

O Controle Oficial de Uso de Adjuvantes em Cerveja no Brasil

Carlos V. Muller, Bernardo P. Guimarães & Grace F. Ghesti

A cerveja é legalmente definida como a bebida obtida pela fermentação do mosto cervejeiro obtido a partir do malte de cevada e adicionado de lúpulo, além disso adjuvantes podem ser empregados na proporção de até 45% de seu extrato primitivo. Apesar do crescimento da produção, a importação de malte ao Brasil se manteve praticamente inalterada. A metodologia empregada foi a exploratória a fim de avaliar os métodos e propor uma análise que possa auxiliar na fiscalização da proporção do uso de adjuvantes na produção de cerveja. O controle da substituição pode ser realizado por análises laboratoriais, apesar de no momento, não haver métodos desenvolvidos para tal fim. As diversas metodologias de espectrometria de massas se apresentam promissoras no controle laboratorial, podendo ser utilizadas em conjunto com outras técnicas.

Palavras-chave: *adjuvantes cervejeiros; produção de cerveja; controle oficial.*

Beer is legally defined as the beverage obtained from the fermentation of brewer's wort obtained from barley malt added with hops, in addition brewers' adjuncts can be used in the proportion of up to 45% of its primitive extract. Despite the growth in the brewing industry, malting imports to Brazil remained practically unchanged. We used an exploratory methodology and research to evaluate the state-of-the-art analyses and suggest better alternatives to aid in beer inspection. The control of malt substitution can be performed by laboratory analysis, although now there are no developed methods for this purpose. Many methodologies of mass spectrometry show promising results in laboratory control and can be together with other techniques.

Keywords: *brewers' adjuncts; beer; mass spectrometry; stable isotopes; malt; brewing; official control.*

Introdução

Historicamente entendida como uma bebida alcoólica obtida pela fermentação de um mosto derivado de cereais, a cerveja tem seu padrão estabelecido no Brasil pelo Decreto nº 6.871/2009 em seu artigo 36 da seguinte forma¹:

- *“Art. 36. Cerveja é a bebida resultante da fermentação, a partir da levedura cervejeira, do mosto de cevada malteada ou de extrato de malte, submetido previamente a um processo de cocção adicionado de lúpulo ou extrato de lúpulo, hipótese em que uma parte da cevada malteada ou do extrato de malte poderá ser substituída parcialmente por adjunto cervejeiro.”*

E, de acordo com a Instrução Normativa nº 65 de 2019 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa), em seu artigo sexto estipula que:

- *“Art. 6. Adjuntos cervejeiros são as matérias-primas que substituam, em até 45% em peso em relação ao extrato primitivo, o malte ou o extrato de malte na elaboração do mosto cervejeiro.*
- *§ 1º Consideram-se adjuntos cervejeiros a cevada cervejeira não malteada e os demais cereais malteados ou não-malteados aptos para o consumo humano como alimento.*
- *§ 2º Também são considerados adjuntos cervejeiros o mel e os ingredientes de origem vegetal, fontes de amido e de açúcares, aptos para o consumo humano como alimento.*
- *§ 3º A quantidade máxima empregada dos adjuntos cervejeiros definidos no § 2º, em seu conjunto, deve ser menor ou igual a 25% em peso em relação ao extrato primitivo.”*

Portanto, apesar de legalmente definida como a bebida derivada do mosto fermentado de cevada malteada, há no Brasil a possibilidade de substituição de uma parte deste malte por outros ingredientes, denominados adjuntos cervejeiros. Estima-se que acima de 90% do mercado

nacional de cervejas seja composto por produtos contendo adjuntos, estes possibilitam a produção de cervejas com alto bebabibilidade a baixo custo tornando-se assim a parcela majoritária de consumo nacional².

No Brasil são produzidos anualmente cerca de 15 bilhões de litros de cerveja³, ocupando o terceiro posto no rol de produtores mundiais, atrás somente de China e Estados Unidos, respectivamente, com a parcela de 5% do mercado mundial de cervejas⁴. Portanto, estima-se que em 2016 cerca de 12,6 dos 13,9 bilhões de litros de cerveja foram produzidos utilizando adjuntos cervejeiros no Brasil^{3,4}.

O setor vivenciou mudanças significativas na última década com a entrada de novos atores, micro e pequenas cervejarias que proporcionam maior variação na oferta de produtos e inovações e já ocupam uma fatia importante do mercado nacional de cervejas. Segundo dados do Instituto da Cerveja⁵, estes produtos já corresponderiam a 0,7% do mercado nacional da bebida com uma produção próxima aos 100 milhões de litros em 2015.

Processo de Produção de Cerveja

O processo cervejeiro pode ser resumido como a obtenção de um mosto fermentável através da quebra enzimática do amido presente pela ação das enzimas contidas no malte^{6,7}.

A utilização de adjuntos promove diversos impactos no processo produtivo da cerveja. Algumas destas matérias-primas demandam a instalação de equipamentos adicionais como painéis específicas para o cozimento destes adjuntos previamente à sua adição ao mosto cervejeiro⁸. Apesar de ser um processo bastante diverso, com especificidades de tecnologias e equipamentos variando com o porte e tipo de produtos fabricados, de forma geral o processo de fabricação da cerveja pode ser sumarizado conforme a Figura 1.

O USO DE ADJUNTOS

A utilização de adjuntos, de forma geral, reduz os custos de produção das cervejas, promove a obtenção de características organolépticas típicas e permite a produção

em larga escala de cervejas em locais onde o cultivo de cevada e abastecimento de seu malte são deficientes.^{6,9-11} O uso de adjuntos também traz vantagens às propriedades físico-químicas das cervejas, muitas vezes o menor teor de proteínas e polifenóis dos adjuntos mais comuns aumenta a estabilidade coloidal, tornando estes produtos mais duráveis reduzindo as reações que promovem o envelhecimento das cervejas¹².

Este menor nível de proteínas no mosto pode acarretar em algumas desvantagens à qualidade e demandar alterações no processo tecnológico de obtenção da cerveja. Um exemplo é a piora na retenção de espuma em razão de menores concentrações de proteínas de baixo e médio peso molecular, além de reduzir o desempenho fermentativo das leveduras pela falta de aminoácidos livres no mosto^{7,12}. A utilização de adjuntos cervejeiros pode ter finalidades diversas, tais como fornecimento de extrato primitivo fermentável (açúcares) com menor acréscimo de corpo à cerveja, produção de mostos altamente fermentáveis, agregação de corpo à cerveja, produção de cervejas sem glúten, entre outros, indo muito além da já mencionada redução de custos⁸.

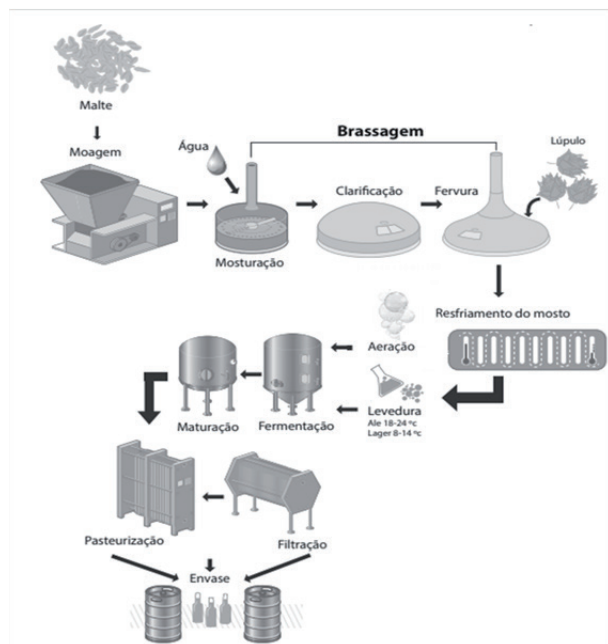


Figura 1: Representação esquemática do processo de fabricação de cerveja¹⁰.

Entretanto, a utilização de adjuntos como fator de redução de custos da matéria-prima é definitivamente a razão primária para seu uso. Desta forma, cervejas de menor preço e maior consumo no mercado nacional tendem a possuir maior quantidade relativa de adjuntos cervejeiros¹³. Eventos que afetem a disponibilidade e custo do malte de cevada podem alavancar o uso de adjuntos na produção de cerveja por serem de origem local⁶. Exemplos seriam frustrações de safras de cevada e flutuações do preço de mercado desta matéria-prima e variações na cotação das moedas em que a cevada ou o malte são negociados.

Os adjuntos cervejeiros podem ser divididos em dois grandes grupos de acordo com sua forma de utilização no processo cervejeiro: adjuntos amiláceos – que necessitam passar pela fase amilolítica da brassagem (mosturação) – e adjuntos sacaríneos, os chamados adjuntos de fervura que não necessitam desta quebra por não terem amido em sua composição, apenas açúcares fermentescíveis⁸.

As propriedades dos principais adjuntos cervejeiros, bem como suas vantagens e desvantagens ao uso foram sumarizadas na Tabela 1. Em relação às quantidades de amido e proteína presentes no malte de cevada (50-65% e 8% do grão seco¹¹), o teor de amido e proteínas disponíveis nestes adjuntos são entendidos como favoráveis pela maior quantidade possível de amido e a menor de proteína⁶.

Tabela 1: Resumo das propriedades dos principais adjuntos^{7,10,11,13-15}

Adjunto	Amido (%)	Proteínas (%)	Vantagens	Desvantagens
Amiláceos				
Grits de milho	70-75	10-12	Custo	Necessidade de cocção prévia
Arroz	70-75	6-9	Custo	Necessidade de cocção prévia
Sorgo	65-74	11-13	Custo, disponibilidade, possibilidade de malteação	Presença de taninos, e necessidade de cocção prévia
Trigo não malteado	60-65	12-15	Obtenção de características e estilos específicos	Custo, viscosidade do mosto

Tabela 1: Resumo das propriedades dos principais adjuntos^{7,10,11,13-15}
- continuação

Cevada não malteada	63-65	12-15	Obtenção de características e estilos específicos	Custo, viscosidade do mosto
Aveia	55-60	15-20	Aumento do “corpo”, retenção de espuma	Aumento da turbidez, viscosidade do mosto.
Trigo sarraceno	65-70	13-15	Obtenção de características e estilos específicos. Adiciona cor	Baixa disponibilidade
Sacaríneos*				
Xaropes de Milho	82	0	Praticidade, alta fermentabilidade	Necessidade de suplementação do mosto
Açúcar de cana	99*	0	Praticidade, alta fermentabilidade,	Legislação impede seu uso acima de 25% do extrato primitivo. Preço.

*Adjuntos sacaríneos não possuem amido, mas principalmente mono (glicose e frutose) ou oligossacarídeos (sacarose, maltose, maltotriose) em sua composição.

ATUAIS MÉTODOS DE CONTROLE

A competência de fiscalização dos parâmetros físico-químicos da cerveja dada ao Mapa pela Lei 8.918/94 visa garantir à população a oferta de produtos seguros e cujas matérias-primas estejam em quantidades adequadas de acordo com a padronização desta bebida¹⁶:

“Art. 2º O registro, a padronização, a classificação e, ainda, a inspeção e a fiscalização da produção e do comércio de bebidas, em relação aos seus aspectos tecnológicos, competem ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, ou órgão estadual competente credenciado por esse Ministério, na forma do regulamento”.

No Decreto regulamentador desta Lei, 6.871/2009 encontra-se a definição da cerveja, enquanto na

complementação dos padrões desta bebida, dispostos pela Instrução Normativa n. 65/2019 encontram-se demais ditames e padronizações quanto às distintas características¹.

Tabela 2: Parâmetros físico-químicos, caracterização e respectivas quantidades legais permitidas na cerveja¹

Teor Alcoólico	Zero álcool, zero % álcool ou 0,0%	Até e incluso 0,05% (v/v) de álcool
	Sem álcool ou desalcooolizada (indicado o valor de álcool)	Até e incluso 0,5% (v/v) de álcool
	Com teor alcoólico reduzido ou cerveja com baixo teor alcoólico	Entre 0,5% e 2,0% (v/v) de álcool
	Cerveja	Acima de 2,0% (v/v) de álcool
Proporção de malte de cevada	Cerveja Puro Malte ou 100% malte	100% malte de cevada como fonte de açúcar
	Cerveja	Mais de 55% (m/m) de malte de cevada, em peso sobre extrato primitivo
	Cerveja de (nome do cereal ou dos cereais majoritário(s), malteado(s) ou não)	Mínimo de 20% (m/m) de malte de cevada ou outro cereal sobre extrato primitivo
	Cerveja puro malte de ...	0% de malte de cevada e 100% de malte de outro cereal
Presença de lúpulo	Cerveja	Presença de lúpulo ou seu extrato
	Gruit	Ausência de lúpulo ou seu extrato

A supressão ou substituição do malte, matéria-prima característica da cerveja, é considerada fraude perante o Decreto 6.871/2009, conforme seu art. 2 incisos XV e XVII:

Art. 2 Para os fins deste Regulamento, considera-se:

- (...)

- XV - adulteração: a alteração proposital da bebida, por meio de supressão, redução, substituição, modificação total ou parcial da matéria-prima ou do ingrediente componentes do produto ou, ainda, pelo emprego de processo ou de substância não permitidos;
- (...)
- XVII - fraude: o engano ao consumidor por meio de adulteração ou falsificação da bebida;
- A adulteração por sua vez é infração administrativa prevista pelo art 99, inciso V deste mesmo Decreto:
- *“Art. 99. É proibida e constitui infração a prática isolada ou cumulativa do disposto abaixo:*
- (...)
- *V - adulterar ou falsificar a bebida e demais produtos abrangidos por este Regulamento;”*
- E também configura-se em crime, previsto pelo art. 171 do Código Penal Brasileiro:
- *“Art. 171. Obter, para si ou para outrem, vantagem ilícita, em prejuízo alheio, induzindo ou mantendo alguém em erro, mediante artifício, ardil, ou qualquer outro meio fraudulento:*
- (...)
- *Fraude na entrega de coisa*
- *IV - defrauda substância, qualidade ou quantidade de coisa que deve entregar a alguém;”*

Os métodos analíticos atuais não são capazes de detectar a presença, quanto mais o percentual de substituição do malte em cervejas brasileiras, portanto o controle oficial desta substituição deve ser desempenhado utilizando-se de outras estratégias. Conforme o Decreto 6.871/2009, todas as bebidas produzidas em território nacional devem ser registradas junto ao Mapa.¹ Neste processo de registro, o estabelecimento produtor informa a composição pretendida para a cerveja a ser registrada e os Auditores Fiscais Federais Agropecuários dos serviços de fiscalização de produtos de

origem vegetal verificam se estas composições propostas atendem ao padrão de identidade e qualidade definido para as cervejas, seja quanto às matérias-primas e características utilizadas ou na quantidade e categoria dos aditivos e coadjuvantes de tecnologia empregados, conforme o Decreto 6.871/2009, Instrução Normativa nº65/2019, RDC ANVISA nº64/2011 e RDC ANVISA nº65/2011.

Após a concessão do registro de produto a adequação das cervejas ao respectivo padrão de identidade e qualidade é verificada de duas formas, através da análise laboratorial de amostras coletadas nas indústrias e no comércio e através do controle realizado durante as fiscalizações *in loco* dos estabelecimentos produtores. Durante estas fiscalizações, além da verificação das condições higiênico-sanitárias dos estabelecimentos, são controladas as matérias-primas presentes no estabelecimento bem como a presença de aditivos e coadjuvantes de acordo com os registros aprovados para aquele estabelecimento.

Tais análises tem por finalidade o controle dos padrões de identidade e qualidade definidos no Decreto 6.871/2009, pois este ato normativo classifica as cervejas quanto ao seu extrato primitivo e proíbe a utilização de conservantes químicos. Porém, este Ministério não dispõe em sua rede nacional de laboratórios agropecuários a capacidade analítica necessária para a determinação desta quantidade de matéria-prima substituta do malte, e desta forma, a fiscalização federal agropecuária fica impedida de realizar estes controles nos produtos comercializados através de análises laboratoriais.

Fatores como a baixa oferta de malte de cevada no mercado nacional, a flutuação do valor do real frente ao dólar e o baixo valor agregado das cervejas de consumo popular, entre outros, dão suporte aos demais indícios de que a quantidade de adjuntos empregada na formulação de cervejas no Brasil possa exceder o limite de quarenta e cinco por cento do extrato primitivo destas receitas, portanto é justificada a necessidade de identificação e desenvolvimento de metodologias de determinação analítica do conteúdo de adjuntos em cervejas. Além do mais, a produção e o consumo de cervejas puro malte estão em ascensão no país e podem ser fraudadas somente

pela presença de adjuntos, fazendo com que mesmo a identificação qualitativa de adjunto seja importante. Este trabalho visa realizar um estudo de caso do atual estado de controle da presença e quantidade de adjuntos na cerveja produzida no Brasil de forma a habilitar a fiscalização federal agropecuária, desempenhada pelo Mapa, a controlar possíveis fraudes na produção nacional de cervejas.

Materiais e Métodos

A metodologia de pesquisa adotada foi a exploratória¹⁷. Os métodos que relacionam o atual estado do controle estatal sobre a substituição do malte, matéria-prima característica, em cervejas produzidas no Brasil às diversas estruturas de legislação e avaliação dos métodos analíticos existentes para mensurar o teor de adjuntos utilizados nas receitas cervejeiras.

O presente estudo buscou aprofundar o entendimento do caso de fraudes em cerveja pelo uso de adjuntos em formulações. As técnicas propostas nos estudos de caso de Yin (2017) foram utilizadas nessa pesquisa¹⁸. Como um dos autores é fiscal agropecuário do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), a motivação do trabalho e o levantamento foi realizado a fim de auxiliar e direcionar ações do MAPA.

A pesquisa documental foi realizada tanto nos documentos legislativos e normativos do MAPA. Os elementos de pesquisa documental buscaram compreender o contexto do processo de fiscalização e fraudes com relação ao uso indevido de porcentagens de adjuntos cervejeiros em receitas e configurá-lo. Diante disso, foi aplicada a metodologia da pesquisa-ação, haja vista que é possível participar efetivamente de sugestões e alterações em instruções normativas, a fim de propor soluções ao(s) problema(s) identificado(s) e sugerir iniciativas de atuação e controle por parte do Estado brasileiro.

Resultados e Discussão

PRODUÇÃO E CONSUMO DE MALTES E ADJUNTOS CERVEJEIROS

A fim de verificar a suscetibilidade do mercado nacional

de cervejas à fraude pela supressão da quantidade mínima de malte exigida em norma, elaborou-se estudo comparando a quantidade de malte disponível no mercado nacional e a produção cervejeira total, estimando assim a quantidade de malte utilizada por litro de cerveja.

Potencial de extrato é a medida analítica que informa quanto o malte, ou adjunto cervejeiro, consegue contribuir com substâncias, em especial amido, que alterem a densidade relativa do mosto cervejeiro¹¹. Este amido e demais substâncias que compõem o mosto cervejeiro são mensurados na medida da densidade relativa deste mosto, compondo o extrato primitivo da cerveja.

O extrato primitivo da cerveja é também legalmente definido pelo §1º do Art. 7º da Instrução Normativa n 65/2019 da seguinte forma:

- “§1º Extrato Primitivo (Ep) é a quantidade de substâncias dissolvidas (extrato) do mosto que deu origem à cerveja e deve ser sempre maior ou igual a 5,0% em peso.”

Portanto a análise dos dados apresentados tem por oferecer um cenário de considerável vulnerabilidade a fraudes da produção cervejeira nacional, pela baixa disponibilidade de malte no mercado doméstico em comparação à produção cervejeira.

Há que se considerar que uma expressiva e crescente parcela do mercado composta por cervejas puro malte ou com maior proporção de malte, do segmento *Premium*, aumenta a demanda por malte e pressiona ainda mais pela utilização de adjuntos em cervejas mais baratas e de grande produção. O recente aumento no mercado deste segmento deveria ter provocado alterações substanciais na oferta de malte no país, o que não foi constatado.

O volume total de malte importado pelo Brasil desde 2010 apresentou oscilações, mas manteve-se em torno das 800 mil toneladas anuais, como mostrado na Figura 2. Em 2010, o país importou cerca de 840 mil toneladas e, em 2014, após leve decréscimo na quantidade total importada nos três anos anteriores, este valor foi cerca de 950 mil toneladas. Seguida de uma queda no ano posterior, e mantendo a média de 840 mil toneladas por ano da série histórica¹⁹.

O malte de cevada produzido no Brasil, por outro lado, esteve constante de 2010 a 2012 com cerca de 300 mil toneladas ao ano. A produção aumentou nos anos posteriores, apesar de uma queda em 2014 e de não ter dados de 2015 e 2016. O ápice de produção ocorreu em 2018 com quase 700 mil toneladas (Figura 2).

Apesar da comprovada dependência do mercado nacional de cervejas de malte importado, o crescimento na produção nacional de cervejas não foi acompanhado pelo crescimento da importação de malte cervejeiro no período. Atualmente, os volumes importados encontram-se no mesmo patamar de 2010, quando a produção nacional de cerveja era inferior em cerca de 2,5 bilhões de litros. Levando em conta a produção de cervejas contendo somente 55% de malte em relação ao extrato primitivo, este acréscimo na produção de cervejas leva ao aumento na demanda de malte em cerca de 280 mil toneladas ao ano, 30% da quantidade importada. Somente dois fatores podem explicar tal comportamento: o aumento da produção nacional de malte e/ou a redução da proporção desta matéria-prima na composição geral das cervejas produzidas no país. Embora tenha tido um crescimento na produção nacional de malte ao longo dos anos avaliados, este não foi o suficiente para explicar o crescimento do volume de cerveja.

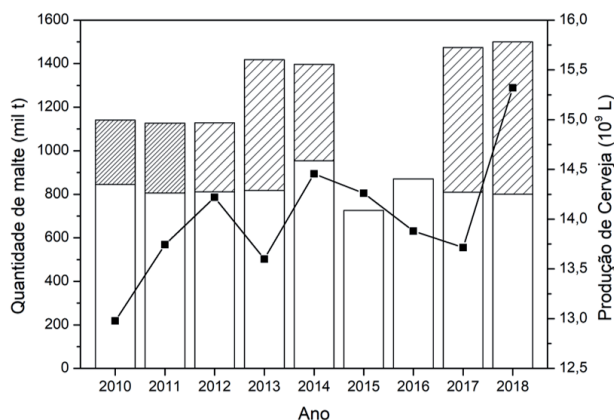


Figura 2: Evolução da produção cervejeira (linha, bilhões de litros), importação (coluna branca) e produção (coluna com rachurado leve) de malte (milhares de toneladas) no Brasil.³ Produção de 2010 e 2011 estimada pelo valor de cevada cervejeira importada (coluna com rachurado intenso)¹⁹

ADJUNTOS NA LEGISLAÇÃO INTERNACIONAL

A utilização de adjuntos na produção de cervejas é prática adotada mundialmente e as definições de cerveja em regulamentos estrangeiros normalmente preveem este tipo de prática em substituição ao malte de cevada²⁰. Na Tabela 3 estão sumarizadas as informações quanto ao uso de adjuntos nos principais, e mais tradicionais, países produtores de cerveja no mundo, observou-se que dos países elencados, onde a utilização de adjuntos é permitida, apenas há limite de substituição do malte no Brasil e Japão.

Tabela 3: Compreensão normativa mundial do uso de adjuntos²⁰⁻²³

País	Norma	Permite adjuntos	Proporção de substituição
China	GB 2758-2012 National Food Safety Standard - Fermented Alcohol Beverages	Sim.	Não há limite.
EUA	CFR, 27, I, A, parte 25.	Sim	Não há limite, arroz, cereais, açúcares, melaço, sucos de frutas e mel são permitidos.
Alemanha	Verordnung zur Durchführung des Vorläufigen-Biergesetzes	Não	Não se aplica
Bélgica	Regulamento EU 1169/2011	Sim	Não há limite.
Reino Unido	The Beer Regulations 1993	Sim	Não há distinção de malte e outros cereais na legislação, cerveja é definida como bebida fermentada de cereais e lúpulo.

Tabela 3: Compreensão normativa mundial do uso de adjuntos²⁰⁻²³
- continuação

Espanha	Decreto Real 53/1995	Sim	Não é limitado, cervejas com adjuntos devem ser denominadas “cervejas de” indicando o nome dos cereais utilizados.
Japão		Sim	Cervejas contém pelo menos 67% de malte de cevada. “Happoshu” utiliza até 25% malte de cevada e possui um imposto inferior.

Conforme exposto anteriormente, a definição oficial de limites para a parcela de substituição de malte em cervejas ocorre no Brasil e no Japão. O Japão possui sua taxação sobre a bebida baseada na quantidade de malte empregada, então não há porque fiscalizar a quantidade empregada já que o malte empregado é importado, sendo mais caro que adjuntos utilizados. Logo, desfavorece o desenvolvimento de produtos com maior utilização de malte que indicado. Logo, o Brasil é o único produtor de cerveja dentre os que mais produzem a necessitar da quantificação de malte na produção da bebida.

Desta maneira é um tanto limitada a oferta de métodos de análise laboratorial da quantidade de adjuntos em cervejas na literatura científica internacional¹. Enquanto a maioria dos países produtores de cerveja no mundo não limita a utilização de adjuntos em cervejas, a Alemanha, Grécia e Noruega proíbem completamente a adição de qualquer matéria-prima fornecedora de extrato que não sejam o malte de cevada ou de trigo nas cervejas¹¹. Desta forma, o controle oficial é facilitado, pois se limita a detectar a presença de qualquer matéria-prima estranha sem a necessidade de quantificação²³.

MÉTODOS ANALÍTICOS PARA A DETERMINAÇÃO DA QUANTIDADE DE ADJUNTOS UTILIZADOS EM CERVEJAS

A cerveja é uma bebida oriunda de matérias-primas complexas que, por sua vez, são sujeitas a um processo

de biotransformação promotor de alterações moleculares não só nos carboidratos fermentescíveis, mas também por meio de reações do metabolismo secundário da levedura e da associação entre diferentes constituintes do mosto.^{24,25} Além disto, a legislação brasileira permite a associação de adjuntos de origens botânicas e animais em variadas proporções tornando ainda mais complexa a matriz química da cerveja. Desta maneira não basta somente que o método oficial de controle detecte a presença de matérias-primas alheias ao processo, mas na verdade o grande desafio para o controle de fraudes da quantidade de malte em cervejas reside na quantificação dos adjuntos utilizados.

Os métodos atualmente empregados no controle laboratorial de cervejas são aprovados pela Instrução Normativa n. 24 de 8 de setembro de 2005, esta instrução traz em seu anexo o manual de métodos laboratoriais para a fiscalização de bebidas e vinagres, cujos métodos empregados nas análises de cerveja encontram-se sumarizados na Tabela 4²⁶.

Como foi possível observar na Tabela 5, não há um método analítico para quantificação da fração de malte de cevada (mínimo de 55% para cerveja e 20% para cerveja de ...), ou da quantificação de adjuntos amiláceos ou sacaríneos. A diminuição do limite formal de 55% para 20% ainda não isenta o órgão de fiscalizar a fração de cevada e/ou adjuntos utilizados, bem como, no caso de suspeita de fraude ou informação errada, cabe à Polícia Civil averiguar se o conteúdo expresso na embalagem condiz com o produto.

Tabela 4: Parâmetros analisados pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento para controle físico-químico de qualidade em cervejas e seus métodos empregados²⁶.

Parâmetro	Método Empregado
Grau alcoólico real	Destilação Kjeldahl
Densidade Aparente	Densimétrico
Extrato primitivo	Calculado
Antioxidantes (ácido sórbico, ácido ascórbico, metabissulfito e benzoico)	Cromatografia líquida
Fração de malte de cevada	Nenhum
Adjunto amiláceo	Nenhum
Adjunto não cereal até 25%	Nenhum

A quantificação desses insumos é dificultada pela grande quantidade de composições possíveis, já que pode ser utilizados de origens animais (mel, lactose) e vegetais (cereais, maltes de cereais, cascas de frutas, frutas, extratos, etc). Portanto, tampouco podem ser simples as propostas de controle laboratorial do conteúdo de adjuntos em cervejas.

Sleiman e colaboradores (2011)²⁷ testaram metodologias de análise isotópica de carbono e nitrogênio para quantificação de adjuntos em cervejas brasileiras. Mardegan e colaboradores (2013)²⁸ também analisaram cervejas brasileiras por datação de C¹³. Esse tipo de análise consegue diferir entre álcoois de origem de plantas com diferentes caminhos metabólicos para formação de glicose na fotossíntese, denominadas C3 e C4. Plantas C3 iniciam a fotossíntese por fixação do CO₂ pela rubisco, produzindo um intermediário de três carbonos, 3-PGA. As plantas C4, possuem uma etapa anterior, em que a captação do CO₂ é dada na conversão de PEP a oxaloacetato com ação da PEP carboxilase²⁹.

Sleiman e colab⁶. obtiveram resultados promissores na identificação e quantificação de adjuntos C4, como milho. Todavia não consegue diferenciar adjuntos C3, como arroz, do malte de cevada. Mardegan e colab⁷.verificaram que a maioria das cervejas produzidas pelas grandes cervejarias continham fontes C3 e C4, enquanto as micro e pequenas cervejarias se limitavam ao uso de cereais C3. Em seus estudos, a média de utilização C4 pelas grandes cervejarias brasileiras foi de $45,0 \pm 3,2\%$, o máximo permitido por lei.

Ambos estudos^{27,28} tentaram avaliar maneiras de se realizar este controle laboratorial sobre o conteúdo de adjuntos, monitorando a razão isotópica dos átomos de carbono e nitrogênio destas cervejas, porém tais métodos se mostraram imprecisos e incapazes de determinar a existência de fraudes em cervejas devido à grande complexidade da matriz de insumos passíveis de utilização. Embora capazes de quantificar com precisão adjuntos C4, não conseguem adjuntos C3. Além de não serem úteis para quantificação de açúcares provenientes de não-cereais, como o açúcar de cana. Essas limitações fazem com que a utilização dessa técnica seja apenas qualitativa e restrinja-se a presença ou ausência de adjuntos do ciclo C4 dado que a própria cevada é C3. Outro complicador é que a análise é dada na fração alcoólica,

e adjuntos (xarope de alta maltose, sacarose, grits e flocos de milho ou arroz) tendem a ter maior fermentabilidade que o malte, desviando para acima dos valores reais.

Apesar das falhas identificadas o método em questão possui atributos promissores e com as devidas alterações, especificamente na atribuição de peso distintos às equações derivados dos distintos valores de fermentabilidade de adjuntos, este poderia ser utilizado como um método de controle laboratorial da quantidade de adjuntos em cerveja. Contudo, o método pode ser utilizado para avaliar se determinada cerveja está de acordo com a receita que foi enviada ao Mapa já que se houver a substituição de um adjunto de ciclo C3 por um de C4 a datação é diferente. Além do mais, funcionam para identificação de cervejas puro malte que utilizarem adjuntos C4.

Análises isotópicas já são empregadas pelo Mapa na determinação de adulterações em bebidas não alcoólicas e em vinhos e derivados, através de métodos de espectrometria de massa de razão isotópica.^{30,31} Estes métodos tem sido utilizados com sucesso como subsídios ao controle oficial de fraudes em vinhos e seus derivados desde 2001, mesmo ano em que entraram em vigor os atuais limites para o uso de adjuntos, porém neste mesmo período não houve avanço em métodos laboratoriais semelhantes aplicados ao controle de cervejas. Isto ocorre principalmente devido à diferença de composição entre cervejas e vinhos, enquanto os vinhos devem ser unicamente oriundos de mosto de uvas; as cervejas, conforme exposto anteriormente, apresentam composição muito mais complexa, portanto a determinação de razão isotópica necessita de um grau de sofisticação não atingido até o momento.

De forma a fornecer a complexidade necessária à determinação de adjuntos em cervejas, algumas iniciativas de controle em alimentos têm sido identificadas como promissoras. Estas baseiam-se na determinação de um perfil ideal do produto conforme (*profiling* ou *fingerprinting*) a partir de análises realizadas de produtos encontrados no mercado e corretamente identificados como adequados^{32,33}.

Estas iniciativas analíticas podem ser constituídas de mais de um método de detecção, de forma geral a espectrometria de massas tem se apresentado como uma

das alternativas mais viáveis podendo ser associada a análises de eletroforese e de cromatografia de forma a refinar os resultados obtidos. O limitador da aplicação de eletroforese é que vários dos adjuntos utilizados contribuem com pouca proteína, dificultando a identificação de uma proteína exclusiva para cada adjunto. A espectrometria de massas se caracteriza pela grande capacidade de executar análises quantitativas e qualitativas com alta seletividade e baixo limite de detecção.³⁴ Os analitos das amostras são convertidas em íons em uma fase gasosa e analisados de acordo com a sua relação de massa sobre carga³⁵.

Tabela 5. Vantagens e limitações de métodos analíticos passíveis de identificação ou quantificação da quantidade de adjuntos presente na cerveja^{27,28,34,36,37}.

Método Analítico	Medição	Limitação da técnica
Análise isotópica de carbono	Quantificação de C ¹³ e capacidade de quantificar adjuntos C4 presentes na cerveja	Não consegue diferenciar adjuntos C3 de malte de cevada nem quantificar adjuntos não-cereais
Eletroforese associada a espectrometria de massas	Quantificação de proteínas específicas de cevada (como hordeínas e proteína Z)	Não pode ser utilizada em cervejas com maltes muito modificados, mas pode ser utilizado para cervejas pilsen. Dificuldade maior para adjuntos com baixa carga proteica, apenas quantifica a quantidade de malte utilizada
IV-TF aliado a RMN	Identificação de várias moléculas e grupos orgânicos	Análise de RMN 1D e 2D demanda pessoas especializadas e muito tempo para montar um banco de dados, mas uma vez construído é de fácil operacionalização

CLAE	Quantificação de monossacarídeos a tetrassacarídeos	Não diferencia entre adjuntos. Muito suscetível a variações decorrentes do processo de produção
CLAE-EM	Identificar e quantificar moléculas não-voláteis específicas de cada adjunto	Não foram localizados estudos ainda que utilize essa técnica para quantificação ou identificação de adjuntos
CG-EM	Identificar e quantificar moléculas voláteis específicas de cada adjunto	Não foram localizados estudos ainda que utilize essa técnica para quantificação ou identificação de adjuntos

IV-TF: espectroscopia de infravermelho com transformada de Fourier. RMN: ressonância magnética nuclear. CLAE: cromatografia líquida de alta eficiência. CLAE-EM: CLAE acoplado a espectrometria de massas. CG-EM: cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massas

Já existem estudos relacionados à utilização de espectrometria de massas associada a métodos quimiométricos na detecção de fraudes em cervejas. Pereira (2016)³⁴ desenvolveu um método capaz de discriminar diferenças entre cervejas de distintas marcas, mas de composição e estilos semelhantes. Este estudo teve por objetivo identificar falsificações de cerveja realizadas pela troca de rótulos de cervejas mais baratas colocando nestas os rótulos de marcas mais conhecidas e de maior valor. Suas análises basearam-se na composição de carboidratos constituintes do extrato residual das cervejas. Tal abordagem atrai interesse principalmente por possibilitar a diferenciação entre produtos de composição muito semelhante contendo pequenas variações do tipo e quantidade de adjuntos utilizados. Resultados semelhantes foram apresentados por Almeida (2006)³⁶, a qual pode, por meio de métodos de espectroscopia no infravermelho com transformada de Fourier (IV-TF) e de ressonância magnética nuclear, distinguir entre variadas origens de

elevado número de amostras de cervejas de composição e estilos semelhantes.

A espectrometria de massas apresenta diversas vantagens do ponto de vista operacional, os volumes de amostra necessários são reduzidos, as análises são rápidas e de baixo custo. Tais metodologias podem ser utilizadas como métodos de detecção prévia (triagem) de forma a identificar a presença de fraudes, porém sem quantificá-las, evitando assim que todas as amostras tenham que ser sujeitas a análises mais trabalhosas e de custo mais elevado.

Uma alternativa analítica válida a ser implementada nas iniciativas de *profiling* da cerveja seria a caracterização do conteúdo glicídico das cervejas. Um dos métodos prontamente disponíveis que demandam pouca preparação de amostra e trabalho prévio à análise é a análise dos carboidratos da cerveja através de cromatografia líquida de alta performance (CLAE)³⁷. A composição dos carboidratos na cerveja é drasticamente afetada pela matéria-prima fornecedora de extrato utilizada, xaropes de alta maltose e açúcares simples como de cana não fornecem oligossacarídeos ao mosto e desta forma a sua concentração será reduzida na cerveja final. Esta abordagem pode alcançar maior sensibilidade ao serem utilizados métodos de ressonância magnética nuclear, através destes é possível atingir maior nível de sofisticação dos resultados obtidos através desta análise, sendo possível a separação da quantidade de diferentes isômeros de uma mesma molécula³².

Métodos de espectrometria de massas associados a análises estatísticas multivariadas têm sido empregados com sucesso em iniciativas experimentais de controle de qualidade em cervejas³⁸. Estes métodos podem ser empregados de forma a determinar um perfil adequado da cerveja, sem atrelar o método a detecção de um analito específico, mas sim a associação entre as quantidades de diversos compostos e moléculas contidos na cerveja. Esta associação torna a análise mais robusta às variações de receita e composição.

A utilização de tais métodos com a finalidade de controle oficial dependeria então da análise espectrométrica de elevado número de amostras comerciais de cerveja

disponíveis no mercado nacional, associada à produção de amostras “tipo” com distintos adjuntos, em conjunto e separadamente, em diversas proporções de substituição ao malte de cevada. Desta forma seria possível traçar perfis espectrométricos das cervejas de concentração conhecida de adjuntos e compará-los aos exemplos comerciais.

A estratégia de controle oficial dependeria da elaboração em laboratório destas cervejas tipo, de concentração de adjuntos conhecida, pois não há como basear o delineamento do método nos exemplos atualmente encontrados no mercado. Conforme exposto na Figura 2 há indícios de que o limite no uso de adjuntos possa estar pontualmente sendo desrespeitado pela indústria cervejeira nacional, desta forma não haveria um referencial confiável para sustentar o desenvolvimento deste método.

A fim de montar uma biblioteca de referências para análises de *fingerprinting* e demais análises, seria necessária a fabricação em escala piloto utilizando dos mesmos métodos daqueles encontrados em escala industrial com diversas composições de cerveja – dentro ou fora dos conformes. Ou seja, com quantidade de malte variando de 30 a 100%, adjuntos cervejeiros amiláceos e sacaríneos e combinações destes.

Após a análise destas cervejas de composição conhecida os Laboratórios da rede oficial do Mapa teriam à disposição um perfil padrão para comparação das cervejas amostradas no mercado nacional. Caso o método desenvolvido não obtivesse sensibilidade suficiente para fundamentar o início de uma apuração administrativa, a amostra identificada nesta etapa prévia será submetida a uma etapa adicional de avaliação laboratorial de sua composição. Nesta etapa, métodos cromatográficos, espectrométricos, de ressonância magnética e, mesmo, eletroforese podem ser empregados de forma a realizar o escrutínio adequado da composição desta cerveja.

Quanto às análises laboratoriais, estas visam comparar o produto amostrado ao seu padrão físico-químico e também podem indicar o uso de ingredientes e aditivos não permitidos, quando solicitado pelo Auditor Fiscal responsável pela coleta do produto. Apesar de definido no padrão de identidade e qualidade

da cerveja, não há parâmetro físico-químico definido com a finalidade de controlar a quantidade de adjuntos presentes naquela cerveja.

Conclusões e Perspectivas

A produção cervejeira nacional é altamente dependente da importação de malte, mas apesar do aumento substancial da produção cervejeira nacional de 2010 a 2018, as importações deste insumo se mantiveram praticamente inalteradas, em parte compensadas pelo aumento da produção nacional deste insumo. A comparação entre a quantidade de cerveja produzida e, conseqüentemente, a demanda nacional de malte com a oferta de malte no mercado nacional sugere que as cervejas produzidas no país possuam conteúdo de adjuntos muito próximo ou superior ao limite máximo definido em lei. Esta constatação subsidia ainda mais a necessidade de uma estratégia nacional para o controle desta prática ou de se remover o limite legal de utilização de adjuntos, como nos demais países em que é permitido o uso em qualquer quantidade.

O controle laboratorial do conteúdo de adjuntos em cervejas é possível e pode ser empregado pela rede nacional de laboratórios agropecuários do Mapa, para tanto é necessário o desenvolvimento de uma estratégia de controle oficial e o estabelecimento de uma referência nacional de formulações de cervejas. Os principais métodos analíticos para identificar fraudes seriam a análise isotópica de carbono para análise qualitativa ou quantitativa de adjuntos C4; eletroforese para quantificação de malte; espectrometria de massas permite a definição de perfis comparáveis de produtos, possibilitando a comparação de amostras de mercado aos perfis armazenados em laboratório verificando a conformidade destes, porém ainda precisa ser melhorado; dentre outras.

Referências

1. Brasil, Decreto nº 6.871 de 4 de junho de 2009, Dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/decreto/d6871.htm>. Acesso em 16 dezembro 2020.
2. Licht, A., Budweiser passa Heineken nas vendas de cerveja premium. Disponível em: <<http://www.valor.com.br/empresas/2955948/budweiser-passa-heineken-nas-vendas-de-cerveja-premium>>. Acesso em: 16 dezembro 2020.
3. IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Pesquisa Industrial Anual – PIA-Produto. Disponível em: <sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pia-produto/quadros/brasil/2018>. Acesso em: 16 dezembro 2020.
4. CERVBRASIL, Anuário 2016. Disponível em: <http://www.cervbrasil.org.br/novo_site/anuario/>. Acesso em: 20 junho 2018.
5. Ferreira, A., Infográfico – Mercado Brasileiro de Cervejarias Artesanais. Disponível em: <<https://www.institutodacerveja.com.br/blog/n114/novidades/infografico-mercado-brasileiro-de-cervejarias-artesanais>>. Acesso em: 16 dezembro 2020.
6. Briggs, D. E.; Boulton, C. A.; Brookes, P. A.; Stevens, R.; Brewing: science and practice, 1a ed., Woodhead Publishing: Cambridge, 2004.
7. Bamforth, C. W.; Brewing: New technologies. 1a ed., Woodhead Publishing: Cambridge, 2006. [CrossRef]
8. Bogdan, P.; Kordialik-Bogacka, E.; Alternatives to malt in brewing. Trends in Food Science and Technology 2017, 65, 9. [CrossRef]
9. Esslinger, H. M., Handbook of Brewing: Process, Technology, Markets, 1ª ed., Wiley-VCH: Weinheim, 2009.
10. Ghesti, G. F.; Müller, C. V.; Parachin, N. S.; Barros, C. R.; Pinheiro, L. G. S., Análise Sensorial para Cervejas, 1ª. ed., Universidade de Brasília: Brasília, 2017.
11. Kunze, W. Technology Brewing and Malting, 4ª. ed., VLB: Berlin, 2010.
12. Donadini, G.; Fumi, M. D.; Kordialik-Bogacka, E.; Maggi, L.; Lambri, M.; Sockokai, P., Consumer interest in specialty beers in three European markets. Food Research International 2016, 85, 301. [CrossRef] [PubMed]
13. D'Avila, R. F.; Luvielmo, M. M.; Mendonça, C. R. B.; Jantzen, M. M., Adjuntos utilizados para produção de cerveja: características e aplicações. Estudos Tecnológicos em Engenharia 2012, 8, 60. [CrossRef]
14. Marconi, O.; Sileoni, V.; Ceccaroni, D.; Perretti, G., Em Advances in International Rice Research; Li, J. Q., Bod: London, 2017, cap. 4. [CrossRef]
15. Schnitzenbaumer, B.; Arendt, E. K., Brewing with up to 40 % unmalted oats (*Avena sativa*) and sorghum (*Sorghum bicolor*): a review. Journal of the Institute of Brewing 2014, 120, 315. [CrossRef]
16. Brasil, Lei nº 8.918/1994: Dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L8918.htm>. Acesso em 16 dezembro 2020.
17. Dane, F. C., Research methods. Pacific Grove: Brooks/Cole Publishing, 1990.

18. Yin, R. K., Case study research: design and methods. 6 ed. Sage: Thousand Oaks, **2017**.
19. Ministério da Economia, Comexstat – Exportação e Importação Geral. Disponível em: <<http://comexstat.mdic.gov.br/pt/geral>>. Acesso em: 16 dezembro **2020**.
20. IARD. International Alliance for Responsible Drinking, Beverage Alcohol Labeling Requirements. Disponível em: <<http://www.iard.org/policy-tables/beverage-alcohol-labeling-requirements>>. Acesso em: 16 dezembro **2020**.
21. Legislation UK, The Beer Regulations 1993. Disponível em: <<https://www.legislation.gov.uk/uksi/1993/1228/part/I/made#f00007>>. Acesso em: 16 dezembro **2020**.
22. Stewart G. G.; Priest, F. G. (ed), Handbook of brewing, 2 ed., CRC Press: Boca Raton, **2006**.
23. The Brewers of Europe, Whats in a beer?. Disponível em: <<https://brewersofeurope.org/uploads/mycms-files/documents/publications/2018/whats-in-beer-20180312.pdf>>. Acesso em: 16 dezembro **2020**.
24. Boulton, C.; Quain, D., Em Brewing Yeast and Fermentation, Wiley-Blackwell: UK, **2006**, cap. 4. [CrossRef]
25. Pires, E. J.; Teixeira, J. A.; Brányik, T.; Vicente, A. A., Yeast: The soul of beer's aroma - A review of flavour-active esters and higher alcohols produced by the brewing yeast. Applied Microbiology and Biotechnology 2014, 98, 1937. [CrossRef] [PubMed]
26. Brasil, Instrução Normativa nº 24/2005: Aprova o Manual Operacional de Bebidas e Vinagres. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/vigilancia-agropecuaria/ivegetal/bebidas-arquivos/in-no-24-de-8-de-setembro-de-2005.doc/view>>. Acesso em: 16 dezembro **2020**.
27. Sleiman, M.; Venturini Filho, W. G.; Ducatti, C.; Nojimoto, T., Determinação do percentual de malte e adjuntos em cervejas comerciais brasileiras através de análise isotópica. Ciência e Agrotecnologia **2010**, 34(1), 163-172. [CrossRef]
28. Mardegan, S. F.; Andrade, T. M. B.; Neto, E. R. S.; Vasconcellos, E. B. C.; Martins, L. F. B.; Mendonça, T. G.; Martinelli, L. A., Stable carbon isotopic composition of Brazilian beers – A comparison between large- and small-scale breweries. Journal of Food Composition and Analysis 2013, 29, 52. [CrossRef]
29. Sharwood, R. E.; Ghannoum, O.; Whitney, S. M.; Prospects for improving CO₂ fixation in C₃-crops through understanding C₄-Rubisco biogenesis and catalytic diversity. Current Opinion in Plant Biology **2016**, 31, 135-142.
30. Brasil, Instrução Normativa MAPA nº 72/2018: Aprova os requisitos e os procedimentos administrativos para registro de estabelecimento e de produto, elaboração de produto em unidade industrial e em estabelecimento de terceiro e contratação de unidade volante de envasilhamento de vinho. Disponível em: <https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/52490927/do1-2018-11-29-instrucao-normativa-n-72-de-16-de-novembro-de-2018-52490784>. Acesso em: 16 dezembro **2020**.
31. Brasil, Instrução Normativa nº 4/2011: Aprova a Metodologia de Análise da Razão Isotópica que especifica em Produtos e Subprodutos das Plantas do Ciclo Fotossintético que menciona. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/inspecao/produtos-vegetal/legislacao-1/biblioteca-de-normas-vinhos-e-bebidas/instrucao-normativa-no-4-de-5-de-fevereiro-de-2001.pdf/view>>. Acesso em: 16 dezembro **2020**.
32. Petersen, B. O.; Nilsson, M.; Bøjstrup, M.; Hindsgaul, O.; Meier, S., ¹H NMR spectroscopy for profiling complex carbohydrate mixtures in non-fractionated beer. Food Chemistry **2014**, 150, 65. [CrossRef] [PubMed]
33. Zhang, J.; Zhang, X.; Dediu, L.; Victor, C., Review of the current application of fingerprinting allowing detection of food adulteration and fraud in China. Food Control **2011**, 22, 1126. [CrossRef]
34. Pereira, H. V., Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Minas Gerais, **2016**. [Link]
35. Wilson, K.; Walker, J., Principles and Techniques of Practical Biochemistry, 5a. ed., Cambridge University Press: Cambridge, **2000**
36. Almeida, C. I. R., Dissertação de Mestrado, Universidade de Aveiro, **2006**. [Link]
37. Nogueira, L. C.; Silva, F.; Ferreira, I. M. P. L. V. O.; Trugo, L. C., Separation and quantification of beer carbohydrates by high-performance liquid chromatography with evaporative light scattering detection. Journal of Chromatography A **2005**, 1065, 207. [CrossRef] [PubMed]
38. Vivian, A. F., Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Campinas, **2016**. [Link]

Carlos V. Muller, Bernardo P. Guimarães & Grace F. Ghesti*

Universidade de Brasília, Campus Darcy Ribeiro, Instituto de Química, Laboratório de Bioprocessos Cervejeiros e Catálise em Energias Renováveis, Brasília - DF, 70910-900, Brasil.

*E-mail: ghesti.grace@gmail.com.