, sendo possível utilizar em qualquer processamento, pois da Camellia sinensis pode se derivar quatro tipos de chás, o chá verde, chá preto, chá branco e o chá olong, sendo aplicado um tratamento diferente na folha para se obter esses chás. Outra obrigatoriedade e a presença da cultura simbiótica de bactérias e leveduras (SCOBY), sendo possível os microrganismo presente no SCOBY estarem no produto final, e sendo proibido a adição dos mesmo após a fermentação

Os parâmetros físico-químicos estabelecidos pela IN N°41 estão apresentados na Tabela 2, ela apresenta os máximos e mínimos permitidos.

Tabela 2. Valores estabelecidos pela normativa N°41 para a produção de kombuchá.

Parâmetro	Mínimo	Máximo
pH	2,5	4,2
Graduação alcoólica (%v/v) kombuchá sem álcool	-	0,5
Graduação alcoólica (%v/v) kombuchá com álcool	0,6	8,0
Acidez volátil (mEq/L)	30	130
Pressão (atm 20°C) kombuchá com CO_2	1,1	3,9

Fonte: Adaptado de MAPA, 2019.

3.8 TIPOS DE EMBALAGENS

Os tipos de embalagem que podem ser utilizadas para transportar a kombuchá tem

Versão Final Homologada
22/08/2025 11:59

que aguentar a pressão estabelecida pelo MAPA na normativa N°41 de 2019, que fala que a pressão deve ser entre 1,1 atm a 3,9 atm de CO_2 a 20 °C. Assim, cada indústria deve encontrar a melhor embalagem que se alinhe às necessidades e valores da kombuchária, levando em consideração seu público alvo e também o marketing da indústria.

A embalagem mais comum utilizada nas kombuchárias é a garrafa PET, pois é resistente à pressão interna e é adequada para bebidas carbonatadas. Além disso, as garrafas PET podem apresentar diferentes colorações, sendo uma das mais utilizadas para kombuchá a cor âmbar, que, por sua tonalidade mais escura, reduz a exposição direta aos raios solares, ajudando a conservar o produto. As PETs também são recicláveis, sendo assim uma embalagem sustentável e adequada para bebidas gaseificadas, importante ressaltar que no caso de PET a reciclagem deve ser feita separada pela cor da embalagem. (Silva *et al*., 2020).Outro fator importante na escolha da embalagem é o transporte, o PET é um material leve e resistente, tornando o transporte mais prático e econômico. Além disso, sua alta resistência evita rupturas em caso de impactos, garantindo que o produto chegue ao mercado em boas condições (Machado *et al.*, 2018).

Outra opção de embalagem amplamente utilizada para bebidas carbonatadas são as latas de alumínio, que possuem boa resistência e proteção contra luz e oxidação (Pereira *et al.,* 2017). As latas também apresentam um processo de esterilização mais eficiente, reduzindo riscos microbiológicos. No entanto, possuem menor resistência mecânica quando comparadas ao PET, tornando-as mais suscetíveis a amassamentos e deformações durante o transporte (Almeida & Ribeiro, 2019). As latas são as embalagens mais recicladas, pois o valor de mercado do alumínio é alto devido a dificuldade da obtenção de minério bruto, fazendo com que a reciclagem desse minério seja mais viável. Com isso a reciclagem desse tipo de embalagem ganhou um grande destaque no Brasil, sendo que 98,3% das embalagens produzidas são recicladas, sendo 350000 m^3 de matéria-prima reciclada. (Pinto e Cabral, 2017)

As garrafas de vidro estão entre as embalagens mais antigas utilizadas na indústria de bebidas. Elas apresentam vantagens como facilidade de esterilização é um processo de envase rápido, devido à praticidade no fechamento (Silva *et al*., 2020). No entanto, o uso do vidro também traz desvantagens significativas.Uma das principais desvantagens é o transporte, por ser uma embalagem mais sensível a impactos, há um maior risco de acidentes, resultando em perdas de produto. Além disso, o vidro é um material mais pesado, o que aumenta os custos logísticos e dificulta a distribuição em larga escala (Costa & Oliveira, 2019). Outro fator relevante é a reciclagem, embora existam fábricas especializadas na reciclagem de vidro, a logística para o transporte do material até essas instalações pode tornar o processo inviável em algumas regiões, especialmente devido ao custo do frete e à

Versão Final Homologada
22/08/2025 11:59

necessidade de separação dos resíduos por cor e composição (Pereira *et al*., 2018).

3.9 CONDIÇÕES DE TRANSPORTE

A logística de transporte é o que faz com que os produtos cheguem de forma adequada para o consumidor. E nessa logística existem vários parâmetros que influenciam na qualidade do produto que chega aos clientes, desde a embalagem acondicionada do produto e também a embalagem utilizada no transporte, o tipo de transporte (refrigerado, não refrigerado), a qualidade das estradas, a duração da viagem. Uma logística bem adequada faz com que o produto tenha um tempo de vida maior, garantindo qualidade para o consumidor e menos perdas para o comerciante. Assim, pode se considerar viagens de curtas, médias e longas distâncias dependendo do tempo de viagem e da quilometragem rodada (Palmiere *et. al*., 2014).

Outro fator relevante na consideração do transporte é o valor referente a cada frete. Dependendo do tipo de caminhão e da região, pode-se aumentar ou diminuir o valor do frete, sendo analisado dependendo da necessidade do transporte. Um grande influenciador no valor do frete é o combustível e pedágios, sendo assim um valor que pode oscilar dependendo da economia. Assim, o frete refrigerado em geral é mais caro que o não refrigerado, sendo um dos grandes fatores que influenciam o valor é o peso que a carga possui. (Palmiere *et. al*., 2014).

As kombuchás precisam ser transportadas da indústria até o consumidor final e, dependendo da localização da fábrica, pode ser necessário utilizar um serviço de transporte terceirizado. O frete mais indicado para kombuchás é o refrigerado, pois ajuda a manter a qualidade do produto e a garantir a estabilidade do processo de fermentação (Suhere, 2020). No entanto, o transporte refrigerado é um dos mais caros, considerando o tipo de caminhão utilizado, a quilometragem percorrida e a tecnologia empregada para manter a temperatura adequada da carga (Museline, 2024).

Segundo a ABKOM no Brasil, a maioria das indústrias de kombuchá são pequenos produtores, o que resulta em uma produção limitada e uma distribuição focada em localidades próximas. Essa estratégia ocorre, principalmente, porque o custo elevado do frete refrigerado impactaria diretamente no preço final do produto, tornando-o menos competitivo no mercado.Assim, para manter um preço mais acessível e atrativo, muitas kombuchárias optam por vender para regiões próximas e utilizar fretes não refrigerados. Assim, como uma alternativa de expansão se pensa em formas de transportar as kombuchás da forma adequada e com menor custo, para que o consumidor final não seja afetado com um produto com valor elevado e inadequado para o consumo.

Versão Final Homologada
22/08/2025 11:59

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Nesta seção será apresentado a metodologia adotada nesse estudo de caso, que investigou o transporte não refrigerado em amostras comerciais de kombuchá.

4.1 OBTENÇÃO DA KOMBUCHÁ COMERCIAL

As amostras de kombuchá comercial foram adquiridas em uma fábrica localizada no município de Ubiratã - PR. Foram obtidas quatro unidades de cada sabor, pertencentes a duas marcas distintas. Cada marca forneceu três sabores diferentes, todos pertencentes ao mesmo lote. Além disso,uma das marcas forneceu dois tipos de embalagem, conforme descrito no quadro 1. Após a aquisição, as amostras foram levadas para o Laboratório de Química da Universidade Federal da Integração Latino-Americana (UNILA), onde foram realizadas a simulação de transporte e análises físico-químicas.

Quadro 1. Valores estabelecidos pela normativa N°41 para a produção de kombuchá

Marca	Sabor	Embalagem	Lote
Afrodite	Abacaxi e Hortelã	Lata	161024
		PET	
	Pêssego e Pera	Lata	091224
		PET	
	Morango e Hibisco	Lata	211024
		PET	
Takk	Abacaxi e Lúpulo	PET	041024
	Pêssego		191124
	Limão e Framboesa		281124

Fonte: Autoras, 2025.

4.2 PREPARO DAS AMOSTRAS

As amostras foram submetidas à Incubadora Shaker (Figura 3), operando a uma temperatura de 35°C e rotação de 202 rpm. Foram realizadas três interrupções no experimento, após 3, 8 e 24 horas, simulando, respectivamente, viagens de curta, média e longa duração.

Versão Final Homologada
22/08/2025 11:59

Figura 3. Incubadora Shaker.

Fonte: Autoras, 2025.

4.3 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

4.3.1 Acidez total

Utilizou-se o método descrito pelo Instituto Adolfo Lutz (016/IV) para a determinação da acidez total (Equação 4). Com o auxílio de um pipeta volumétrica, foram transferidos 10 ml de kombuchá comercial para um Erlenmeyer de 125 ml, completando-se o volume com 50 ml de água destilada. Em seguida, foram adicionadas 4 gotas da solução de fenolftaleína e realizou-se a titulação com a solução de hidróxido de sódio de 0,1 M, até o aparecimento de coloração rósea. As análises foram realizadas em triplicata. Utilizou-se a equação 4 para calcular a acidez total em mEq/L das amostras.

$$Acidez\ em\ mEq/L\ = \frac{V * m * f * 1000}{P} \quad (4)$$

Onde,

V = n° de mL da solução de hidróxido de sódio 0,1M gasto na titulação;

m = molaridade do NaOH (mol/L)

f = fator de equivalência do ácido predominante (para o ácido acético 1);

Versão Final Homologada
22/08/2025 11:59

1000 = fator de conversão de ml para L

P = 10 mL da amostra usado na titulação.

4.3.2 Brix

Uma forma de medir o °Brix é utilizar o refratômetro, sendo eles digitais e/ou analógicos. Os mais utilizados são os analógicos, por serem mais comuns e possuir um preço acessível. Os analógicos podem ser os portáteis e os de bancadas, sendo que, para uma maior precisão os refratômetros de bancadas possuem termômetros acoplados, pois para um resultado mais preciso, o brix deve ser medido à 20°C.

Nesta pesquisa, utilizou-se um refratômetro de bancada da marca ABBE (figura 4). Inicialmente, o equipamento foi calibrado com água destilada antes de cada análise. Em seguida, com o auxílio de uma pipeta de Pasteur, adicionaram-se algumas gotas da amostra de kombuchá sobre a superfície do refratômetro, procedendo-se à leitura. Para a correta verificação dos resultados, a linha de separação entre claro e escuro deve coincidir com o centro da escala. As análises foram realizadas em temperaturas próximas a 20°C.

Figura 4. Refratômetro de bancada marca ABBE.

Fonte: Autoras, 2025.

Versão Final Homologada
22/08/2025 11:59

4.3.3 pH

Utilizou-se o método descrito pelo Instituto Adolfo Lutz (017/IV) para amostras líquidas. O pH foi determinado diretamente utilizando o pHmêtro da marca Tecnopon (figura 5) previamente calibrado, operando de acordo com as instruções do manual do fabricante. Uma alíquota de amostra foi colocada em um becker após simulação, para realizar a medição.

Figura 5. Phmetro da marca Tecnopon.

Fonte: ADAPTADO de LP Diagnósticos, 2025.

4.3.4 Temperatura

A temperatura é uma variável fundamental nas análises das amostras de kombuchá, uma vez que pode influenciar diretamente os resultados obtidos, tais como o °Brix. Para seu monitoramento, utilizou-se um termômetro digital da marca Akso, apresentado na Figura 6.

Figura 6. Termômetro da marca Akso.

Fonte: Autoras, 2025.

Versão Final Homologada
22/08/2025 11:59

4.3.5 Teor Alcoólico

Para calcular o teor alcoólico das amostras, inicialmente elaborou-se uma curva de calibração utilizando soluções com concentrações de etanol conhecidas. Para isso, as absorbâncias das soluções foram determinadas por meio de espectrofotometria.

4.3.5.1 Preparo da curva de calibração

Primeiramente, foi analisada a concentração do etanol puro utilizado na preparação das soluções para curva de calibração. Para isso utilizou-se um refratômetro específico para etanol, previamente calibrado (Figura 7).

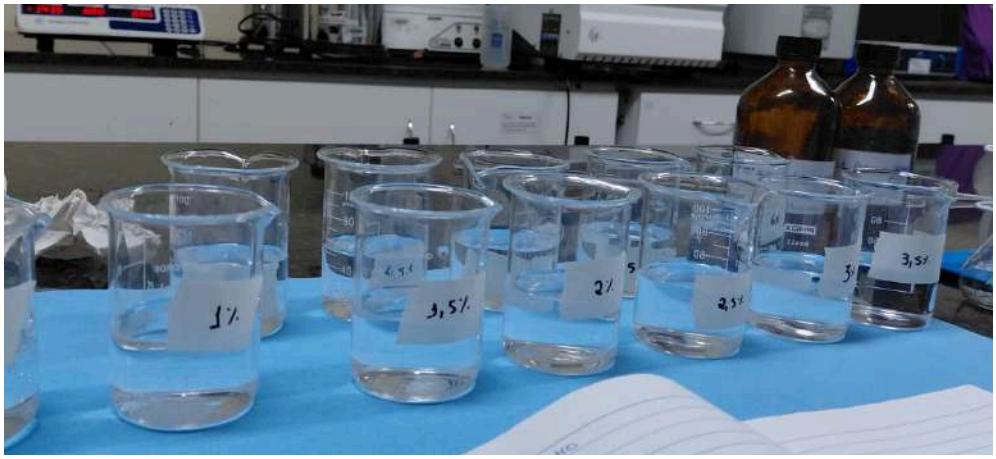
Figura 7. Refratômetro de etanol.

Fonte: Ferreira et al., 2022.

Em seguida, foram preparadas soluções padrão de Etanol em diferentes concentrações (Figura 8). Os pontos escolhidos para a elaboração da curva de calibração foram: 0,1%, 0,25%, 0,5%, 1%, 2,5% e 5% (v/v). Também foram preparadas soluções com concentrações específicas de Ácido Sulfúrico a 2M e uma solução de Dicromato de potássio a 0,1 M.

Versão Final Homologada
22/08/2025 11:59

Figura 8. Soluções com diferentes concentrações de etanol.



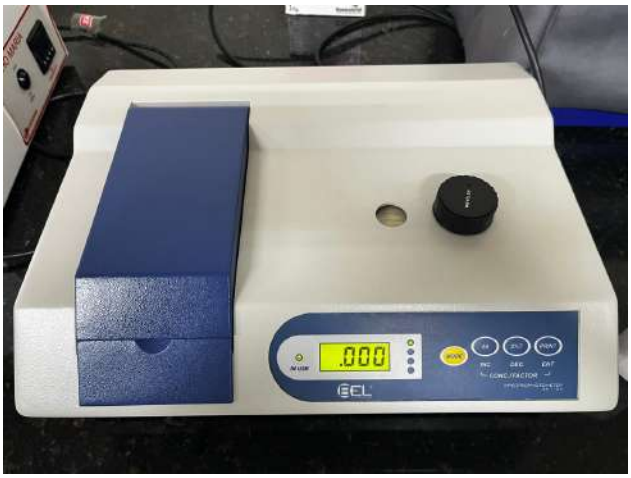
Fonte: Autoras, 2025.

Para cada ponto da curva, foram adicionados 2 ml da solução padrão de etanol, 2 ml de dicromato de potássio 0,1 M e 2 ml de ácido sulfúrico 2 M em tubos de ensaios separados. Após a homogeneização, as misturas foram deixadas reagir por 10 minutos a temperatura ambiente.

Em seguida, uma alíquota das amostras foram analisadas em um espectrofotômetro da marca Bel SP 1105, com leitura da absorbância a 450 nm, (Figura 9). As análises foram realizadas em triplicata e calculadas as médias para garantir maior confiabilidade dos resultados.

Por fim, os dados obtidos foram utilizados para construção de um gráfico de absorbância versus concentração de etanol, utilizando o software Excel, ajustado à equação de regressão linear, e assim, é possível calcular a concentração presente de álcool nas amostras kombuchás comerciais.

Figura 9. Soluções com diferentes concentrações de etanol.



Fonte: Autoras, 2025.

Versão Final Homologada
22/08/2025 11:59

4.3.5.2 Análise das amostras de kombuchá

Para análises do teor alcoólico das amostras comerciais de kombuchá, iniciou-se com o processo de filtração das amostras, a fim de remover partículas que possam interferir na leitura espectrofotométrica. As análises foram realizadas conforme descrito no Topico 4.3.5.1, substituindo-se a solução de etanol pelas amostras de kombuchá comerciais após o transporte não refrigerado.

Utilizando o software Excel, os valores de absorbância medidos nas amostras foram aplicados na equação da reta obtida a partir da curva de calibração, possibilitando o cálculo da concentração de etanol presente em cada kombuchá analisada.

4.4 ANÁLISES ESTATÍSTICA

Para a análise estatística, utilizou-se uma calculadora estatística por meio do software DATAtab, aplicando-se a análise de variância multifatorial (ANOVA), com objetivo de avaliar a influência dos diferentes fatores em relação ao teor alcoólico, bem como as demais alterações observadas após o transporte não refrigerado, bem como se a média entre os grupos analisados são diferentes ($F > 1$), o quanto a diferença total é explicada (η^2) e o quanto um fator explica a diferença entre eles (η^2_p). Posteriormente, foi realizado o teste post-hoc de Bonferroni, a fim de comparar as médias entre a amostra padrão e as amostras posicionadas em diferentes localizações dentro do caminhão. Os valores serão considerados significativos quando $p < 0,05$.

Além disso, foram elaborados gráficos para análise da variação do teor alcoólico médio em função da localização em que as embalagens estavam postas e, em comparação aos diferentes tipos de embalagens usadas no decorrer do transporte.

Versão Final Homologada
22/08/2025 11:59

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção, serão apresentados os resultados e discussões sobre as condições de transporte, análises físico-químicas e perspectivas gerais no decorrer da simulação de transporte não refrigerado em kombuchá comerciais.

5.1 CONDIÇÕES DE TRANSPORTE

5.1.1 Transferência de Calor

Para simular o transporte, foi utilizado o equipamento incubadora shaker, onde se pôde estabelecer uma temperatura e uma rotação em rpm, simulando assim um caminhão sem refrigeração. Desse modo, dentro do caminhão ocorre o fenômeno de transferência de calor, sendo possível observar condução, convecção e radiação, acontecendo em momentos diferentes do transporte. Porém, dentro da simulação, um dos mecanismos é eliminado, apenas com a condução e convecção.

Quando o caminhão está em uma estrada, o sol aquece o baú em forma de radiação, que pode ser descrita como a energia emitida de uma matéria que é conduzida por meio de ondas eletromagnéticas (Garcia *et. al.*, 2017). Dessa forma, o material do baú do caminhão, faz com que o calor se espalhe pela carroceria em forma de condução, que segundo Incropera (2007) é a transferência de energia de partículas muito energizadas para outras menos energizadas devido às interações intermoleculares. E por fim, dentro do baú o ar interno se aquece por meio das paredes do baú, fazendo com que ocorra a convecção, que é a transferência de energia utilizando um fluido como meio (Incropera, 2007).

Na simulação, a incubadora shaker possui resistências elétricas acopladas às paredes, fazendo com que partes da parede comecem a aquecer por meio de condução e assim espalhando a energia para todas as paredes, também por condução. Com isso, começa a ocorrer fenômeno de convecção, pois o ar em volta das paredes começa a aquecer, e ventiladores espalham esse ar quente, e assim a parte interna do shaker aquece, chegando na temperatura estabelecida e mantendo a temperatura uniforme. Nesse caso, a convecção é forçada, pois os ventiladores fazem com que o ar se espalhe uniformemente.

Como foi estabelecido um tempo de transporte diferente para as kombuchá, sendo utilizado 3, 8 e 24 horas, foi necessário interromper a simulação para a retirada das amostras,

Versão Final Homologada
22/08/2025 11:59

simulando uma parada para entrega. Quando pausado, a agitação era cessada e a porta do equipamento era aberta por tempo suficiente para retirar as kombuchá em seu tempo estabelecido, com isso o ar da sala que estava climatizado por um ar condicionado adentrava para a incubadora shaker, causando assim uma convecção forçada de resfriamento, neste caso o ar gelado era o fluido.

Assim, a posição em que as kombuchás estão colocadas pode influenciar no resultado final, pois aquelas que estão mais próximas da parede serão as primeiras a receber o fluido quente, começando a trocar calor, após essa troca o ar continuará fluindo para outras partes do equipamento, com menor calor, fazendo com que isso se torne um ciclo, e assim, esse ar retorna para as paredes. Porém as kombuchás que estão mais à frente serão as últimas a receber o fluido aquecido e durante as pausas serão as primeiras a receber o ar resfriado.

5.1.2 Avaliação das Embalagens

As embalagens não são apenas recipientes para carregar produtos, mas também a identidade visual da marca. Elas servem para proteger o produto, armazenar e viabilizar um transporte mais seguro. Para as kombuchás, a embalagem é essencial, pois ao longo da fermentação a mesma precisa possuir resistência suficiente no caso de sofrer aumento da pressão interna, já que a concentração do CO_2 aumenta conforme o processo fermentativo acontece. As embalagens ajudam a evitar que as bebidas sejam contaminadas, desde a hora de seu envase até o consumo, além de preservar a carbonatação e evitar que o produto seja violado, garantindo uma maior segurança (Schimid e Welle, 2020).

Segundo Welle et al. (2012), o PET é um ótimo armazenador de bebidas, sendo elas carbonatadas ou não, pois o PET possui uma baixa migração química para os produtos, mesmo quando submetida a ácidos e etanol. Para bebidas enlatadas, Schimid et al. (2020) apresenta que são revestidas por bisfenol A, e que ocorre uma pequena migração do componente para as bebidas, fazendo com que seja quase indetectável em bebidas carbonatadas. Essa migração pode aumentar dependendo dos componentes apresentados, como etanol e ácido acético.

Durante a simulação foram registradas informações sobre como as embalagens se comportam, após ocorrer estresse físico ou térmico nas embalagens. Desse modo, a figura 10 apresenta as embalagens das amostras de kombuchás no início (branco), ou seja, que estão em condições adequadas.

Versão Final Homologada
22/08/2025 11:59

Figura 10. Embalagens padrão antes da simulação (Branco).

A - Takk PET

B - Afrodite PET

C - Afrodite Lata -

Fonte: Autoras, 2025.

As embalagens acima são consideradas amostras padrão, ou seja, que não foram submetidas a nenhum estresse físico ou térmico, mantendo-se em conformidade com os requisitos estabelecidos pelo MAPA. Essas embalagens apresentaram-se em perfeito estado, sem quaisquer indícios de deformidade ou alterações estruturais.

A Figura 11 mostra as embalagens de kombuchá após passarem 3 horas em simulação, sob uma temperatura de 35°C e sob agitação de 202 rpm.

Versão Final Homologada
22/08/2025 11:59

Figura 11. Embalagens após 3 horas da simulação, sob temperatura de 35°C e 202 de rpm.

A - Takk - PET

B - Afrodite PET

C - Afrodite Lata

Fonte: Autoras, 2025.

Na marca Takk, nota-se que a embalagem do sabor Pêssego foi a única que apresentou um estufamento, mostrando que a produção de CO_2 aumentou e o PET sofreu um estresse físico dilatando. Já os PETs da marca Afrodite não apresentaram modificações aparentes, se mantendo estáveis nas primeiras 3 horas de simulação. Assim como, as embalagens em latas da marca Afrodite que também não apresentaram modificações aparentes.

As imagens da Figura 14 exibe as embalagens que passaram por 8 horas de simulação sob temperatura de 35°C e 202 de rpm.

Versão Final Homologada
22/08/2025 11:59

Figura 12. Embalagens após 8 horas da simulação, sob temperatura de 35°C e 202 de rpm.

A - Afrodite Lata

B - Takk PET

C - Afrodite PET

Fonte: Autoras, 2025.

As embalagens da Afrodite, tanto lata quanto PET, não sofreram alterações aparentes, mantendo-as no formato original. Já o PET da marca Takk, especificamente do sabor Pêssego sofreu alterações, criando um estufamento no meio da embalagem, porém, mesmo estando mais tempo em simulação, resultou em menores modificações quando comparado a embalagem PET da Takk, mantida em 3 horas de transporte. Essa diferença se dá pela localização em que o PET estava, mais próxima das paredes, aumentando a transferência de calor e agilizando o processo fermentativo, aumentando a concentração de CO_2 e a pressão interna da embalagem, fazendo com que a parte mais sensível do PET se dilate.

A Figura 13 mostra as kombuchás após permanecerem 24 horas dentro da incubadora shaker a 35°C de temperatura e 202 de rpm.

Versão Final Homologada
22/08/2025 11:59

Figura 13. Embalagens após 24 horas da simulação a 35°C e 202 rpm.

A - Afrodite Lata -

B - Takk - PET

C - Afrodite - PET

D - Tampa estufada

Fonte: Autoras, 2025.

As latas da Afrodite, mesmo passando 24 horas em simulação de 35°C, não sofreram alterações físicas aparentes, sendo a embalagem que se apresentou mais estável para esta sessão de testes Os PETs da marca Afrodite, não foi possível observar estresse físico visualmente, porém foi possível notar que as tampas das garrafas começaram a formar um abaulamento, devido ao aumento da pressão interna dos gases. Por último, as garrafas da marca Takk, a única que não apresentou deformidade foi a embalagem do sabor de Abacaxi com Lúpulo, sendo que as demais embalagens dos sabores sofreram deformidades, com o Pêssego sendo o sabor que mais estufou durante as 24 horas.

Pode-se dizer que as latas são ótimos recipientes para bebidas gaseificadas, aguentando as mudanças na pressão interna devido a produção de CO_2. As garrafas PET transparente, também apresentaram uma resistência mecânica adequada para bebidas gaseificadas, se mantendo estáveis e modificando, ao invés de seu corpo, apenas suas tampas. Já as garrafas pet de cor âmbar

Versão Final Homologada
22/08/2025 11:59

apresentam menor resistência, sendo a que mais deformou conforme o processo fermentativo aumentava e a pressão interna também.

5.2 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

5.2.1 Amostras Padrão.

A tabela 3 apresenta os resultados dos testes físico-químicos realizados nas kombuchá, após sua produção na indústria, sendo testado pelo controle de qualidade, garantindo que as kombuchá estejam dentro dos parâmetros do MAPA.

Tabela 3. Parâmetros físico-químicos nas amostras padrão fornecidas pela fábrica.

Marca	Sabor	Embalagem	pH	Brix	Acidez Total (mEq)	Teor Alcoólico (%)
Afrodite	Abacaxi e Hortelã	Lata	3,2	4,0	48	0,14
		PET	3,2	4,0	48	0,14
	Pêssego e Pera	Lata	3,0	4,0	45	0,02
		PET	3,0	4,0	45	0,02
	Morango e Hibisco	Lata	3,1	4,0	65	0,02
		PET	3,1	4,0	65	0,02
Takk	Abacaxi e Lúpulo	PET	3,1	3,5	45	0,09
	Pêssego		3,3	4,2	63	0,00
	Limão e Framboesa		2,7	3,9	87	0,01
Parâmetros estabelecidos pelo MAPA			2,5-4,2	-	30-130	até 0,5

Fonte: Fábrica Afrodite/Takk, 2024.

Os resultados apresentados acima indicam que os valores dos parâmetros físico-químicos estão em conformidade com os que são exigidos pelo MAPA. Sendo que nenhum dos sabores apresentou um teor alcoólico elevado, se mantendo na faixa de 0% a 0,5% v/v.

A acidez total de todas as amostras revalida a qualidade das kombuchás., pois todas seguem a faixa do MAPA e se mantêm em um padrão, dentro do sabor e embalagem utilizada de cada amostra. Com isso, é notável os valores de pH mostrados, sendo visível um padrão de pH entre os itens analisados, sempre dentro do que é exigido pela normativa.

Versão Final Homologada
22/08/2025 11:59

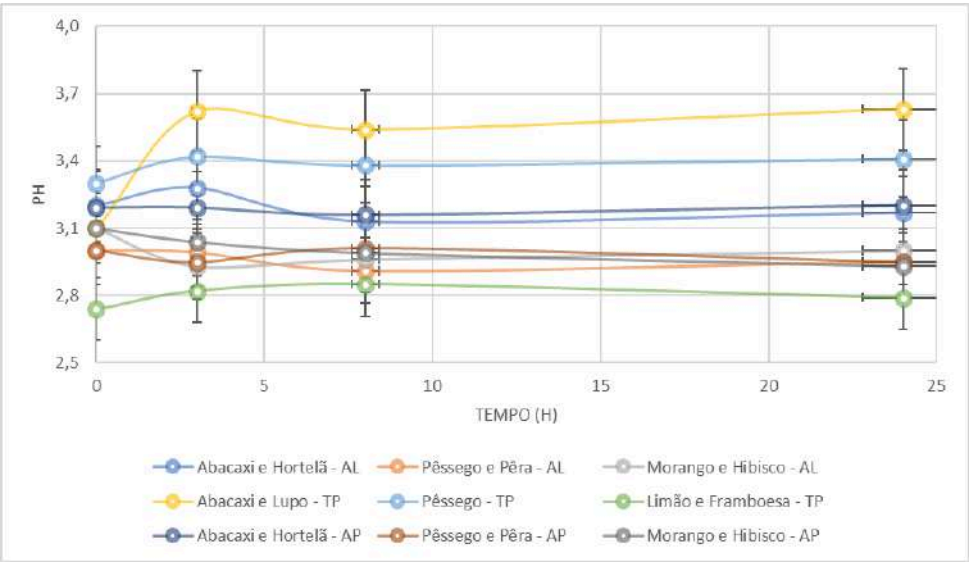
Uma análise considerada importante pelos fabricantes mas não exigida pela normativa n° 41/2019 do Ministério de Agricultura é a do brix, sendo realizada mesmo assim pelas kombuchárias, isso se deve pelo fato do brix indicar os açúcares presentes nas bebidas. No caso de bebidas fermentadas o açúcar se torna um alimento para as bactérias e leveduras, fazendo com que os padrões definidos e estabelecidos quando a bebida está finalizada possa ser alterada dependendo do armazenamento das kombuchá. O padrão do brix dependerá de cada kombucharia, dos sabores e limites estabelecidos pelo fabricante.

As kombuchá analisadas neste trabalho durante a simulação tiveram como padrões os testes realizados pela indústria. A partir disso, foram avaliadas as mudanças que ocorreram na bebida durante o percurso do experimento, analisando se após condições inapropriadas, a mesma permanecerá em conformidade com a legislação do MAPA.

5.2.2 Avaliação do pH

O pH das kombuchá é fator importante, pois valores baixos de pH contribuem para a estabilidade microbiológica da bebida, favorecendo a preservação das bactérias e leveduras. Com isso, a figura 16 apresenta a variação do pH ao longo do processo de transporte.

Figura 14. Avaliação do pH das amostras ao longo do transporte a 35°C e 202 rpm.



AL - Afrodite Lata; AP- Afrodite PET; TP- Takk PET

Fonte: Autoras, 2025.

O gráfico acima apresenta a variação do pH de todos os sabores, sendo os da Afrodite Lata e PET nos sabores Pêssego e Pera, Morango com Hibisco e Abacaxi e Hortelã e da

Versão Final Homologada
22/08/2025 11:59

marca Takk PET nos sabores Pêssego, Limão e Framboesa e Abacaxi com Lúpulo. As kombuchás foram analisadas depois do processo simulado de transporte, abrangendo o intervalo de 0 a 24 horas. Observa-se que o pH das diferentes amostras manteve-se relativamente estável ao longo das 24 horas, com variações nas primeiras 3 horas de transporte . Isso indica que, mesmo sob condições de transporte sem refrigeração, as bebidas não sofreram alterações significativas em sua acidez.

A amostra que apresentou a maior alteração foi o sabor de Abacaxi com Lúpulo, que iniciou com pH 3,1 e finalizou com pH 3,5, representando um aumento de 12,9%, sendo este o sabor com o pH mais elevado ao final do processo. Segundo Kallel *et al* 2012, esse processo de aumento de pH é devido a ação tamponante do CO_2, que neste sabor é muito elevado devido a sua alta concentração de frutose, isso ocorre por meio da reação entre os íons de hidrogênio dos ácidos orgânicos e os íons bicarbonato. Por outro lado, amostras com sabores mais cítricos, como Limão e Framboesa, apresentaram os menores valores de pH, com variação mínima de 2,7 no início para 2,8 ao final do processo, correspondendo a um aumento de 3,7%, o que indica que a acidez se manteve alta, embora com leve tendência de redução.

De modo geral, os resultados apontam uma boa estabilidade química das kombuchá durante o transporte, o que sugere que o preparo e o envase foram eficazes para preservação da qualidade do produto durante as condições de transporte do período avaliado, e que seus ácidos orgânicos não foram produzidos de forma desenfreada pela degradação do etanol (Lima *et al* 2023).

5.2.3 Classificação do Brix

O quadro 2 mostra como foi realizado o cálculo do valor real do brix de acordo com a temperatura medida.

Quadro 2. Correção do valor em graus Brix em relação à temperatura.

Temperatura °C	Subtrair da leitura Brix	Temperatura °C	Somar à leitura Brix
15	0,39	21	0,08
16	0,31	22	0,16
17	0,23	23	0,24
18	0,16	24	0,32
19	0,08	25	0,40
20	0,00	26	0,48
-	-	27	0,56
-	-	28	0,64

Fonte: Adaptado de IFMT, (s.d).

Versão Final Homologada
22/08/2025 11:59

A partir dos dados do quadro 2, foi estabelecido o valor real de brix das kombuchás após a simulação de transporte, A tabela 4 apresenta os valores de brix após a simulação a 35°C e 202 rpm de agitação, sendo mostrados por marca, sabor, tipo de embalagem e tempo de transporte.

Tabela 4. Análise do brix nas amostras da marca Afrodite em latas ao longo da simulação a 35° C e 202 rpm.

Sabor	Tempo (h)	Temperatura (°C)	Brix	Brix corrigido
Abacaxi e Hortelã	0	20	4,0	4,0
	3	20	2,9	2,9
	8	20	4,3	4,3
	24	20	3,9	3,9
Pêssego e Pera	0	20	4,0	4,0
	3	20	2,9	2,9
	8	20	4,0	4,0
	24	20	3,5	3,5
Morango e Hibisco	0	20	4,0	4,0
	3	20	2,9	2,9
	8	21	3,9	4,0
	24	20	3,9	3,9

Fonte: Autoras, 2025.

A tabela 4 mostra os valores do brix da marca Afrodite em lata, seguindo o tempo de 3, 8 e 24 horas de simulação. Comparando com o valor inicial do brix, de acordo com a tabela 1, nas primeiras 3 horas houve um decréscimo de 40% para os três sabores analisados, No entanto, observa-se que no tempo de 8 e 24 horas, as variações foram irrelevantes.

O esperado após mais tempo de fermentação é que o valor de brix das kombuchás diminuísse, porém a kombuchá de sabor Abacaxi e Hortelã apresentou um valor de brix maior que o padrão. Isso pode ocorrer pelo sabor da kombuchá, sendo o abacaxi uma fruta adocicada, e podendo interferir nas análises do refratômetro. Outro fator que pode influenciar nesse aumento é uma despadronização do brix nas garrafas, isso pode ocorrer por uma má homogeneização, fazendo com que a bebida que fique no fundo tenha mais resíduos e fazendo com que haja uma diferença de brix em diferentes embalagens do mesmo sabor.

A tabela 5 apresenta o brix das kombuchás após a simulação a 35°C e 202 rpm de agitação, sendo mostrados por marca, sabor, tipo de embalagem e tempo de transporte.

Versão Final Homologada
22/08/2025 11:59

Tabela 5. Análise do brix nas amostras da marca Afrodite PET ao longo da simulação a 35° C e 202 rpm.

Sabor	Tempo (h)	Temperatura (°C)	Brix	Brix corrigido
Abacaxi e Hortelã	0	20	4,0	4,0
	3	21	4,1	4,2
	8	22	4,3	4,5
	24	21	3,8	3,9
Pêssego e Pera	0	20	4,0	4,0
	3	21	4,1	4,2
	8	22	4,0	4,2
	24	20	4,2	4,2
Morango e Hibisco	0	20	4,0	4,0
	3	20	3,9	3,9
	8	22	5,0	5,2
	24	20	5,0	5,0

Fonte: Autoras, 2025.

Outrossim, as amostras de kombuchás analisada em PET mostrados na tabela 5, da mesma marca e sob as mesmas condições (35°C e 202 de rpm), porém com algumas nuances na temperatura, onde foi necessário a correção do valor do brix, que teve um aumento de 2,5% para os sabores de Abacaxi e Hortelã e para Pêssego e Pera e 15,8% para Morango e Hibisco. Abacaxi e Hortelã no tempo de 24 horas e Morango e Hibisco no tempo de 3 horas tiveram uma queda de 9,75% do brix.

No caso das kombuchás Afrodite PET foi notável que todos os sabores tiveram um aumento de brix, é os sabores de Abacaxi e Hortelã e Morango e Hibisco no tempo de 24 horas e 3 horas respectivamente, foram os únicos que diminuiram o brix, que era o esperado nesse caso. Esse aumento de brix pode ser explicado pela homogeneização das kombuchás, pois o fermentador não possui uma forma de mexer o tanque, isso faz com que muitos resíduos se depositem no fundo, e esse fundo se envasado pode apresentar uma grande alteração do brix. O tipo de fruta também pode alterar o valor do brix, pois algumas frutas podem ter uma quantidade de sacarose maior,e assim, com a degradação da frutose a disponibilidade de glicose aumenta, assim o valor de brix pode aumentar quando analisado.

A tabela 6 apresenta o brix das kombuchás após a simulação a 35°C e 202 rpm de agitação, sendo mostrados por marca, sabor, tipo de embalagem e tempo de transporte.

Versão Final Homologada
22/08/2025 11:59

Tabela 6 Análise do brix nas amostras da marca Takk PET ao longo da simulação a 35° C e 202 rpm.

Sabor	Tempo (h)	Temperatura (°C)	Brix	Brix corrigido
Abacaxi e Lúpulo	0	20	3,5	3,5
	3	20	3,3	3,3
	8	24	3,1	3,4
	24	23	3,0	3,2
Pêssego	0	20	4,2	4,2
	3	19	3,0	2,9
	8	24	2,5	2,8
	24	21	3,9	4,0
Limão e Framboesa	0	20	3,9	3,9
	3	20	4,6	4,6
	8	22	3,2	3,4
	24	21	4,0	4,1

Fonte: Autoras, 2025.

Para as amostras de kombuchá da marca Takk (tabela 6), analisadas sob as mesmas condições, obteve os resultados do brix mais equilibrado em relação com os demais produtos, onde apenas o sabor Pêssego apresentou uma redução média de 77% em comparação ao valor inicial.

As kombuchás da Takk PET apresentaram uma decaída de brix, em todos os sabores, o que era esperado, ressaltando apenas o sabor de Limão e Framboesa no tempo de 3 horas, que houve um aumento. Essa decaída de brix é o mais esperado após um tempo de fermentação e mostra que no caso da marca Takk as embalagens possuem uma padronização maior no brix final, fazendo com que a os açúcares apresentados estejam coerentes com a decaída do brix.

Esse parâmetro é relevante, pois o açúcar presente na bebida pode ser convertido em álcool durante o processo de fermentação. Dessa forma, observa-se geralmente uma redução no valor de brix à medida que o teor alcoólico aumenta. Porém essa tendência pode variar dependendo da kombuchá, especialmente quando são utilizadas frutas naturalmente mais doces, cuja degradação pode, em alguns casos, elevar o brix. A padronização do brix em cada embalagem também pode ser uma forma de manter o brix estável.

5.2.4 Determinação Da Acidez Total Titulável

A acidez total foi determinada por meio da titulação de neutralização, realizada em triplicata. Os dados obtidos estão apresentados na tabela 7.

Versão Final Homologada
22/08/2025 11:59

Tabela 7. Dados obtidos para o cálculo da acidez total.

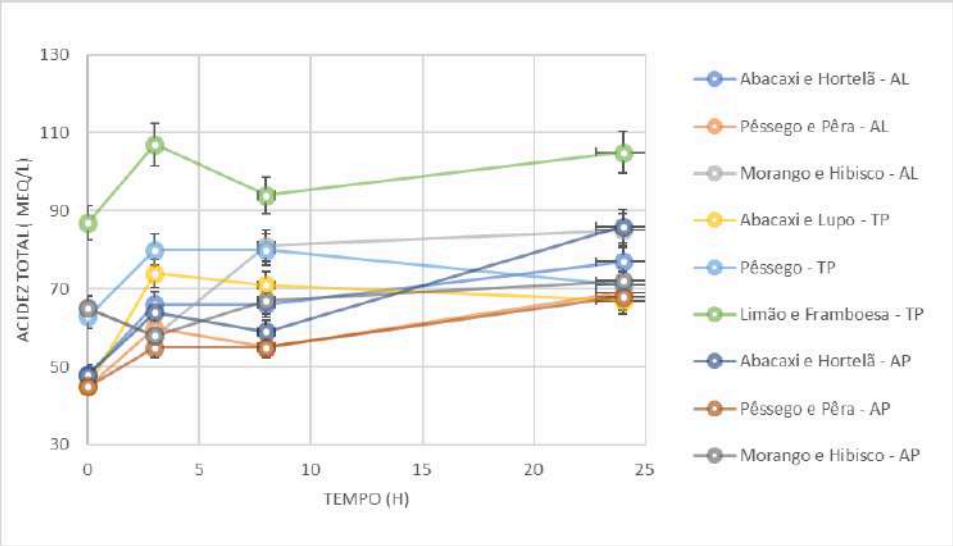
Sabores	Tempo (h)	T1	T2	T3	Média (ml)
Afrodite - Lata					
Abacaxi e Hortelã	3	6,1	7,0	6,8	6,6
	8	6,3	7,2	6,3	6,6
	24	7,3	8,1	7,8	7,7
Pêssego e Pera	3	6,0	6,0	6,0	6,0
	8	5,4	5,5	5,7	5,5
	24	7,0	7,0	6,8	6,9
Morango e Hibisco	3	5,7	6,0	5,7	5,8
	8	8,1	8,1	8,0	8,1
	24	8,6	8,6	8,4	8,5
Afrodite - PET					
Abacaxi e Hortelã	3	6,9	6,2	6,1	6,4
	8	6,3	5,5	5,9	5,9
	24	8,3	8,8	8,4	8,6
Pêssego e Pera	3	5,8	5,4	5,2	5,5
	8	5,5	5,3	5,6	5,5
	24	6,8	6,8	6,9	6,8
Morango e Hibisco	3	5,9	6,2	6,4	6,2
	8	6,5	6,6	6,9	6,7
	24	7,2	7,0	7,3	7,2
Takk - PET					
Abacaxi e Lúpulos	3	7,0	7,6	7,7	7,4
	8	6,4	7,1	7,9	7,1
	24	6,1	6,8	7,1	6,7
Pêssego	3	7,5	8,7	7,9	8,0
	8	7,7	8,1	8,1	8,0
	24	7,5	6,1	7,8	7,1
Limão e Framboesa	3	10,8	10,9	10,3	10,7
	8	9,4	9,2	9,5	9,4
	24	9,6	10,4	11,5	10,5

Fonte: Autoras, 2025.

Com base nas médias apresentadas na tabela 9, foi possível calcular a acidez total. Os resultados foram representados na figura 15, a fim de facilitar a compreensão dos dados.

Versão Final Homologada
22/08/2025 11:59

Figura 15. Comparação da acidez total das amostras ao longo do transporte a 35°C e 202 de rpm.



AL- Afrodite Lata; AP- Afrodite PET; TP- Takk PET.

Fonte: Autoras, 2025.

Conforme demonstrado, a acidez total das amostras de kombuchá variou ao longo do tempo de transporte a 35°C e 202 rpm, indicando atividade fermentativa residual em algumas formulações. A amostra de Limão e Framboesa apresentou os maiores valores de acidez durante todo o período, perto dos 110 mEq/L, o que sugere maior produção de ácidos orgânicos ou o fato da concentração inicial desses compostos ser mais elevada. Já as amostras de Abacaxi e Hortelã, da marca Afrodite, tanto em latas como garrafas, também demonstraram aumento expressivo da acidez, alcançando valores próximos a 85 mEq/L após 24 horas.

Por outro lado, as amostras como Morango e Hibisco (Afrodite) e Abacaxi e Lúpulo (Takk), apresentaram maior estabilidade ao longo do tempo, mantendo-se dentro de uma faixa controlada de acidez. Em geral, observou-se uma tendência de elevação da acidez total ao longo do transporte, principalmente nas primeiras 8 horas. Esses resultados evidenciam a importância de monitorar esse parâmetro como forma de assegurar a qualidade do produto, visto que, alterações significativas na acidez podem impactar tanto a segurança quanto às características sensoriais da bebida.

5.2.5 Variação Do Teor Alcoólico

A tabela 8 apresenta as concentrações e os respectivos valores de absorbância de cada solução.

Versão Final Homologada
22/08/2025 11:59

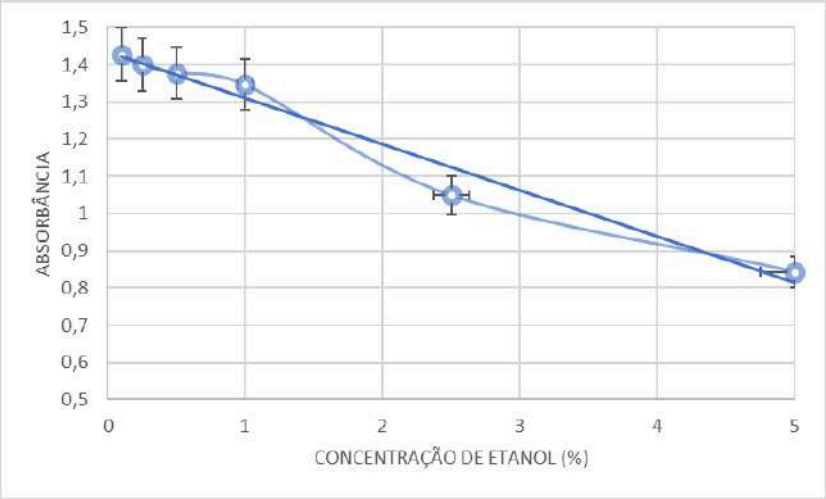
Tabela 8. Dados para o cálculo da curva de calibração.

Concentração de etanol (%)	Absorbância			
	1	2	3	média
0,10	1,423	1,428	1,433	1,428
0,25	1,407	1,403	1,390	1,400
0,50	1,381	1,391	1,361	1,378
1,00	1,366	1,312	1,362	1,347
2,50	1,044	1,031	1,071	1,049
5,00	0,875	0,870	0,784	0,843

Fonte: Autoras, 2025.

Com a finalidade de obter resultados mais confiáveis, as medições de absorbância foram realizadas em triplicata, sendo posteriormente calculada a média dos valores obtidos. A partir desses dados, foi possível construir a curva de calibração apresentada na Figura 16.

Figura 16. Curva de calibração da concentração do etanol.



Fonte: Autoras, 2025.

A partir do gráfico, obteve-se a equação da reta (equação 5), a qual foi utilizada para calcular a concentração de etanol em cada amostra de kombuchá, sendo que x a concentração de etanol e y a absorbância:

$$y = -0,1242\,x + 1,4342 \quad (5)$$

Após a simulação de transporte, foi analisada a concentração de etanol presente na bebida, levando em consideração o tempo, temperatura e a localização da amostra no simulador, para

Versão Final Homologada
22/08/2025 11:59

cada marca e sua respectiva embalagem. Os resultados estão apresentados nas tabelas 9, 10 e 11 e, figuras 17, 18 e 19, respectivamente.

Tabela 9. Parâmetros físico-químicos da marca Afrodite lata após a simulação de transporte a 35°C e 202 rpm.

Sabor	Tempo (h)	Temperatura (°C)	Teor Alcoólico (%)	Situação
Abacaxi e Hortelã	0	20	0,14	Padrão
	3	20	0,40	Fundo
	8	20	0,60	Meio
	24	20	0,52	Perto da porta
Pêssego e Pera	0	20	0,02	Padrão
	3	20	0,24	Fundo
	8	20	0,60	Meio
	24	20	0,46	Perto da porta
Morango e Hibisco	0	20	0,02	Padrão
	3	20	0,40	Fundo
	8	21	0,44	Meio
	24	20	0,09	Perto da porta

Fonte: Autoras, 2025.

Figura 17. Variação do teor alcoólico ao longo do tempo da marca Afrodite - lata a 35°C e 202 rpm.

Fonte: Autoras, 2025.

Na tabela 9 e figura 17, é mostrado o comportamento do teor alcoólico para bebidas de kombuchá da marca Afrodite latas, seguindo do tempo zero (padrão), até o tempo de 24 horas. É notório que o sabor Abacaxi e Hortelã apresenta no padrão um nível elevado de etanol em comparação

Versão Final Homologada
22/08/2025 11:59

com os demais sabores e com isso, nos tempo de 8 horas e 24 horas apresentaram valores de 0,60 e 0,52% respectivamente, valores esses considerados acima dos limites estabelecidos pela norma. O sabor Pêssego e Pera apresentou um valor de 0,60%, ou seja, esta acima do limite estabelecido pela norma no tempo de 8 horas, enquanto o Morango e Hibisco se mostrou o sabor mais equilibrado, não obtendo em nenhum momento o teor alcoólico acima de 0,5% (v/v).

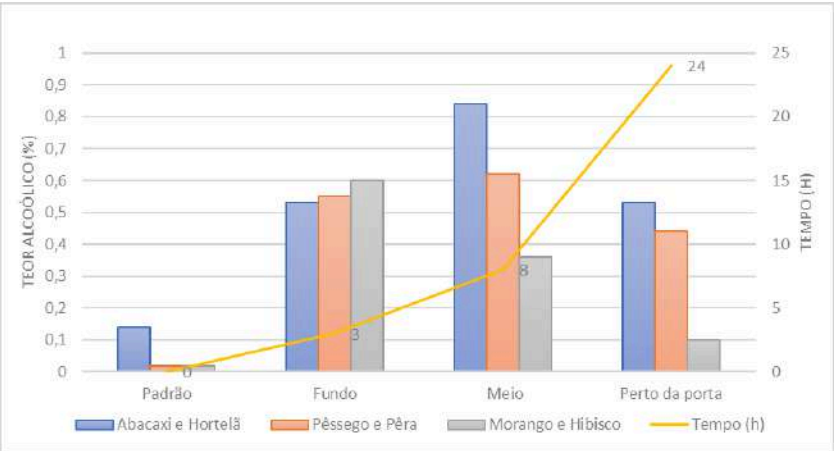
Outrossim, foram avaliados a localização da bebida na hora da simulação, onde, no tempo de 3, 8 e 24 horas as bebidas foram retiradas do fundo, meio e perto da porta respectivamente, sendo que, as bebidas que estavam no meio obteve um aumento significativo em ambos sabores.

Tabela 10. Parâmetros físico-químicos da marca Afrodite - PET após a simulação de transporte a 35°C e 202 rpm.

Sabor	Tempo (h)	Temperatura (°C)	Teor Alcoólico (%)	Situação
Abacaxi e Hortelã	0	20	0,14	Padrão
	3	21	0,53	Fundo
	8	22	0,84	Meio
	24	21	0,53	Perto da porta
Pêssego e Pera	0	20	0,02	Padrão
	3	21	0,55	Fundo
	8	22	0,62	Meio
	24	20	0,44	Perto da porta
Morango e Hibisco	0	20	0,02	Padrão
	3	20	0,60	Fundo
	8	22	0,36	Meio
	24	20	0,10	Perto da porta

Fonte: Autoras, 2025.

Figura 18. Variação do teor alcoólico ao longo do tempo da marca Afrodite - PET a 35°C e 202 rpm.



Fonte: Autoras, 2025.

Versão Final Homologada
22/08/2025 11:59

Em sequência, na tabela 12 e figura 9, é mostrado o comportamento do teor alcoólico para bebidas de kombuchá da marca Afrodite em garrafas. Observa-se que o sabor Abacaxi e Hortelã se mostrou do padrão ao tempo de 24 horas um nível elevado de etanol em comparação com os demais sabores e com isso, nos tempo de 8 horas em que a bebida se encontrava no meio no simulador, a concentração de etanol foi a que mais se apresentou alta com 0,84%. O sabor Pêssego e Pera esteve com o teor alcoólico acima da norma no tempo de 3 e 8 horas, enquanto o Morango e Hibisco no tempo de 3 horas quando estava no fundo obteve um valor acima da norma com 0,60%.

Analisando a localização na hora da simulação, quando as bebidas foram retiradas do fundo, todas apresentaram valores acima de 0,5%, enquanto, as bebidas que foram retiradas do meio, apenas os sabores de Abacaxi e Hortelã, Pêssego e Pera apresentaram valores extremamente altos em comparação com as bebidas perto da porta, onde, somente o Abacaxi e Hortelã esteve acima da norma.

Um dos fatores que pode ter influenciado para o aumento do teor alcoólico foi o tipo de embalagem utilizada. As latas de alumínio, por serem bons condutores de calor, tendem a manter a bebida aquecida por mais tempo, favorecendo a continuidade do processo fermentativo e, consequentemente, elevando a concentração de etanol. No entanto, analisando os gráficos das Figuras 8 e 9, observou-se que as bebidas armazenadas em embalagem PET apresentaram teores alcoólicos maiores. Esse resultado pode estar relacionado à posição dessas amostras durante a simulação de transporte, uma vez que estavam localizadas próximas às paredes do simulador, região que recebeu maior exposição ao calor, favorecendo o aumento da temperatura e, por consequência, da atividade fermentativa.

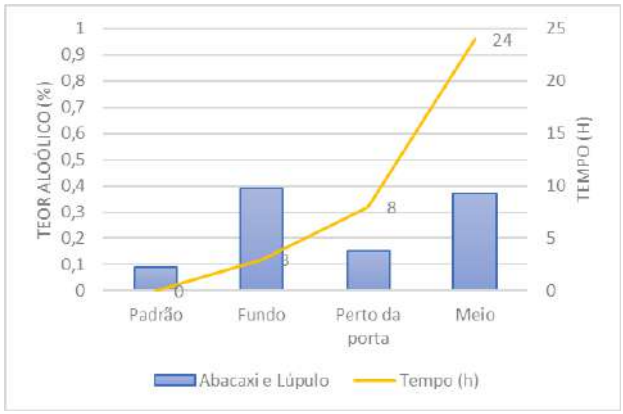
Tabela 11. Parâmetros físico-químicos da marca Takk - PET após a simulação de transporte a 35°C e 202 rpm..

Sabor	Tempo (h)	Temperatura (°C)	Teor Alcoólico (%)	Situação
Abacaxi e Lúpulo	0	20	0,09	Padrão
	3	20	0,39	Fundo
	8	24	0,15	Perto da porta
	24	23	0,37	Meio
Pêssego	0	20	0,00	Padrão
	3	19	0,41	Fundo
	8	24	0,06	Perto da porta
	24	21	0,07	Perto da porta
Limão e Framboesa	0	21	0,01	Padrão
	3	20	0,13	Fundo
	8	22	0,98	Meio
	24	21	0,44	Meio

Fonte: Autoras, 2025.

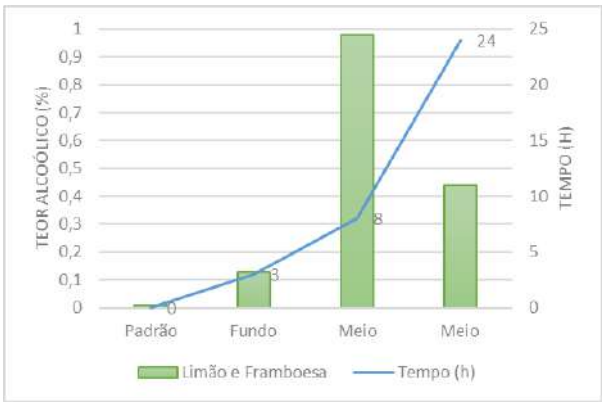
Versão Final Homologada
22/08/2025 11:59

Figura 19. Variação do teor alcoólico ao longo do tempo da marca Takk - PET a 35°C e 202 rpm.



A - Abacaxi e Lúpulo

B - Pêssego



C - Limão e Framboesa

Fonte: Autoras, 2025.

Consequentemente, na tabela 13 e figura 10, é mostrado o comportamento do teor alcoólico para bebidas de kombuchá da marca Takk em garrafas, seguindo do tempo zero (padrão), até o tempo de 24 horas, sendo necessário um gráfico para cada sabor, pois foi retirado aleatoriamente do simulador. Percebe-se que os sabores Abacaxi com Lúpulo e Pêssego apresentaram valores dentro do valor estabelecido pelo MAPA em todos os intervalos de tempo. No entanto, o sabor Limão e Framboesa, no tempo de 8 horas apresentou uma concentração elevada de etanol (0,98%) em comparação com as amostras nos demais intervalos de tempo e sabores.

Ao avaliar a localização das bebidas, apenas a amostra de Limão e Framboesa das 8 horas que estava no meio do simulador teve um valor muito alto em comparação com as demais amostras que não ultrapassaram o limite estabelecido pelo MAPA. Desta forma, as amostras que estavam localizadas no meio e decorrente do tempo de 8 horas foram as que mais apresentaram um aumento na concentração de etanol em comparação com as normativas do MAPA em relação ao teor alcoólico.

Versão Final Homologada
22/08/2025 11:59

Segundo Vitas et al., (2019), o aumento de ácidos orgânicos ajuda a manter o teor alcoólico mais estável, já que a produção desses ácidos vem da degradação do etanol, principalmente em sabores mais avinagrados, com maior concentração de ácido acético. Porém com um aumento de ácido lático, o etanol pode se manter estável e até aumentar em alguns casos. Para temperaturas acima de 30°C, a fermentação alcoólica é muito mais acelerada, devido a ativação das leveduras, fazendo com que a glicose e frutose se tornem rapidamente convertidas em etanol, gerando um aumento no teor alcoólico.

Assim, para kombuchá em temperaturas superiores a 28°C, a produção de etanol tende aumentar em comparação a kombuchá armazenadas sob refrigeração, o que indica que a temperatura tem uma papel significativo na produção de etanol, CO2 e ácidos como acético e glucônico. Outro fator que pode influenciar esse processo é o tipo de chá utilizado, uma vez que o chá verde apresenta menor produção alcoólica que o chá preto (Shariff et al., 2023).

5.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Com base na análise de variância (ANOVA) de medidas repetitivas realizadas a partir do software DATAtab, avaliou-se a influência da variação do teor alcoólico, pH, °Brix e acidez total em relação a localização e tempo de transporte, embalagem, sabores e marcas, para transportes não refrigerados sob a temperatura constante de 35°C, apresentada na tabela 12.

Tabela 12. Análises de variância de medidas repetitivas de cada fator após simulação de transporte a 35°C e 202 rpm.

Interação	F	p	η^2	η^2_p
Tempo (h) - Teor Alcoólico (%)	25,11	<.001	0,29	0,46
Sabor - Teor Alcoólico (%)	0	1	0	0
Marca - Teor Alcoólico (%)	0	0,976	0	0
Embalagem - Teor Alcoólico (%)	0	1	0	0
Localização - Teor Alcoólico (%)	31,15	<.001	0,27	0,74
pH - Localização	3316,76	<.001	0,97	0,99
°Brix - Teor Alcoólico (%)	1154,36	<.001	0,94	0,97
Acidez Total - Teor Alcoólico (%)	253,24	<.001	0,91	0,97

Fonte: Autoras, 2025.

Versão Final Homologada
22/08/2025 11:59

O tempo de transporte afeta significativamente ($F = 25,11$; $p < 0,001$) o teor alcoólico da kombuchá, o valor de grande efeito prático ($\eta^2_p = 0,46$) expressa 46% da variância, ou seja, o teor alcoólico aumenta com o tempo. No entanto, sabor, marca e embalagem não influenciam a variação do teor alcoólico, conforme apresentado por $F = 0$, $p = 1$ para sabor e embalagem - $p = 0,976$ para marca, isto é, esses fatores não possuem uma influência significativa. Dessa forma, o tempo de transporte é o único que influencia significativamente o teor alcoólico.

Além disso, observou-se um efeito principal significativo da localização das amostras no baú do caminhão ($F = 31,15$; $p < 0,001$; $\eta^2_p = 0,74$), evidenciando que a aposição da garrafa (como "fundo", "meio" e "perto da porta") também influenciou os níveis finais de etanol. A interação entre tempo e a localização das amostras foi igualmente significativa ($F = 30,11$; $p < 0,001$; $\eta^2_p = 0,74$), o que revela que o impacto do tempo sobre a produção alcoólica foi condicionada pela posição da embalagem durante o transporte simulado.

A análise de variância com medidas repetidas revelou um efeito altamente significativo da variável pH entre os tempos observados ($F = 3316,76$; $p < 0,001$; $\eta^2_p = 0,99$), indicando que o pH variou substancialmente ao longo do tempo na simulação de transporte não refrigerado. Também foi identificado um efeito principal significativo da localização da amostra ($F = 6,01$; $p < 0,002$; $\eta^2_p = 0,36$), demonstrando que a posição no ambiente de transporte impactou de forma relevante os valores de pH observados. Esse comportamento pode estar relacionado à diferença na exposição ao calor ou circulação de ar nas diferentes posições do compartimento, afetando a atividade microbiana e, consequentemente, a acidificação do produto.

A comparação entre o teor alcoólico e o °Brix foi altamente significativa ($F = 1154,36$; $p < 0,001$; $\eta^2_p = 0,97$), indicando forte correlação entre os dois parâmetros. Isso sugere que o Brix é um excelente provedor da concentração de álcool no sistema analisado. Em relação a acidez total ($F = 253,24$; $p < 0,001$; $\eta^2_p = 0,97$), o efeito é muito significativo, onde a variação no teor alcoólico está altamente associada a esta variável.

Diante disso, diferentes microambientes térmicos ou de exposição ao calor, dependendo da posição da embalagem, podem intensificar a fermentação residual. Com esses resultados, reforçam a necessidade de um controle mais rigoroso das condições logísticas, sobretudo no transporte não refrigerado de kombuchás comerciais, considerando que tanto o tempo quanto a posição no compartimento de carga podem favorecer o aumento do teor alcoólico acima do permitido pelo MAPA.

Versão Final Homologada
22/08/2025 11:59

Foi aplicado o pós-teste de Bonferroni para identificar quais comparações entre as localizações das amostras apresentaram diferenças estatisticamente significativas. A tabela 13 apresenta para o teor alcoólico, pH, °Brix e acidez total.

Tabela 13. Pós-teste de Bonferroni aplicado para identificar comparações entre as localizações após simulação de transporte a 35°C e 202 rpm.

	Teor Alcoólico	**pH**	**°Brix**	**Acidez Total**
Padrão - Fundo	0,001	0,018	1	0,886
Padrão - Meio	<.001	0,002	0,443	0,717
Padrão - Perto da porta	0,062	0,108	1	1

Fonte: Autoras, 2025.

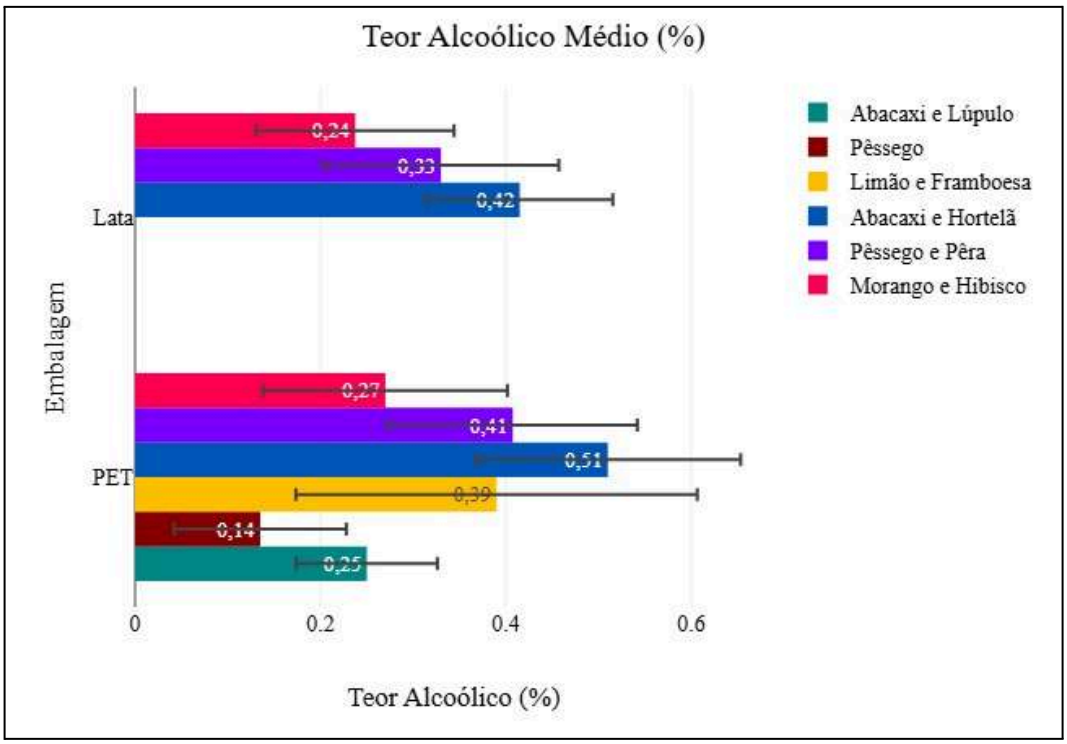
As comparações múltiplas usando o pós-teste de Bonferroni revelaram diferenças estatisticamente significativas. No teor alcoólico, a análise revelou que as condições Padrão-Fundo ($p = 0,001$), Padrão-Meio ($p < 0,001$) apresentaram diferenças significativas no teor alcoólico, no entanto, entre Padrão-Perto da porta ($p = 0,062$) não apresentou diferença estatisticamente significativa. Nos valores de pH entre algumas posições de armazenamento durante o transporte. A maior diferença observada foi entre a posição Padrão-Meio, com uma redução média de pH de -0,26 ($p = 0,002$), seguida pela diferença entre Padrão-Fundo (-0,21; $p = 0,018$). Já a comparação entre Padrão-Perto da porta apresentou uma tendência de significância ($p = 0,108$), mas não foi tão estatisticamente relevante ao nível de 5%.

As comparações múltiplas para o Brix e Acidez total, nenhuma das comparações apresentaram diferença estatisticamente significativa (todos os valores de $p > 0,05$). Apesar disso, nota-se que o Meio tende apresentar valores ligeiramente mais baixos do que os demais.

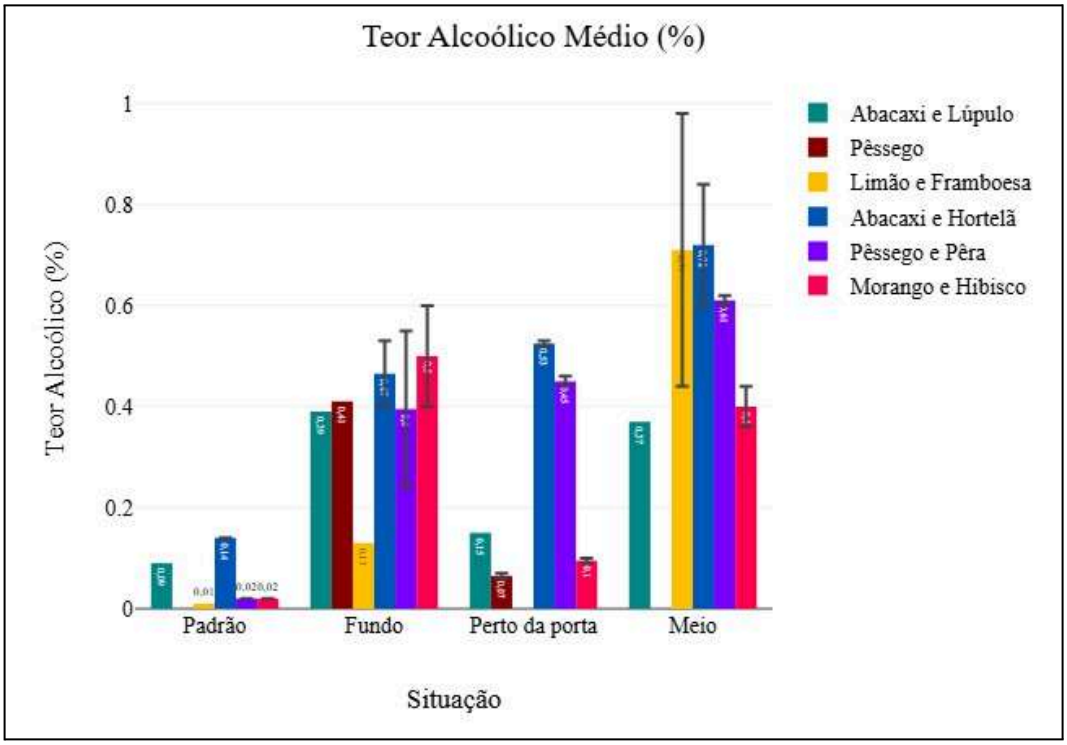
Outra análise importante apresentada na Figura 20, foi o efeito do teor alcoólico médio (%) em função dos dois tipos de embalagem e localização (situação) das amostras no equipamento de simulação.

Versão Final Homologada
22/08/2025 11:59

Figura 20. Teor alcoólico médio (%) em função da embalagem - localização no transporte.



A- Teor alcoólico x embalagens



B- Teor alcoólico x localização

Fonte: Autoras, 2025.

Analisando o gráfico A, o maior teor alcoólico médio foi apresentado pela kombuchá

Versão Final Homologada
22/08/2025 11:59

Abacaxi-Hortelã em embalagem PET (0,51%), seguida da mesma bebida na lata (0,42%). Para os demais sabores, Morango e Hibisco teve um teor alcoólico semelhante entre as embalagens, Pêssego-Pera teve uma redução no teor na embalagem em lata, Abacaxi com Lúpulo, Pêssego e Limão-Framboesa não tiveram variação de embalagem. assim, a embalagem PET tende a promover maior teor alcoólico, possivelmente por permitir maior permeabilidade ao oxigênio e consequente fermentação.

A análise do gráfico B mostra que o meio do compartimento de transporte favorece o maior acúmulo de calor e fermentação, elevando o teor alcoólico. A posição do produto influencia significativamente a qualidade e segurança, sendo o meio o ponto mais crítico. No fundo do caminhão, o teor alcoólico aumenta levemente em todos os sabores, com destaque para Abacaxi-Hortelã e Pêssego-Pera. As amostras perto da porta mostraram que os teores alcoólicos se mantiveram baixos para a maioria dos sabores. Comprovando que há maior troca térmica com o ambiente, freando a fermentação.

Com esse cenário, é notório que as amostras de sabor Abacaxi-Hortelã em PET apresentaram maior variação de teor alcoólico, como também as amostras que estavam localizadas no meio sofreram maior variação.

5.4 PERSPECTIVA GERAL

5.4.1 Variação Nos Parâmetros Físico-Químicos

Ao longo da simulação de transporte utilizando a incubadora shaker a uma temperatura de 35°C e sob uma agitação de 202 rpm, observou-se que as garrafas PET sofrem maior estresse físico em decorrência do acúmulo de CO_2, principalmente nas embalagens da marca Takk, que apresentaram maior deformação.

O pH das amostras de kombuchá também apresentou alterações. A variação mais discrepante foi observada no sabor Abacaxi - Lúpulo, da Takk, em embalagem PET, que obteve um valor de pH maior do que o inicial. As demais amostras apresentaram uma diminuição do pH, o que era esperado a temperatura de 35°C e agitação de 202 rpm.

O teor °Brix, em geral, apresentou diminuição, principalmente nos sabores da marca Afrodite em lata. No entanto, os sabores Pêssego e Pera, e Abacaxi e Hortelã da Afrodite em PET mostraram uma elevação no Brix. A marca Takk PET obteve um equilíbrio no valor de sólidos solúveis, apresentando redução apenas no sabor de Pêssego .

Versão Final Homologada
22/08/2025 11:59

A acidez total das amostras também variou. O sabor Limão e Framboesa da marca Takk PET foi a que mais apresentou acidez. Na marca Afrodite, tanto nas embalagens de lata como na PET, o sabor Abacaxi e Hortelã também obteve um aumento em sua acidez total. Os sabores que apresentaram maior estabilidade foram Morango e Hibisco da marca Afrodite (em ambas embalagens), e Abacaxi e Lúpulo da Takk PET.

O teor alcoólico, parâmetro importante dentro da normativa das kombuchá, variou significativamente. O sabor de Morango e Hibisco, da marca Afrodite em lata, obteve um ótimo desempenho, não ultrapassando o que é estabelecido pelo MAPA durante a simulação. O sabor que mais apresentou aumento de teor alcoólico da Afrodite, em lata e em PET foi o de Abacaxi com Hortelã. A marca Takk PET apresentou uma das maiores variâncias de teor alcoólico, sendo do sabor de Limão e Framboesa, chegando a 0,98% v/v, estando acima do limite legal. Os demais sabores da marca se mantiveram dentro da normativa do MAPA.

5.4.2 Otimização Do Transporte

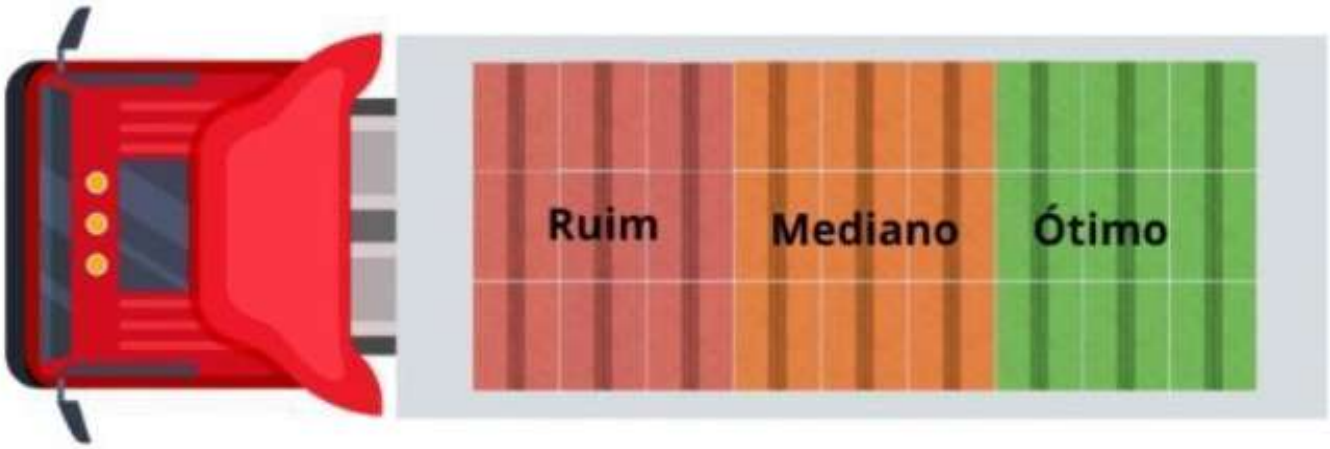
Para otimizar o interior do transporte não refrigerado, utiliza-se de algumas estratégias na organização das caixas. Uma das estratégias é escolher colocá-las longe das paredes, deixando espaço para que tenha correntes de ar, interrompendo a transferência de calor por condução entre as paredes do baú e as caixas. Outra forma é usar paletes de madeira no assoalho, facilitando a carga e descarga e evitando o contato direto com o assoalho do baú. Assim, a única transferência de calor ocorrendo será a por convecção, fazendo com que o ar mais quente perto das paredes dissipa por todo o baú. Por conseguinte, fazendo analogia, às posições dentro da incubadora shaker simulam diferentes zonas térmicas de um caminhão não refrigerado, onde no fundo (incubadora igual caminhão) retrata maior ganho de calor, pois há três paredes transferindo calor, o meio (incubadora igual caminhão) apresenta uma transferência mediana, pois as paredes ao lados são as únicas transfere calor, e perto da porta (incubadora igual caminhão) é a que apresenta menos transferência de calor, pois é a que tem contato com fluido frio (externo), fazendo com que seja a zona considerada mais fria.

A disposição de sabores dentro do caminhão ajuda a preservar as kombuchá, por isso, colocar sabores mais estáveis em uma zona ruim será o mais viável, pois esses sabores vão aguentar maior estresse térmico. A disposição das embalagens também pode ajudar a manter elas sem estufamento, fazendo com que as mesmas cheguem em perfeito estado no consumidor final. Assim, Abacaxi com Lúpulo da marca Takk, e Morango com Hibisco da marca Afrodite (PET e lata) são os escolhidos para o fundo, pois é uma zona ruim, e esses sabores mostraram maior estabilidade entre os

Versão Final Homologada
22/08/2025 11:59

parâmetros físico-químicos. Já os sabores Pêssego da Takk, e Pêssego e Pera da Afrodite (PET e lata), tiveram um desempenho mediano, sendo considerados nem os piores e nem os melhores, sendo os sabores que deve ficar no meio do caminhão, em uma zona que a transferência de calor seja média. Por fim, os sabores que apresentaram a maior degradação, foram Limão e Framboesa da marca Takk, e Abacaxi com Hortelã da marca Afrodite (PET e lata), devem ser colocados na zona considerada ótima, para que sua transferência de calor seja mínima, e que eles possam suportar o estresse térmico durante o transporte.Sendo assim, a Figura 23 é uma recomendação de como dispor as caixas em um caminhão baú sem refrigeração, classificando as posições em ótimo, mediano e ruim.

Figura 21. Disposição e classificação das caixas em um caminhão baú.



Fonte: Autoras, 2025.

A distância percorrida também pode influenciar nos padrões, sendo melhor escolher quilometragens menores para percorrer, para tentar diminuir ao máximo a exposição das kombuchá em um ambiente não adequado. Assim, o mais recomendado seria viagens de 300 a 500 km, pois a bebida estaria exposta ao calor em média de 3 á 5 horas, e dependendo da localidade sendo possível chegar a estados diferentes. Para distâncias maiores há um risco maior de que as embalagens das kombuchás não aguentem o estresse térmico, então, para diminuir este risco, recomenda-se utilizar caixas com isolamento térmico, tentando manter a temperatura das kombuchá o mais próximo da saída da indústria, mantendo um padrão e podendo alcançar novos mercados.

Versão Final Homologada
22/08/2025 11:59

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho investigou as características físico-químicas da kombuchá durante uma simulação de transporte não refrigerado em viagens curtas (3h), médias (8) e longas (24), avaliando a influência de diferentes sabores, marcas e embalagens sob temperatura constante de 35°C.

De modo geral, as análises físico-químicas para os três sabores e duas diferentes marcas demonstraram que, na maioria das condições simuladas, os parâmetros de pH e acidez total mantiveram-se dentro dos limites estabelecidos no Brasil pelo MAPA. Observou-se uma tendência de redução nos valores de °Brix ao longo do tempo de transporte, exceto para os sabores Pêssego e Pera, e Abacaxi e Hortelã, os quais apresentaram um aumento nos valores ao final do experimento.

Por outro lado, o teor alcoólico apresentou variações relevantes, com destaque para o tempo de transporte de 8 horas, em que os valores observados ultrapassam os limites permitidos pelo MAPA. Quanto ao tipo de embalagens, as amostras acondicionadas em frascos PET demonstraram maior estabilidades, especialmente nos sabores Morango e Hibisco (Afrodite) e Abacaxi e Lúpulo (Takk), contribuindo para a conservação das características da bebida ao longo do transporte.

As análises estatísticas indicaram que o tempo de transporte e a localização das amostras no compartimento do caminhão influenciaram significativamente a variação do teor alcoólico e do pH. Já os parâmetros de °Brix e a acidez total foram afetados apenas pelo tempo de transporte. É importante destacar que as amostras localizadas próximas à porta não apresentaram alterações significativas, possivelmente por terem sido posicionadas no fundo foram as primeiras a serem coletadas, logo após a primeira parada.

Com base nesses resultados, o estudo reforça a importância de armazenar e transportar bebidas fermentadas, como kombuchá comercial, sob transportes refrigerados, Esta prática é fundamental para garantir as características físico-químicas conforme o padrão estabelecido pelo MAPA e a segurança dos consumidores.

Como sugestão para trabalhos futuros, recomenda-se a ampliação da simulação de transporte em temperaturas diferentes, com vistas a uma melhor compreensão das variações físico-químicas em função da localização no compartimento do transporte, bem como da diversidade de marcas, embalagens e sabores avaliados.

Versão Final Homologada
22/08/2025 11:59

REFERÊNCIAS

ABKOM. Associação Brasileira de kombuchá. 2020. Disponível em: https://www.abkom.org.br/. Acesso em: 4 abr. 2023.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/prazo-para-adequacao-dosestabelecimentos-produtores-de-kombuchá-e-prorrogado-ate-julho-de-2021. Acesso em: 5 abr. 2023.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Estabelece o Padrão de Identidade e Qualidade da kombuchá em todo território nacional (Instrução Normativa n° 41/2019, de 17 de setembro de 2019). *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, 2019.

BRUINI, B.; BERTOLANI, J. A. C.; BERDUSCO, J. P.; TREVIZAM, C. J. Aspectos físico-químicos e microbiológicos no processo de fabricação da kombuchá. *Revista Engenho*, v. 11, n. 1, dez. 2019.

CABRAL, E. D.; PAULA, S. M. P. Elaboração de kombuchás artesanais à base de chá verde: análise físico-química e microbiológica. Recife, 2021.

CAMILO, A. N. A importância das embalagens de vidro. Instituto de Embalagens, 2021.

COELHO, R. M. D.; ALMEIDA, A. L.; AMARAL, R. Q. G.; MOTA, R. N.; SOUSA, P. H. M. kombuchá: review. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, v. 22, dez. 2020.

CORINGA, E. A. O. Apostila de Análise Instrumental Aplicada a Alimentos. Curso de Engenharia de Alimentos. IFMT - campus Cuiabá Bela Vista.

COSTA, R.; OLIVEIRA, P. Impactos logísticos do uso de garrafas de vidro na indústria de bebidas. *Revista Brasileira de Engenharia de Produção*, v. 24, n. 3, p. 105–120, 2019.

COSTA, T. V.; SILVA, S. L.; SANTANA, N. B. Bebidas fermentadas não alcoólicas: uma alternativa natural ao uso de refrigerantes. In: II Simpósio da Pós-graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos – SIMPECAL, Itapetinga (BA), 2021.

CRUZ, R. S. Obtenção do SCOBY de celulose bacteriana a partir de subprodutos de frutas e aplicações em smoothie. 2023. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologia de Alimentos) –

Versão Final Homologada
22/08/2025 11:59

Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2023.

EMILJANOWICZ, K. E.; MALINOWSKA-PAŃCZYK, E. kombuchá from alternative raw materials – The review. Department of Food Chemistry, Technology and Biotechnology, Chemical Faculty, Gdansk University of Technology, 2019.

FAGNANI, R. Review! Testamos (e aprovamos) tiras para detecção de álcool em leite. *MilkPoint*, 2019. Disponível em: https://share.google/rPxxO40fUjDeJPtlr. Acesso em: 17 jul. 2025.

GARCIA, R. L.; AMARAL, R. A.; ZABADAL, J.; PIBERNAT, C. C.; JUCHEM, F.; SCHMITZ, A. Resfriamento de um cilindro de aço: estudo experimental da convecção e radiação do calor. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 39, n. 4, 2017. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rbef/a/r64CmzVc9qZrtXKjXY5Q5XG/?lang=pt. Acesso em: 17 jul. 2025.

HUME, C. P. B. P. kombuchá artesanal e comercial: aspectos microbiológicos e parâmetros físico-químicos. Ouro Preto, 2021.

INCROPERA, F. P.; DEWITT, D. P.; BERGMAN, T. L.; LAVINE, A. S. *Fundamentos da transferência de calor e massa*. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2007.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz. v. 1: Métodos químicos e físicos para análise de alimentos. 3. ed. São Paulo: IMESP, 1985. p. 25–26.

JAYABALAN, R. et al. Biochemical characteristics of tea fungus produced during kombuchá fermentation. *Food Science and Biotechnology*, v. 19, n. 3, p. 843–847, jun. 2010.

JAYWANT, S.A.; SINGH, H.; ARIF, K.M. Sensors and Instruments for Brix Measurement: A Review. *Sensors* 2022, 22, 2290.

JÚNIOR, J. C. S. *et al***.** kombuchá: formulation, chemical composition, and therapeutic potentialities. *Current Research in Food Science*, v. 5, p. 360–365, 2022.

JÚNIOR, J. R. S.; ALBUQUERQUE, S. S. M. C.; ANDRADE, S. A. C. Análise sensorial de bebida fermentada, tipo Yakult, adicionada de polpas de frutas originalmente brasileiras. In: CONGRESSO NORTE-NORDESTE DE PESQUISA E INOVAÇÃO – CONNEPI, 2016.

KALLEL, L.; DESSEAUX, V.; HAMDI, M.; STOCKER, P.; AJANDOUZ, E. H. Insights into the fermentation biochemistry of kombuchá teas and potential impacts of kombuchá drinking on starch

Versão Final Homologada
22/08/2025 11:59

digestion. *Food Research International*, v. 49, n. 1, p. 226–232, 2012. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.foodres.2012.07.030. Acesso em: 17 jul. 2025.

KESHK, S. M. A. S. Vitamin C enhances bacterial cellulose production in Gluconacetobacter xylinus. *Carbohydrate Polymers*, v. 99, p. 98–100, 2014.

LAAVANYA, D.; SHIRKOLE, S.; BALASUBRAMANIAN, P. Current challenges, applications and future perspectives of SCOBY cellulose of kombuchá fermentation. *Journal of Cleaner Production*, v. 295, 126454, 1 maio 2021.

LEAL, J. M.; SUÁREZ, L. V.; JAYABALAN, R.; OROS, J. H.; ESCALANTE-ABURTO, A. A reviem on health benefits of kombucha nutritional compounds and metabolites. *CYTA - journal of food*, vol. 16, NO. 1, 390-399, 2018.

LEONARDO ANDRADE. Produção de kombuchá se multiplica no Brasil. [S.l.: s.n.], [202-?].

LIMA, N. MACIEL, G. M. FERNANDES, I. A. A.; HAMINIUK, C. W. I. Adsorção de fenólicos em celulose bacteriana otimizada. *Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos*, v. 42, n. 1, 2024. https://doi.org/10.5380/bceppa.v42i1.94578. Acesso em: 23 jul. 2025.

MACHADO, L. et al. Eficiência do PET como embalagem para bebidas fermentadas. *Revista de Engenharia de Materiais*, v. 12, n. 1, p. 22–35, 2018.

MAGALHÃES, K. T.; MELO PEREIRA, G. V.; CAMPOS, C. R.; DRAGONE, G.; SCHWAN, R. F. Brazilian kefir: structure, microbial communities and chemical composition. *Brazilian Journal of Microbiology*, Curitiba, v. 42, n. 2, p. 693–702, 2011. doi:10.1590/S1517-83822011000200034. Acesso em: 26 jul. 2025.

MAIA, Y. L. M. et al. kombuchá: características e aspectos biológicos. *RRS-FESGO*, v. 3, n. 1, p. 114–123, jan.–jul. 2020.

MIRANDA, J. F. et al. kombuchá: A review of substrates, regulations, composition, and biological properties. *Journal of Food Science*, p. 1–25, 2022.

MORAIS, M. G. C. et al. Potencial nutricional e biotecnológico do SCOBY produzido na fermentação de chá verde. *Research, Society and Development*, v. 11, n. 11, 2022.

MUSELINE G. *Cargas refrigeradas: como funciona o transporte e como fazer*. Disponível em:

Versão Final Homologada
22/08/2025 11:59

https://www.frota162.com.br/blog/cargas-refrigeradas-como-funciona-o-transporte-e-como-fazer/. Acesso em: 28 abr. 2025.

PALMIERI, F. G.; GARCIA, J.; JULIÃO, L. Logística: Por onde passam os produtos hortifrutícolas?. *HORTIFRUTI BRASIL* -Setembro de 2014.

PEREIRA, S. et al. Desafios da reciclagem de vidro no Brasil. *Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade*, v. 7, n. 2, p. 45–59, 2018.

PEREIRA, S. et al. Estudo sobre a influência da embalagem na qualidade de bebidas carbonatadas. *Food Packaging Research Journal*, v. 10, n. 4, p. 55–72, 2017.

PETRUZZELLO, M.. *Kombucha.* Encyclopedia Britannica, 2017. Disponível em: **https://www.britannica.com/topic/kombucha.** Acesso em: 22 jul. 2023.

PINTO, L. CABRAL J.. Reciclagem de latas de alumínio no Brasil: relevância econômica e tecnológica. *Anais III JOIN*, Campina Grande: Realize Editora, 2017. Disponível em: https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/50121. Acesso em: 25 jul. 2025.

SAMPAIO, R. F.; MANCINI, M. C. Estudos de revisão sistemática: um guia para síntese criteriosa da evidência científica. *Revista Brasileira de Fisioterapia*, v. 11, n. 1, p. 83–89, jan./fev. 2007.

SANTOS, M. J. kombuchá: caracterização da microbiota e desenvolvimento de novos produtos alimentares para uso em restauração. Março de 2016.

SCHMID, P; WELLE, F. Migração química de materiais de embalagem de bebidas – uma revisão. *Beverages*, Basel, v. 6, n. 2, p. 37, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.3390/beverages6020037. Acesso em: 17 jul. 2025.

SHARIFF, S. et al. The Effect of Storage Conditions on Ethanol Content of kombuchá Tea. *Abstracts of the International Halal Science Conference 2023*, International Islamic University Malaysia, v. 155, p. 109–113, 22 ago. 2023. DOI: 10.21467/abstracts.155. Acesso em: 24 jul. 2025.

SILVA, M. et al. Propriedades físicas e mecânicas do vidro na indústria de bebidas. *Materials Science Journal*, v. 38, n. 5, p. 210–225, 2020.

SILVA, M. et al. Resistência mecânica e térmica de garrafas PET na indústria de bebidas. *Journal of Polymer Science*, v. 38, n. 5, p. 210–225, 2020.

Versão Final Homologada
22/08/2025 11:59

SIMIONE, M. *et al.* Avaliação do Brix e perfil de açúcares em diferentes genótipos de sorgo sacarino. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 31., 2016, Bento Gonçalves. *Anais...* Sete Lagoas: ABMS, 2016.[2]

SOARES, M. G.; LIMA, M.; REOLON SCHMIDT, V. C. Technological aspects of kombuchá, its applications and the symbiotic culture (SCOBY), and extraction of compounds of interest: a literature review. *Trends in Food Science & Technology*, v. 110, p. 539–550, abr. 2021.

TERRA. kombuchá reforça o pilar de inovação da marca Campo Largo. 2018. Disponível em: https://www.terra.com.br/noticias/kombuchá-reforca-o-pilar-de-inovacao-da-marca-campo-largo,5a0c1bfc6955086c23f9d10670029ce511xzfwzz.html. Acesso em: 2 dez. 2024.

VILLARREAL-SOTO, S. A. et al. Understanding kombuchá tea fermentation: a review. *Journal of Food Science*, v. 83, n. 3, 2018.

VITAS, J; VUKMANOVIÉ, S; MALBASA, R; HORECKI, A. Influence of Process Temperature on Ethanol Content in kombuchá Products Obtained by Fermentation of Flotated Must Effluent,v. 50, n. 1, p. 311–215, 2019

WELLE, F; FRANZ, R. Coeficientes de difusão e energias de ativação de difusão de migrantes de baixo peso molecular em frascos de poli(tereftalato de etileno). *Polymer Testing*, [S. l.], v. 31, n. 3, p. 410–418, 2012. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.polymertesting.2011.09.011. Acesso em: 17 jul. 2025.

YOUNG, S. P. kombuchá: revered for millennia, but is it really a life-saving brew? 2019. Disponível em: https://www.ancient-origins.net/myths-legends-asia/kombuchá0011948. Acesso em: 5 abr. 2023.

Versão Final Homologada
22/08/2025 11:59

APÊNDICES

Versão Final Homologada
22/08/2025 11:59

APÊNDICE A - USO DE FITAS PARA MEDIÇÃO ESTIMADA DO TEOR ALCOÓLICO EM KOMBUCHÁS.

O uso de fitas reagentes para detectar a presença de álcool no leite materno é uma tecnologia desenvolvida para oferecer mais segurança às mulheres lactantes, permitindo que consumam bebidas alcoólicas com responsabilidade e retornem a amamentação com menor risco ao bebê. Essas tiras fornecem resultados rápidos (cerca de dois minutos) e são capazes de detectar concentrações a partir de 0,017% de álcool residual no leite, conforme descrito por Fagnani (2019).

Inspiradas nesse princípio, foram realizados testes exploratórios com essas fitas em kombuchá comerciais. Como o funcionamento das tiras se baseia em reações colorimétricas que indicam faixas de teor alcoólico por meio de alterações de cor, avaliou-se a possibilidade de utilizá-las como ferramenta acessível para que consumidores pudessem estimar visualmente se o produto contém níveis elevados de álcool.

A proposta consistia em adaptar esse tipo de fita diretamente na embalagem da kombuchá, funcionando como um indicador rápido e visual da concentração alcoólica no momento do consumo. Essa abordagem , poderia representar uma inovação relevante em termos de transparência ao consumidor e controle de qualidade sensorial e legal.

Foram utilizadas fitas em concentrações diferentes de álcool, com 0,0%, 0,3%, 0,5%, 0,7% e 1% para analisar se as fitas funcionam em várias concentrações de álcool. A figura 22 apresenta as concentrações álcool.

Figura 22. Soluções com diferentes concentrações de etanol.

Fonte: Autoras, 2024.

Com as soluções de álcool prontas, foram mergulhadas as fitas, e esperado agir para revelar a cor do teor alcoólico. Porém após o tempo estabelecido pelo fabricante as fitas não

Versão Final Homologada
22/08/2025 11:59

apresentaram coloração nenhuma, mesmo colocando em outras concentrações de álcool as fitas não reagiram. A figura 23 apresenta as soluções com as fitas.

Figura 23. Tiras mergulhadas nas soluções de etanol.

Fonte: Autoras, 2024.

Após pesquisas e leituras, encontramos indicações do fabricante dizendo para utilizar apenas leite materno, pois as fitas reagem apenas ao leite, e para garantir adicionamos uma alíquota de álcool em uma pequena quantidade leite comum, e novamente a fita não reagiu (figura 24).

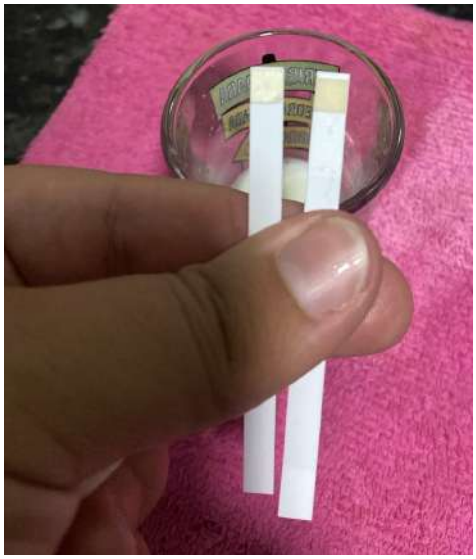
Figura 24. Tiras mergulhadas em leite comum com uma alíquota de etanol.

Fonte: Autoras, 2024.

Então pedimos a uma colega lactante para testar as fitas depois de beber bebidas alcoólicas, e testar as fitas como indicado na embalagem, e as fitas não obtiveram respostas. As imagens a seguir apresentam o teste das fitas em leite materno.

Versão Final Homologada
22/08/2025 11:59

Figura 25. Tiras mergulhadas em leite materno.



Fonte: Autoras, 2024.

A proposta de utilizar fitas reagentes, originalmente destinadas à detecção de álcool em leite materno, como ferramenta acessível para estimar o teor alcoólico em kombuchás comerciais, revelou-se inviável nas condições testadas. As tiras não apresentaram qualquer mudança de coloração em soluções padronizadas com diferentes concentrações de etanol, tampouco em testes realizados com leite comum e leite materno após o consumo de álcool, mesmo seguindo rigorosamente as instruções do fabricante.

Além dos testes laboratoriais, também foram consideradas avaliações de consumidores nos sites onde o produto foi adquirido, sendo frequentemente os relatos de que as fitas não funcionam corretamente. Esses resultados indicam que, embora a ideia represente uma inovação interessante no contexto de controle de qualidade acessível ao consumidor, as fitas utilizadas nesta pesquisa não demonstraram confiabilidade ou aplicabilidade prática.

Futuros estudos podem explorar fitas de outras marcas, sensores alternativos ou desenvolver reagentes específicos para bebidas fermentadas, visando aprimorar métodos rápidos, visuais e seguros para o monitoramento do teor alcoólico diretamente na embalagem.

Versão Final Homologada
22/08/2025 11:59