

ENVELHECIMENTO ACELERADO DE WHISKY ATRAVÉS DE TRATAMENTO TÉRMICO

César S. Martini(Centro Universitário Padre Anchieta)

Henrique S. Omote (Centro Universitário Padre Anchieta)

Vanderlei de Paula (Centro Universitário Padre Anchieta)

RESUMO

Este artigo tem por objetivo verificar o processo de maturação do uísque, mediante o uso de técnicas de determinação de *shelf-life*. Para que essa avaliação fosse possível, a bebida foi produzida de acordo com seu processo padrão, entre os quais citamos a mosturação, fermentação do mosto, destilação do *wash*, maturação, e *blend* do produto final. Para acelerar a maturação, foram realizados dois testes com duas amostras distintas, adicionando a mesma quantidade de *chips* de carvalho americano. No primeiro, a amostra com 65% de álcool foi imersa em água a temperatura de 60°C, permanecendo nessa condição por quatro horas. No segundo a bebida passou por ciclos, ficando uma hora em 60°C e uma hora em temperatura ambiente, repetindo esse ciclo por quatro horas. Finalizado o período, foi realizada a diluição das amostras até que fossem atingidos percentuais de álcool dentro da faixa estipulada pela legislação. Para verificar a eficácia dos testes, foram realizadas análises de colorimetria e espectrofotometria das amostras coletadas, comparando-as com um uísque padrão, além disso, foram realizados cálculos de viabilidade de ambos os processos. Os resultados obtidos mostraram que, dentro do que foi analisado, é possível realizar o processo de envelhecimento rápido de uísque, atingindo padrões semelhantes ao produto avaliado.

Palavras-chave: Uísque; Maturação; Envelhecimento; Viabilidade; Vida de prateleira.

ABSTRACT

This paper aims to verify the process of whiskey maturation through shelf-life determination techniques. To make this assessment possible, the beverage was produced according to its standard process, which includes the mashing, must fermentation, wash distillation, maturation, and blending of the final product. In order to accelerate maturation, two tests were performed with two distinct samples, adding the same amount of American oak chips. In the first, the sample with 65% alcohol was immersed in water at 60°C, remaining in this condition for four hours. In the second test, the drink went through cycles, staying for one hour at 60°C and one hour at room temperature, repeating this cycle for four hours. At the end of the period, the samples were diluted in order to make the alcohol percentage reach the range required by law. In order to verify the effectiveness of the tests, colorimetric and spectrophotometric analyzes of the collected samples were performed, comparing them with a standard whiskey. In addition to that, viability calculations of both processes were performed. The results show that, based on what was analyzed, it is possible to perform the whiskey rapid aging process, reaching similar standards to the evaluated product.

Keywords: Whiskey; Maturation; Aging; Viability; Shelf-life.

1. INTRODUÇÃO

De acordo com a Lei nº 8918 de bebidas, publicada em 1994 pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), o uísque é definido como “uma bebida, com graduação alcoólica de trinta e oito a cinquenta e quatro por cento em volume, a vinte graus Celsius, obtida do destilado alcoólico simples de cereais envelhecido, parcial ou totalmente maltados, podendo ser adicionado de álcool etílico potável de origem agrícola, ou de destilado alcoólico simples de cereais, bem como de água para redução da graduação alcoólica e caramelo para correção da cor” (BRASIL, 1994).

A legislação vigente também define a bebida em quatro categorias: uísque puro malte (“*pure malt whisky*”), uísque cortado (“*blended whisky*”), uísque de cereais (“*grain whisky*”) e uísque *bourbon*, sendo os mesmos diferenciados de acordo com o coeficiente de congêneres e o tempo de envelhecimento (BRASIL, 1994).

Ainda em relação a sua regulamentação, de acordo com o Padrão de Identidade e Qualidade nº 15 de bebidas alcoólicas destiladas, publicado em 2011 também pelo MAPA, sabe-se que a bebida deve conter um limite mínimo de coeficiente de congêneres, variando de 100 a 350mg a cada 100 mL de álcool (BRASIL, 2011).

Esses congêneres são traços de componentes provenientes das matérias-primas utilizadas e dos processos de fermentação, destilação e maturação. Estes compostos conferem aos uísques suas características sensoriais únicas (FILHO, 2005, p. 391).

De acordo com a Tabela 1 abaixo, verifica-se que há uma considerável diferença no que diz respeito à presença de congêneres em um uísque puro malte e um *bourbon*, por exemplo:

Tabela 1 Concentrações dos principais congêneres voláteis (g/100L álcool absoluto) em amostras de diferentes uísques

Tipo de Uísque	Acetaldeído	Metanol	Acetato de Etila	n-Propanol	Isobutanol	2-metil-butanol	3-metil-butanol	2- e 3-metilbutanol
Escocês Puro Malte	17	6,3	45	41	80	46	130	176
Escocês de Grãos	12	8,5	18	72	68	6	17	23
Escocês Cortado	5,4	8,9	23	55	62	19	53	72
Irlandês	4,1	10	13	28	15	13	36	49
Bourbon	15	17	89	28	160	104	281	385
Canadense	13,3	7,9	7,1	6,2	6,9	5	11	16

Fonte: Venturini Filho (2005).

As diferenças relacionadas à quantidade de compostos em cada bebida se dão principalmente devido ao processo produtivo destas. De acordo com a legislação, o *bourbon* é

um estilo de uísque que obrigatoriamente tem de envelhecer em barris por no mínimo dois anos, já para o puro malte não há essa definição. Sabendo disso, é importante ressaltar que essas diferenças são de suma importância do ponto de vista sensorial, visto que compostos como acetato de etila e isobutanol carregam características de odor tradicionalmente frutado, agradável ao paladar (BURDOCK, 2005).

Do ponto de vista de mercado, os uísques estilo “*pure malt*” não entram na lista de 100 marcas de bebidas destiladas mais vendidas (FILHO, 2005, p. 385), devido ao seu elevado custo e sua característica sensorial. Já os *bourbons* aparecem em quinto colocado, com o conhecido Jim Beam, representando 5,1 milhões de caixas vendidas em 2001, conforme Tabela 2:

Tabela 2 Os cinco uísques mais vendidos no mundo (milhões de caixas contendo 9 Litros)

Posição no ranking	Marca	Categoria	Fabricante	Vendas em 2001	Mercado
10	Johnnie Walker Red Label	Escocês	Diageo	6,8	Internacional
12	Jack Daniels Tennessee	Americano	Brown Foreman	6,4	Internacional
13	J&B Rare	Escocês	Diageo	6,3	Internacional
16	Bagpiper	Indiano	UB Group	5,3	Regional
17	Jim Beam	Bourbon	Allied Domecq	5,1	Internacional

Fonte: Venturini Filho (2005).

Com um consumo de mais de 680 milhões de litros de bebidas destiladas em 2017 (EUROMONITOR, 2009), sendo o uísque o representante de 6% desse consumo trata-se de um nicho de mercado pouco explorado pelo mercado, visto que a bebida tem valor elevado e impede que a população adquira esse tipo de bebida (EUROMONITOR, 2018).

Dessa forma a elaboração de uma bebida feita sem a necessidade de longos períodos de envelhecimento, com características de um uísque estilo *bourbon* e com um baixo custo de processo é vista com bons olhos, de forma a fomentar um mercado pouco valorizado em relação a outras bebidas destiladas, como a vodca e a cachaça.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Uísque

O mercado de uísque vem crescendo nos últimos anos. Em 2014, essas vendas aumentaram 30% em relação ao ano anterior, seguido pela vodca, com um aumento de 12% (NIELSEN, 2014).

Segundo relatório da Organização Mundial de Saúde (OMS) de 2018, as bebidas destiladas correspondem ao tipo de bebida mais consumido no mundo, com 44,8% do consumo, seguido da cerveja, com 34,3% e do vinho, com 11,7% (OMS, 2018).

Escócia, Irlanda, Canadá, EUA e Japão são os principais países produtores de uísque no mundo, mas apenas os quatro primeiros países têm desenvolvido produtos tradicionais a partir de cereais obtidos de sua agricultura local (FILHO, 2005, p. 386). Na Europa a produção da bebida está presente em diversos outros países, tais como Inglaterra, Áustria, Bélgica, Espanha, Finlândia, Holanda, Letônia, República Checa, Suécia e Suíça (ARTHUR, 2011).

Além disso, em termos de receita, os valores obtidos pela comercialização de uísque no mercado nacional aumentaram 34% no período de 2000-2005, chegando a um faturamento de R\$ 2 bilhões em 2005 (FILHO, 2005, p. 388).

Diante de um mercado nacional próspero e com a tendência de consumo da bebida, a busca por um processo produtivo que desenvolva uma bebida com características sensoriais próximas aos uísques renomados, com valor reduzido, é vista como atrativa para a indústria.

De maneira geral, uísque é uma bebida produzida a partir da fermentação de grãos de cereais, os quais apresentam de 40% a 90% de sua massa seca constituída por amido (PANEK, 1989, p. 167). Em suma, o processo produtivo da bebida se baseia na maltagem da cevada, seguida da mosturação, destilação do mosto, maturação, corte (ou *blend*), filtração e envase da bebida.

2.1.1 Maltagem

A maltagem é um processo que tem por finalidade elevar o conteúdo enzimático dos grãos de cevada (ou qualquer outro cereal) por meio da síntese de amilases, proteases, glucanases e de outras enzimas, aumentando assim, seu poder diastático (PANEK, 1989, p. 167). São essas enzimas sintetizadas que serão responsáveis por quebrar as longas cadeias de amido presentes no grão, proporcionando uma fermentação mais rápida e eficiente.

2.1.2 Mosturação

A cevada maltada é moída e misturada com a água na tina de mostura, e nas condições ideais, as enzimas do malte de cevada fazem a hidrólise do amido em açúcares solúveis (GOODWIN, FINLAYSON, LOW, 2011). A cevada maltada possui as enzimas responsáveis pela hidrólise enzimática do amido, sendo a β -amilase a principal delas. Nesse sentido é importante salientar que para essa enzima a faixa de temperatura ótima é de 60 a 65°C e o pH de atuação de 5,4 a 5,6 (BORTOLI et al., 2013).

2.1.3 Fermentação

A etapa de fermentação na produção de uísque é similar a qualquer outra fermentação alcoólica, em que os açúcares obtidos a partir da hidrólise do amido dos grãos são metabolizados pelas leveduras e convertidos em etanol, dióxido de carbono, subprodutos e material celular (TSCHOPE, 2001). Para o processo produtivo, é utilizada a levedura *Saccharomyces cerevisiae*, a qual realizará a fermentação alcoólica do mosto doce, transformando-o em *wash*.

Vale ressaltar que a temperatura de fermentação deve ser controlada, sendo mantidos 30°C de processo, de forma a colaborar com a formação dos álcoois superiores, os quais desempenham papel importante no aroma de bebidas destiladas (MERRIT, 1966).

2.1.4 Destilação

Finalizada a fermentação, o processo pode seguir para a etapa seguinte. A destilação é o processo de separação utilizado para fracionar, separar os constituintes da bebida. A separação baseia-se na volatilidade de cada componente da mistura e as correntes de processo podem ser separadas em componentes mais “leves” e componentes mais “pesados” (GAUTO, ROSA, 2011, p. 87).

Em linhas gerais, o processo de destilação pode ser feito de duas formas, a destilação contínua e a descontínua. Para a destilação contínua, os destiladores de coluna são normalmente usados para produzir destilados suaves de grãos para cortes, e, ocasionalmente, para produzir destilados a serem consumidos como tal (FILHO, 2005, p. 405).

No caso de uísques puros de malte a destilação descontínua é o processo mais usual. O equipamento consiste em uma caldeira, onde se introduz o mosto e inicia-se o aquecimento. Na parte superior há o “capacete”, que fará a condensação do líquido. Posteriormente o destilado passa por um tubo de cobre (“pescoço de cisne”), o qual se prolonga em uma

serpentina imersa em um tanque de água fria, denominado refrigerante. Os equipamentos nesse processo são normalmente construídos em cobre, material que, além de ser bom condutor de calor, apresenta elevada resistência ao desgaste e é maleável. Além disso, o cobre é capaz de influenciar no sabor do destilado, pois esse material ajuda na remoção de compostos de enxofre (FILHO, 2005, p. 405).

Em bebidas destiladas como o uísque, o método de destilação utilizado é o da “dupla destilação”. Na primeira destilação é realizado o esgotamento de todo o etanol, sem cortes, até que o destilado de saída apresente 21% de etanol, sendo chamado de *low wines* (PIGGOT, CONNER, 2003).

A segunda destilação (dos vinhos fracos) é seletiva e requer um elevado nível de controle e de habilidade do operador. Durante essa etapa, são coletadas três frações: a cabeça, o coração (uísque) e a cauda. A seleção dos pontos de corte do começo e do fim da coleta do coração é decisiva para a qualidade do produto final e varia para cada destilaria (PIGGOT, CONNER, 2003).

Com relação à “cabeça” sabe-se que a mesma corresponde a aproximadamente 15% do destilado inicial. O líquido obtido nessa etapa possui alto percentual de álcool, variando entre 75-80% (YASUDA, 2015). Além disso, a mesma pode conter vários componentes secundários obtidos na fermentação do mosto, como acetaldeídos, com característica ácida e adstringente (LÉAUTÉ, 1990) e metanol (tóxico se ingerido), sendo necessário seu descarte ou reciclagem no processo.

Já em relação à “cauda”, é importante ressaltar que a mesma deve ser retirada devido à presença de compostos indesejáveis no produto. Nesse contexto, o ácido acético, por ter ponto de ebulição maior que o da água e ser muito solúvel nela, é volatilizado preferencialmente ao final do processo de destilação, acumulando-se na cauda do destilado (FILHO, 2005, p. 406).

2.1.5 Maturação / Envelhecimento

A maturação é uma etapa importante no desenvolvimento do sabor, uma vez que os uísques recentemente destilados geralmente apresentam características sensoriais inaceitáveis. Por esse motivo, os destilados são maturados em barris (tonéis) de carvalho para que desenvolvam um sabor agradável. O tempo de maturação varia de acordo com as legislações de cada país, no Brasil o tempo mínimo para uísques de grãos e *bourbons* é de, no mínimo, 2 anos. Para uísques puro malte não há essa definição na legislação nacional (BRASIL, 1994).

O carvalho é constituído de aproximadamente 45% m/m de celulose, 15% m/m de hemicelulose, 30% m/m de lignina e 10% m/m de uma fração composta por óleos voláteis, ácidos voláteis e não voláteis, açúcares, esteróis, taninos, pigmentos e compostos inorgânicos (FILHO, 2005, p. 407). São as características da madeira, somados a concentração de álcool do destilado (concentração influencia na quantidade e na composição dos componentes de madeira extraídos na maturação), às reações ocorridas no decorrer do tempo de envelhecimento, além da superfície de contato entre a bebida e a madeira que proporcionarão as características únicas da bebida.

Com a relação de superfície de contato, sabe-se que em barris pequenos, onde a essa área é maior, a extração dos compostos da madeira é mais rápida, fazendo com que a bebida atinja os padrões sensoriais rapidamente. Nesse sentido, estudos vêm sendo realizados com a adição de fragmentos de madeira dentro do destilado ao invés da inserção da bebida em barris de madeira, no qual há um aumento substancial na superfície de contato bebida/barril e, dessa forma, proporciona uma maior extração dos compostos derivados das lenhinas presentes no carvalho, as quais possuem fenóis voláteis semelhantes à baunilha (CALDEIRA et al, 2009).

Ainda com relação a esse envelhecimento, a utilização de técnicas de conservação de alimentos como a pasteurização a 60°C, conhecida como *Low Temperature Long Time*, pode colaborar com esse envelhecimento, promovendo não apenas a destruição de prováveis microorganismos patogênicos e deteriorantes, mas também colaborando com o envelhecimento acelerado da bebida. Em estudos realizados na Paraíba, verificou-se que a realização desse aquecimento prévio por duas horas, somados ao controle de temperatura ambiente e umidade colabora no desenvolvimento das características organolépticas de bebidas alcoólicas. (OLIVEIRA, 2015).

Dessa forma, entende-se que a combinação: aumento da superfície de contato, maturação com teor alcoólico alto, utilização de técnicas de aumento de *shelf-life* como a pasteurização podem propiciar na produção de uma bebida semelhante às bebidas comumente encontradas no mercado, as quais passam por longos períodos de envelhecimento e tem alto custo.

2.1.6 Corte / Mistura

Basicamente, o corte consiste na mistura, em diferentes proporções de um destilado pouco encorpado (destilador contínuo) com vários destilados fortemente encorpados (destilador descontínuo), visando a obtenção de um produto consistente, de sabor

característico (FILHO, 2005, p. 408). Essa avaliação das proporções é feita por especialistas, os quais possuem muitos anos de experiência e treinamento dentro das indústrias, fazendo com que esse *blend* produzido tenha as características padrões da bebida.

Visto que a bebida é envelhecida com um percentual de álcool acima do permitido pela legislação, faz-se necessária a diluição da bebida através da adição de água. Para evitar precipitados no uísque, a água a ser usada nas diluições deve ser preferencialmente desmineralizada (FILHO, 2005, p. 408). Nessa etapa também pode ser adicionado corante caramelo para padronização de cor (BRASIL, 1994).

2.1.7 Filtração

Finalizada a etapa de corte, a bebida pode passar pela última etapa do processo, a filtração. A etapa tem como objetivo remover o material particulado a fim de que o produto se torne claro e translúcido para o consumidor (FILHO, 2005, p. 408). Apesar de não ser obrigatória, a maioria dos uísques passam por essa etapa, de forma a reduzir o risco de formação de turbidez. Depois de filtrada, a bebida é devidamente envasada e já pode ser comercializada.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

O produto deste trabalho foi desenvolvido com materiais encontrados em qualquer loja de insumos cervejeiros, sendo os principais insumos utilizados, o malte do tipo *pilsen*, levedura tipo *ale* US-05, chips de carvalho americano com torra média. Os equipamentos foram aproveitados de um kit básico de produção de cerveja com painéis de controle de temperatura automático para quarenta litros úteis, tanque fermentador de setenta e cinco litros e destilador de cobre com capacidade de trinta litros. O destilador em questão foi adaptado para manter a água refrigerante abaixo dos vinte graus Celsius.

Na etapa de mosturação, foram produzidas duas bateladas idênticas de trinta litros. Para cada batelada, foram moídos 10 kg e meio de malte tipo *pilsen* e adicionado a três litros de água a 64°C para cada quilograma de malte, ou seja, 30 litros, medida essa corroborada por vários mestres cervejeiros para não comprometer a atuação das enzimas (beta-amilases, considerando a temperatura), além de reservar significativa quantidade de água secundária.

Vale ressaltar que a temperatura é a principal variável utilizada para selecionar as enzimas que atuarão no mosto. A Tabela 3 mostra as principais enzimas presentes no malte, assim como suas condições ideais de atuação:

Tabela 3 Principais enzimas presentes no malte

Enzima	Temperatura ótima (°C)	pH ótimo	Substrato
Hemicelulases	40 a 45	4,5 a 4,7	Hemiceluloses
Exopeptidases	40 a 50	5,2 a 8,2	Proteínas
Endopeptidases	50 a 60	5	Proteínas
Dextrinase	55 a 60	5,1	Amido
Beta-amilase	60 a 65	5,4 a 5,6	Amido
Alfa-amilases	70 a 75	5,6 a 5,8	Amido

Fonte: Bortoli et al., 2013

Conforme tabela, uma melhor atuação da β -amilase se dá em 64°C. Dessa forma a temperatura foi mantida durante uma hora e trinta minutos até que o teste de lugol estivesse satisfatório. Basicamente, o teste de lugol consiste na reação do iodo com a amilose e amilopectina resultando uma alteração de coloração do vermelho para tons azulados. A não alteração de cor indica que não há presença de amido, apenas carboidratos menos complexos que serão fermentados.

Realizado o teste do lugol, a temperatura do mosto foi aumentada para 78°C, mantendo-a nessa condição por 10 minutos com o objetivo de desnaturar as enzimas, processo importante para ter reprodutibilidade em lotes posteriores. Vale dizer que temperaturas muito altas podem extrair taninos da casca do grão, os quais devem ser baixos no mosto. Segundo estudos da EMBRAPA com vinhos, os elevados teores de taninos são responsáveis pela produção de gosto amargo desagradável no destilado (EMBRAPA, 2008).

No próximo passo, é feita uma recirculação do líquido para que o próprio bagaço do malte se torne um meio filtrante e possibilite a separação dos grãos e do mosto líquido. Logo em seguida foram adicionados 16 litros de água a 78°C para “lavar” o bagaço e aumentar a extração dos açúcares.

O bagaço de malte retém em média um litro de água por quilograma, portanto, 40 litros de mosto total são fervidos durante 30 minutos. A fervura tem o objetivo principal de esterilizar o mosto e volatilizar alguns compostos indesejáveis como diβmetilsulfito comumente chamado de “DMS” que é produzido durante a fervura e rapidamente evaporado (RIBEIRO, 2009, p. 59).

Antes de resfriar, o mosto passa pelo processo chamado *whirlpool*, uma técnica simples, onde o mosto é rotacionado até formar um vórtex. As partículas de proteínas coaguladas, restos de lúpulo e sedimentos aglomeram no centro da panela, diminuindo assim a passagem de compostos que saem pela válvula lateral do recipiente.

O resfriamento foi feito com ajuda de uma serpentina de alumínio imersa em água com gelo até que chegue a uma temperatura abaixo de 30°C para ser inoculado com 23 gramas de levedura tipo *ale* US-05.

Para ter uma estimativa teórica de graduação alcoólica, além de uma estimativa de rendimento, é aferida a densidade antes e depois da fermentação. Apesar de recomendada pela literatura uma fermentação acima de 30°C, foi utilizada temperatura de 18°C a qual é recomendada pelo fabricante da levedura, tendo sua duração de 10 dias.

Os 60 litros de *wash* foram destilados em duas bateladas e produziram 20 litros de *low wine* que, por fim, foram destilados da seguinte forma: foram eliminados os 15 primeiros minutos de destilado, reservando os próximos 1,2 litros para serem usados na maturação e o restante descartado, sendo dividida a cabeça, coração e cauda respectivamente. A Figura 1 expressa o procedimento adotado, o qual segue conforme literatura de Varnam e Sutherland (1994):

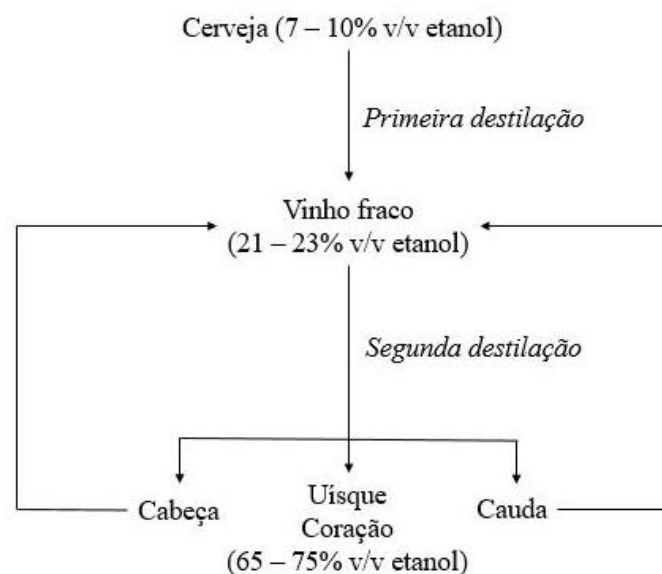


Figura 1 Fluxograma Processo Destilação

Fonte: Varnam e Sutherland (1994)

Na maturação, foram divididas duas amostras de 600 ml de destilado com 65% de álcool e nomeados como T1 e T2. Em cada amostra foram adicionados 6 gramas de chips de carvalho americano, número esse proveniente de uma estimativa da superfície de contato de um barril de 230 litros de carvalho. Para os cálculos, foram considerados 56 cm de diâmetro e 95 cm de comprimento, ou seja, 21.640cm² de área total por 230 litros, sendo obtidos 94cm² por litro. Foi feito então um quadrado aproximado de 7 cm de lado de chip de carvalho, totalizando 49 cm², considerando apenas os 2 lados das lascas, obtendo-se 98cm² de superfície de contato por litro. Pesando essa quantidade, chega-se ao número de 10 gramas por litro, ou 6 gramas por 600ml.

O T1 foi deixado maturando a 60°C durante 4 horas (simulação de uma pasteurização *LTLT*) e o T2 foi submetido a ciclos de 1 hora a 60°C e 1 hora à temperatura ambiente até que também fossem completadas 4 horas de processo. Ao final desse período, foram adicionados 400mL de água na amostra, a diluição foi feita para correção da graduação alcoólica, passando de 65% para 39%. O valor alcançado deixou a bebida em um ABV dentro da faixa vigente pela legislação.

Uma das maneiras de se verificar a eficácia dos testes realizados seria a realização de análises colorimétricas e espectrofotométricas das amostras, as quais, em teoria, deveriam ter resultados semelhantes aos produtos existentes no mercado.

A colorimetria é a técnica que quantifica a cor medindo os três componentes primários da luz que são vistas pelo olho humano, mais especificamente; vermelho, verde e azul. Além disso, o colorímetro (equipamento responsável pela análise) também analisa a luminosidade, - ou claridade da amostra - variando entre o branco e o preto (MINOLTA, 2018). No estudo, a técnica foi utilizada para avaliar o produto final, comparando os dois testes realizados a um padrão de mercado e calculando a diferença de cor entre os mesmos. O equipamento utilizado para tal foi o Colorímetro Konica Minolta CR-400[®]. Posteriormente, com auxílio da plataforma Photoshop[®] seria possível isolar as cores obtidas, colocando-as em um plano 2D.

Quanto à espectrofotometria, define-se a mesma como responsável por medir a luz refletida ou transmitada de um objeto em todos os comprimentos de onda do espectro visível ao olho humano, permitindo a especificação precisa de qualquer cor (MINOLTA, 2018). Essa análise seria realizada utilizando as amostras coletadas durante o processo de maturação, avaliando a variação de cor no decorrer do tempo de processo. O equipamento utilizado para a análise foi o espectrofotômetro CELM - Modelo Smart.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análise graduação alcoólica (ABV)

A graduação alcoólica foi medida de duas formas diferentes. Para a primeira etapa, de fermentação, é feito uma estimativa de acordo com a densidade inicial chamada OG e a densidade final chamada FG (SCHLÜTER, 2019), utilizando a seguinte equação:

$$ABV = (OG - FG) * 131,25 \quad (I)$$

Onde: ABV = graduação alcoólica / OG = densidade original em gravidade específica / FG = densidade final em gravidade específica

De forma a facilitar as análises, na etapa de destilação, o ABV foi medido diretamente através de um alcoômetro e uma proveta. A Tabela 4 reúne os dados obtidos neste processo:

Tabela 4 Dados Fermentação / Destilação

Descrição	Valor
OG	14,50
FG	2,50
ABV do <i>wash</i>	6,6%
ABV do <i>low wine</i>	15,0%
ABV do destilado	65,0%
ABV do uísque pronto	39,0%

4.2 Análise colorimétrica:

Para avaliar se a cor atingida no final do processo teve um resultado considerado padrão, foi necessária a realização de análise colorimétrica das amostras (T1 e T2), comparando-as a um padrão conhecido no mercado (P). Visualmente, verifica-se que as amostras possuem características semelhantes entre si conforme Figura 2:



Figura 2 Comparativo visual: Padrão, Teste 1 e Teste 2

Com auxílio de colorímetro, os dados obtidos foram expressos na escala L*, a*, b*, conforme Tabela 5:

Tabela 5 Resultados análises colorimétricas

	P	T1	T2
L*	83,56	82,86	83,27
a*	-1,64	-0,53	-0,38
b*	11,12	8,11	6,76

De acordo com os dados contidos no manual do equipamento, a escala L* representa a luminosidade da amostra, de forma que quanto mais próximo o valor atingido está de 100, mais próximo do branco encontra-se o produto. Já em relação ao a*, quanto maior a tendência do resultado a um valor negativo a cor da amostra tende ao verde, enquanto b* varia entre o azul (negativo) e amarelo (positivo).

Dessa forma, verifica-se que há uma tendência das amostras em atingir valores próximos ao amarelo com luminosidade maior, assim como é notada uma variação do parâmetro b*, indicando que os testes estão menos amarelos que o padrão analisado, sendo T2 a amostra que tem uma maior diferença. O gráfico abaixo expressa a divergência citada:

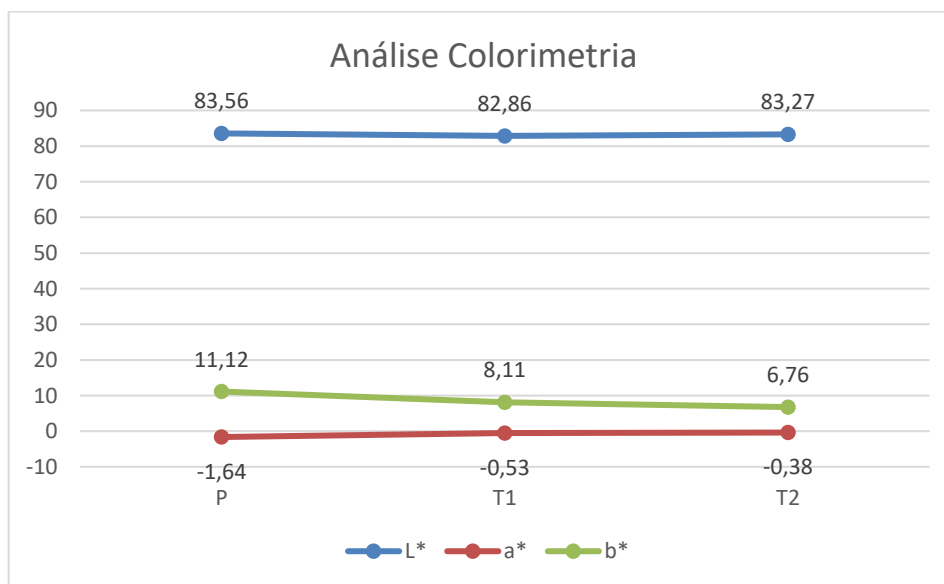


Figura 3 Gráfico Resultados Colorimetria

A variação pode ser explicada pelo fato de que T2 teve um período menor em temperatura de aquecimento, culminando em uma extração menor dos compostos de cor existentes no carvalho adicionado nas amostras. Vale dizer que os valores L* e a* atingiram valores semelhantes entre si, apresentando resultados satisfatórios comparados ao padrão avaliado.

Com os resultados obtidos e com o auxílio da metodologia do fornecedor do colorímetro (MINOLTA, 2013), é possível calcular a diferença real de cor entre as amostras, obedecendo a fórmula abaixo, onde ΔE^* representa a diferença total de cor:

$$\Delta E^* = [\Delta L^* 2 + \Delta a^* 2 + \Delta b^* 2]^{1/2}$$

Utilizando a fórmula acima, os seguintes resultados foram obtidos:

$$\Delta E^*_{P/T1} = 4,82$$

$$\Delta E^*_{P/T2} = 5,81$$

Os resultados mostram que T1 teve uma maior similaridade de cor com o padrão do que em relação a T2. Dessa forma, pode-se dizer que, do ponto de vista de cor, o melhor processo de extração é o realizado em T1 (aquecimento a 60°C durante quatro horas).

Para facilitar a visualização das cores das amostras, foi possível isolar as mesmas com auxílio de Photoshop®. A Figura 4 mostra que realmente há uma diferença entre as amostras em relação ao padrão:



Figura 4 Comparativo cores – Uso Photoshop

4.3 Espectrofotometria

Primeiramente foi feito uma varredura do T1 com 1 hora de maturação do comprimento de onda de 350 nm até 1000 nm de 10 em 10 nm para encontrar a evidência de determinados compostos e, conforme abaixo, o gráfico gerado teve pico entre 350 nm e 380 nm.

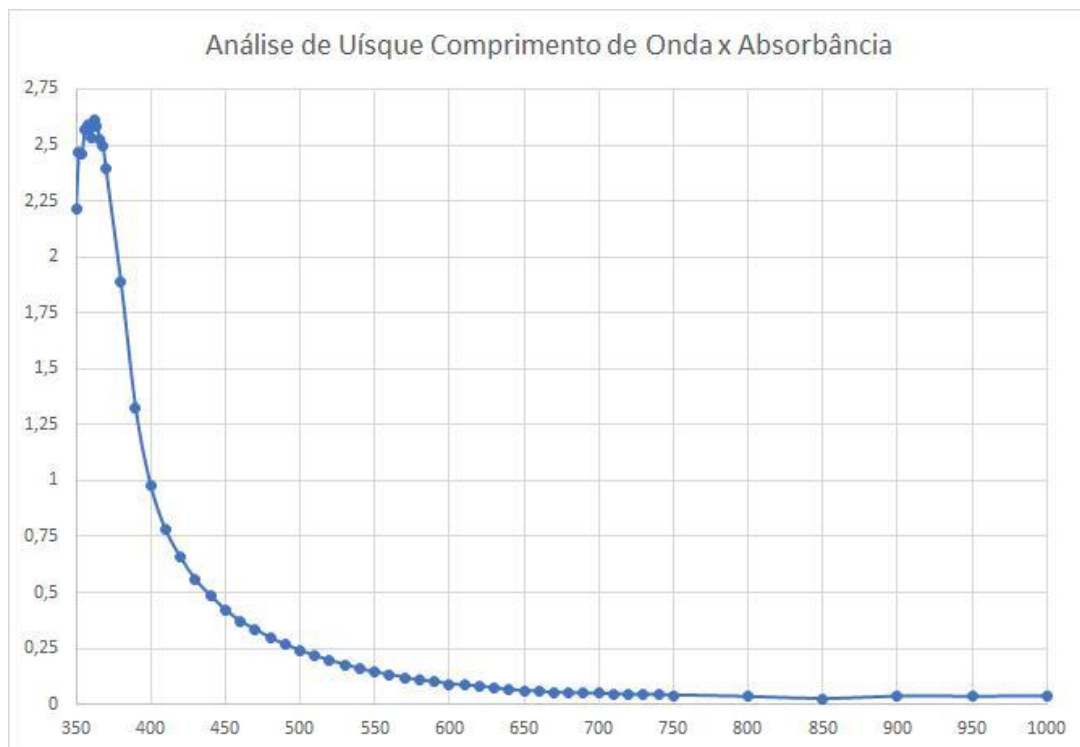


Figura 5: Análise de Uísque - Comprimento de onda x absorbância

Essa absorbância evidenciada na faixa específica de comprimento de onda de 350-380nm se dá devido a presença de compostos que conferem a cor da amostra: cromatos (CrO_4^{2-}) e dicromatos ($\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$), os quais, em solução aquosa, apresentam coloração amarela e laranja, respectivamente (MARTINS, 2017). Além disso, de acordo com a metodologia da referida análise, verifica-se que as demais moléculas dos compostos existentes na bebida são excitadas ao serem expostas aos comprimentos de onda, gerando os picos no gráfico. A determinação/quantificação desses compostos pode ser feita através de análise cromatográfica.

No próximo gráfico, foi realizada uma análise do T1 durante os tempos de maturação e do T2 na faixa de 350nm a 380nm, onde o equipamento mostrou maiores picos.



Figura 6 Análise Comparativa - Amostras coletadas no decorrer do teste

Pode-se perceber que ao passar do tempo, os picos e vales se tornam mais definidos, com alguns picos se esvaindo e outros se formando. O resultado demonstra que, ao longo das 4 horas, os compostos existentes na amostra são consumidos, dando lugar a produção de outros.

Evidencia-se também uma queda na absorvância das amostras conforme o comprimento de onda se aproxima de 380nm, ou seja, a presença de compostos que seriam absorvidos em um comprimento de onda maior inexistem na amostra.

Ainda em relação à espectrofotometria, vale dizer que estudos vêm sendo realizados utilizando essa mesma análise para discriminar as marcas de uísque no mercado, além de detectar possíveis fraudes na bebida (MARTINS, 2015).

4.4 Sensações

Finalizado os testes, evidenciou-se que T1 teve sua aparência mais turva, com a cor mais próxima do padrão, porém com sabor mais adstringente, enquanto T2 teve a aparência mais translúcida e menos adstringente. Essa diferença se dá devido à extração de polifenóis, tais como os taninos, que aumentam conforme o tempo de exposição do produto a temperaturas elevadas. A Tabela 6 apresenta o resumo das percepções:

Tabela 6 Percepções avaliadas

Teste	Método	Cor	Sabor	Sensação de Adstringência
-------	--------	-----	-------	---------------------------

Padrão	Padrão	Padrão	Padrão	Ausente
T1	60°C por 4h	Ligeiramente menos amarelado	Característico	Presente
T2	Ciclos de 60°C/Ambiente	Menos amarelado	Característico	Ausente

4.5 Cálculos

Considerando o laudo do fornecedor (AGRARIA, 2019), o malte tem 80,5% de extrato seco e um rendimento esperado de 76,6%. Como foi utilizado 10kg de malte em cada batelada, teoricamente o mosto deveria ter 6,166 kg de sólidos solúveis em 30 litros, ou seja, 20,55° Brix antes da fermentação (OG).

Na prática, foi obtida uma OG de 14,50° Brix, o que representa 70,55% de rendimento real, considerando os 20,55° Brix como total. Esta perda tem várias influências, as principais são moagem, taxa de conversão enzimática, açúcar acumulado no bagaço, perda de mosto da diferença de altura das válvulas e o fundo das panelas e perda do *chiller*.

Considerando a equação e o FG de 2,5° Brix, a graduação alcoólica do *wash* foi de aproximadamente 6,6%. Vale ressaltar que os cálculos de ABV foram feitos com as unidades em gravidade específica, medidas pelo densímetro, já que o refratômetro teria um desvio na medição, justamente por ter uma quantidade de etanol significativa.

Os 60 litros de *wash* a 6,6% de álcool, geraram 20 litros de *low wine*, com 15%, não sendo evidenciadas quaisquer perdas na primeira destilação, diferente da segunda destilação que teve a cabeça e a cauda descartada originando 1,2 litros a 65% de álcool realmente aproveitado. O rendimento, dessa forma, teve valor de cerca de 20%.

No processo de maturação não houve perdas significativas, e logo após, foi feito um ajuste de volume com água potável, assim como é feito nas destilarias de uísque.

As maturações com tempo de 4 horas podem aumentar a produção em 800 vezes ao longo de dois anos, considerando duas maturações por dia, 200 dias por ano, além de poder gerar fluxo de caixa antecipadamente.

Por fim, as Tabelas 7 e 8 ilustram os custos totais para a fabricação de 2 litros de bebida e os custos do equipamento. Verifica-se que o custo do produto (desconsiderando embalagens e gestão visual) seria de \approx R\$ 46,00/L, valor cerca de 50% menor do que o padrão avaliado nos testes (Jameson Whiskey – R\$ 100,00/L), o qual é envelhecido por 8 anos:

Tabela 7 Cálculos Insumos - Produção Acelerada

Descrição	Quantidade	Valor Total
Água	Menos de 1m ³	R\$ 5,25

Energia	5h com resistência 4kw	R\$ 11,40
Malte	10 kg	R\$ 57,36
Levedura	11,5 gramas	R\$ 17,57
Total (2L)		R\$ 91,58

Tabela 8 Custos Equipamento

Descrição	Valor
Kit cervejeiro 30 litros	R\$ 593,96
Destilador de 30 litros	R\$ 2.150,00
Total	R\$ 2.743,96

5. CONCLUSÕES

Devido ao longo período de maturação, podendo chegar a mais de dezoito anos, o uísque é uma bebida que tem elevado custo para o consumidor final, sendo a maturação a etapa de maior valor agregado. O presente trabalho teve objetivo de avaliar se a utilização de métodos de aumento de *shelf-life* poderia implicar em um envelhecimento rápido de um uísque puro malte, bebida comumente produzida com longos anos de maturação.

Para acelerar essa maturação, um destilado de cereais foi produzido, onde posteriormente dois processos de maturação acelerada foram utilizados: O primeiro contemplava o aquecimento do destilado em temperatura de pasteurização (60°C) por quatro horas (T1), já o outro previa a realização de ciclos, intercalando temperatura ambiente e aquecimento a mesma temperatura do teste anterior (T2). Ambas as amostras tiveram chips de carvalho adicionados nos recipientes em mesma proporção.

Do ponto de vista sensorial, verificou-se que os melhores resultados foram evidenciados em T2 devido à ausência de adstringência na amostra. Nesse sentido, foi verificado que T1 apresentou essa sensação devido ao longo período em que o destilado ficou em aquecimento junto com os chips de carvalho, que culminou em uma maior extração de polifenóis, como os taninos.

Em relação à cor das amostras, viu-se que ambas as amostras tiveram coloração inferior ao do padrão avaliado, sendo T1 a amostra com maior proximidade ao padrão. Apesar do problema encontrado, é sabido que, de acordo com legislação vigente, a padronização da cor pode ser feita através do uso de corante caramelo.

Os resultados de espectrofotometria apontaram picos em comprimentos de ondas específicos, contudo, a elucidação de quais compostos foram encontrados será comprovada através de cromatografia.

Os custos de processo tiveram valores pouco acima do esperado, mas ainda assim viáveis, devido ao grande aumento de produtividade e por proporcionar uma lucratividade desde os primeiros meses, não havendo necessidade de ter um produto “parado” em estoque, aguardando o tempo de maturação.

Em um segundo ciclo de estudo, uma Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE) será realizada, a qual apontará quais os compostos de aroma e sabor (congêneres) foram formados em cada um dos processos, sendo possível comparar os testes aos produtos do mercado. Além disso, uma análise sensorial com avaliadores devidamente especializados na área de destilados também será feita, de forma a verificar as diferenças notadas e a preferência do público.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRARIA. **Malte Pilsen:** Extrato Seco. 2019. Disponível em: <<http://www.agraria.com.br/malte/pilsen>>. Acesso em: 09 set. 2019.

ARTHUR, Helen. Whisky de A a Z: o guia perfeito para o bom apreciador. Belo Horizonte: Gutenberg, 2011.

BRASIL. Constituição (1994). Lei nº 8918, de 14 de julho de 1994. DISPÕE SOBRE A PADRONIZAÇÃO, A CLASSIFICAÇÃO, O REGISTRO, A INSPEÇÃO, A PRODUÇÃO E A FISCALIZAÇÃO DE BEBIDAS. **Legislação Bebidas**. Distrito Federal, DF, Disponível em: <http://legislacao.planalto.gov.br/legisla/legislacao.nsf/Viw_Identificacao/lei%208.918-1994?OpenDocument>. Acesso em: 10 ago. 2019.

BRASIL. Constituição (2011). Instrução Normativa nº 15, de 31 de março de 2011. O MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Anexo do Decreto nº 6.871, de 4 de junho de 2009. **Instrução Normativa Bebidas Alcoólicas:** MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Distrito Federal, DF, Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/inspecao/produtos-vegetal/legislacao-1/biblioteca-de-normas-vinhos-e-bebidas/instrucao-normativa-no-15-de-31-de-marco-de-2011.pdf>>. Acesso em: 10 ago. 2019.

BORTOLI, Daiane A. da S. et al. **Leveduras e produção de cervejas:** Revisão. 2013. FATEC - Piracicaba. Disponível em: <<http://www.fatecpiracicaba.edu.br/revista/index.php/bioenergiaemrevista/article/view/77/49>>. Acesso em: 09 set. 2019.

BURDOCK, G.A. (ed.). **Fenaroli's Handbook of Flavor Ingredients**. 5th ed. Boca Raton, FL 2005, p. 920. Disponível em: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Isobutanol>.

EMBRAPA. **Sistema de Produção de Destilado de Vinho**. 2008. Disponível em: <https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Vinho/SistemaProducaoDestiladoVinho/elaboracao.htm>. Acesso em: 08 set. 2019

EUROMONITOR. **Consumo Bebidas Destiladas - Brasil**. 2009. Euromonitor. Disponível em: <https://m.folha.uol.com.br/comida/2009/04/549273-recife-tem-o-maior-consumo-de-uisque-do-mundo-diz-revista-especializada.shtml>. Acesso em: 11 ago. 2019.

EUROMONITOR. **Consumo Bebidas Destiladas - Brasil. 2018**. Disponível em: <https://g1.globo.com/economia/noticia/brasil-e-o-10-maior-mercado-de-vodca-a-bebida-anfitria-da-copa.ghtml>. Acesso em: 11 ago. 2019.

FILHO, Waldemar Gastoni. **Bebidas Alcoólicas: Ciência e Tecnologia**. São Paulo: Blucher, 2005. p. 385-409;

GAUTO, Marcelo Antunes; ROSA, Gilber Ricardo. **Processos e Operações Unitárias da Indústria Química**. Rio de Janeiro: Ciência Moderna Ltda, 2011. p. 87.

GOODWIN, J. A. S.; FINLAYSON, J.M.; LOW, E. W. **A further study of the anaerobic biotreatment of malt whisky distillery pot ale using an USAB system**. Bioresource Technology, v. 78, p. 155-160, 2011.

I, CALDEIRA et al. **ENVELHECIMENTO ACELERADO DE AGUARDENTES VÍNICAS NA PRESENÇA DE FRAGMENTOS DE MADEIRA. INFLUÊNCIA NOS COMPOSTOS ODORANTES**. 2009. IPCB. Disponível em: <https://repositorio.ipcb.pt/bitstream/10400.11/1961/1/Caldeira%20et%20al%202009%20QA.pdf>. Acesso em: 11 ago. 2019.

KONICA MINOLTA. **Controle de Cor Na Indústria Alimentícia: A Cor Da Qualidade**. Disponível em: <http://sensing.konicaminolta.com.br/learning-center/case-studies/FoodIndustryApps.pdf>. Acesso em: 30 ago. 2019.

KONICA MINOLTA. **Entendendo o Espaço de Cor L*a*b***. 2013. Disponível em: <http://sensing.konicaminolta.com.br/2013/11/entendendo-o-espaco-de-cor-lab/>. Acesso em: 30 ago. 2019.

LÉAUTÉ, R.; Am. J. Enol. Vitic. 1990, 41, 103.

MARTINS, Angélica Rocha. **Desenvolvimento de método para discriminação entre marcas de uísque e identificação de adulteração por espectroscopia UV-Vis e PLS-DA**. 2015. Universidade de Brasília - Instituto de Química. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/80745653.pdf>. Acesso em: 10 set. 2019.

MARTINS, Jefferson Willian. **ESPECTROFOTOMETRIA DE UV-VIS**. 2017. UFJF. Disponível em: <http://www.ufjf.br/baccan/files/2010/10/Espectrofotometria-de-UV-Vis-aula-2.pdf>. Acesso em: 12 set. 2019.

MERRIT, N. R. Influence of temperature on some properties of yeast. **J. Inst. Brew.**, v.72, p.374-383, 1966.

NIELSEN: Consumo Bebidas Destiladas - Brasil. **Consumo Bebidas Destiladas - Brasil**. 2014. Nielsen. Disponível em: <<http://www.pautasdeguarda.com.br/n/clipping-crescimento-da-renda-faz-crescer-a-procura-por-bebidas-destiladas/>>. Acesso em: 10 set. 2019.

OLIVEIRA, Emanuel N. A. de et al. **Estabilidade física e química de licores de graviola durante o armazenamento em condições ambientais**: Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. 2015. Agriambi. Disponível em: <<http://www.agriambi.com.br/revista/v19n03/v19n03a08.pdf>>. Acesso em: 11 ago. 2019.

OMS. **Relatório Global sobre Álcool e Saúde**: OMS. 2018. Organização Mundial de Saúde. Disponível em: <<http://www.cisa.org.br/artigo/10049/relatorio-global-sobre-alcool-saude-2018.php>>. Acesso em: 11 ago. 2019.

OSWALDO CRUZ. **Acetato de Etila**. 2003. Disponível em: <<https://www.oswaldocruz.br/download/fichas/Acetato%20de%20etila2003.pdf>>. Acesso em: 10 ago. 2019.

PANEK, R. J.; BOUCHER, A. R. **The Science and technology of whiskies**. Ed. By Piggot, J. R.; Sharp, R.; Duncan, R.E.B. London: Longman, 1989. p. 167;

PIGGOTT, J. R.; CONNER, J. M. **Whiskies**. In: LEA, A.G.H.; PIGGOTT, J. R. (Ed.) Fermented beverage production. 2nd ed. New York: Klumer Academic, 2003. Cap. 11, p. 239-262.

RIBEIRO, Bruno M. G. **Optimização energética da etapa de ebulição do mosto, mantendo a estabilidade coloidal da cerveja**. 2009. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP). Disponível em: <<https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/57588/1/000136529.pdf>>. Acesso em: 08 set. 2019.

SCHLÜTER, Jéssica Moreira. **ELABORAR O PROCESSO DE OPERAÇÃO PADRÃO E APLICAR O CONTROLE ESTATÍSTICO DO PROCESSO NAS ETAPAS DE BRASSAGEM E FERMENTAÇÃO EM UMA CERVEJARIA**. 2019. UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA. Disponível em: <<https://riuni.unisul.br/bitstream/handle/12345/7627/ELABORAR%20O%20PROCESSO%20DE%20OPERA%20O%20PADR%20O%20E%20APLICAR%20O%20CONTROLE%20ESTAT%20ISTICO%20DO%20PROCESSO%20NAS%20ETAPAS%20DE%20BRASSAGEM%20E%20FERMENTA%20EM%20UMA%20CERVEJARIA.pdf?sequence=5&isAllowed=y>>. Acesso em: 08 set. 2019.

TSCHOPE, E. C. **Microcervejarias e Cervejarias. A história, a arte e a tecnologia**. São Paulo, ed. Aden, 2001. 223p.

VARNAM, A. H.; SUTHERLAND, J. P. Alcoholic beverages: distilled spirits. In: ---. **Beverages: Technology, chemistry and microbiology**. London: Chapman & Hall, 1994, p. 400 - 447.

YASUDA. ESALQ (Org.). **Whisky**. 2015. USP. Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4311997/mod_resource/content/1/Apresenta%C3%A7%C3%B5es%2015-5.pdf>. Acesso em: 11 ago. 2019.