

# ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DE CERVEJAS ARTESANAIS PRODUZIDAS COM A ENZIMA GLUCOAMILASE

GRANGEIRO, Efrahin Alves<sup>1</sup>

RU 2792566

STIER, Paulo Henrique<sup>2</sup>

## RESUMO

Esta pesquisa foi realizada de forma experimental através da análise físico-química de cervejas artesanais produzidas com a enzima glucoamilase ou AMG como coadjuvante tecnológico a fim de comprovar a total hidrólise do amido devido a sua capacidade de quebra das ligações  $\alpha$ -1,4 e  $\alpha$ -1,6 das cadeias de amilopectina o que leva a conversão de dextrinas em açúcares fermentescíveis. A AMG aumenta a hidrólise do amido que tenha eventualmente permanecido no mosto após a mosturação resultando numa cerveja mais seca (baixo corpo) e com maior teor alcoólico como a Brut IPA ou cervejas light, por exemplo. Para isto, foram realizadas análises físico-químicas como de pH, teor alcoólico, sólidos solúveis, açúcar total e densidade em cerveja produzida com e sem a adição da enzima e observado se as leveduras consumiram todo o açúcar não fermentável presente no mosto bem como possíveis alterações nas características do produto o que possibilitou a verificação dos padrões de identidade e qualidade para os produtos de cervejaria de acordo com a IN N° 65/2019 do MAPA. A metodologia seguiu as recomendações de Pinto (2007), Adolf Lutz (2008), Morreto (2008) e Mafra (2018) e o resultado foi a média aritmética de três ensaios realizados para cada análise. Ao final do experimento os resultados foram satisfatórios comprovando um menor percentual de açúcar no produto que continha a enzima em estudo. Os demais parâmetros físico-químicos se mantiveram dentro dos padrões que a legislação exige.

**Palavras-chave:** Análise físico-química. Cerveja artesanal. Glucoamilase. Lane-Eynon.

## 1 – INTRODUÇÃO

Segundo Morado (2017), a cerveja é uma bebida equilibrada, de relativamente baixo teor alcoólico e níveis importantes de vitaminas, minerais e antioxidantes úteis ao organismo humano. No mundo contemporâneo esta é a terceira bebida mais consumida ficando atrás apenas da água e do café. Contudo,

---

<sup>1</sup> Aluno do Centro Universitário Internacional UNINTER. Artigo apresentado como Trabalho de Conclusão de Curso Bacharelado em Química 02/2019.

<sup>2</sup> Professor Orientador do Centro Universitário Internacional UNINTER.

como se trata de uma bebida alcoólica, seu consumo deve ser moderado para que seus efeitos positivos sejam maiores que os negativos. Para isto, faz-se necessário um maior conhecimento de suas propriedades e a quebra de alguns tabus a cerca desta bebida.

O dito popular define a cerveja como uma bebida que engorda. No entanto, de acordo com o artigo “Sobrepeso, obesidade e consumo de cerveja” (Janssens et al., publicado no *Archives of Public Health* 59, 2001), cerveja e obesidade não se relacionam. Na verdade esta bebida é bem menos calórica do que se imagina. Ao compararmos a cerveja com o vinho tinto, por exemplo, esta possui apenas 5% de teor alcoólico e 43 cal/100 ml, enquanto o vinho tem entre 11 a 15% de álcool com 85 cal/100 ml. Tais características nos despertou o interesse pelo o estudo mais aprofundado sobre a química da cerveja e nos revelou que sua fabricação pode ser feita de maneira simples e artesanal possibilitando a criação de receitas exclusivas por quem as fabrica. Basicamente a cerveja é composta por água, açúcar, lúpulo e um fungo específico que faz a fermentação produzindo gás carbônico (CO<sub>2</sub>) e etanol (C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>O). Esta fermentação pode ser melhorada com a utilização de enzimas durante o processo para um melhor aproveitamento da conversão do açúcar em álcool.

O objetivo geral deste estudo foi analisar as características físico-químicas em cervejas artesanais produzidas com a enzima Glucoamilase, especificamente identificando a presença de açúcares não fermentáveis em cervejas industrializadas e comparando os resultados obtidos com as feitas de forma artesanal verificando a atuação da enzima através de ensaios físico-químicos de pH, teor alcoólico, sólidos solúveis, açúcar total e densidade comparando os resultados obtidos. Ao final do estudo poderemos avaliar se o produto obtido com a utilização da enzima encontra-se dentro dos parâmetros exigidos pela legislação vigente. Foram utilizados métodos de análises efetuados em triplicata conforme metodologia de Pinto (2007), Adolf Lutz (2008), Morreto (2008) e Mafra (2018). A análise de densidade (° Brix) realizou-se através de aparelho refratômetro com escala dupla (SG-BRIX). Para determinação do pH foi utilizado aparelho phmetro eletrônico com indicação dupla (pH e temperatura). Na determinação do teor de açúcar final utilizamos o método de Lane-Eynon com o emprego do reagente de Fehling. A análise de teor alcoólico foi feita através de tabela padrão de densidades inicial e final e determinação com o respectivo valor do percentual de álcool do produto final. Para medição da

densidade utilizou-se aparelho de densímetro mergulhando o aparelho no líquido e verificando em sua escala o deslocamento ocorrido.

*“A cerveja, se bebida com moderação, torna a pessoa mais dócil, alegre o espírito e promove a saúde.”*

*Thomas Jefferson (1743-1826)*

## **2 – ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DE CERVEJAS ARTESANAIS PRODUZIDAS COM A ENZIMA GLUCOAMILASE**

O processo de produção de cerveja é fascinante historicamente desde milhares de anos nas antigas planícies da Mesopotâmia até a atual tendência mundial da produção artesanal caseira. Cerca de 8000 a.C. povos nômades já cultivavam e colhiam um cereal primitivo que pode ter sido utilizado para fabricar um tipo preliminar de cerveja e achados das civilizações babilônicas apresentam receitas de uma bebida alcoólica produzida a partir de cereais. Com o desenvolvimento das primeiras técnicas de agricultura o ser humano pré-histórico passou a cultivar grãos que depois de secos podiam ser armazenados por grandes períodos permitindo assim a fixação de grupos ou tribos em determinadas regiões sem a necessidade de locomover-se em busca de alimentos.

De acordo com Morado (2017), os primeiros campos de cultivo surgiram no oeste da Ásia por volta do ano 9000 a.C. Provavelmente, cevada e trigo selvagem foram escolhidos, em detrimento de outras plantas, porque seus grãos (sementes) são grandes e palatáveis e seu processo de germinação é mais adequado ao plantio. Na Europa, os povos bárbaros de origem germânica se destacaram na produção de cervejas desde a Idade Média, século XIII, e foram os primeiros a introduzir o lúpulo em sua composição, originalmente composta por água, cevada e levedo, o que conferia características peculiares à bebida que era utilizada como complemento nutricional as refeições diárias. “Era produzida para as classes mais abastadas como forma adicional ao cardápio diário e considerada também como um pão líquido por sua riqueza em vitaminas e minerais.” (BELTRAMELLI, 2013, p. 24). Durante a Revolução Industrial a produção e distribuição de cervejas tiveram notórias mudanças com o estabelecimento de grandes fabricantes na Inglaterra, Alemanha e Hungria. No Brasil, a cerveja foi introduzida por volta de 1808 trazida da

Inglaterra pela família real de portuguesa. “Caberia lembrar a grande influência comercial (e conseqüentemente cultural) da Inglaterra, na época, sobre Portugal, bem como que no início do século XIX a Inglaterra era, de longe, a maior produtora de cerveja da Europa.” (PAULA, 2003, p. 12).

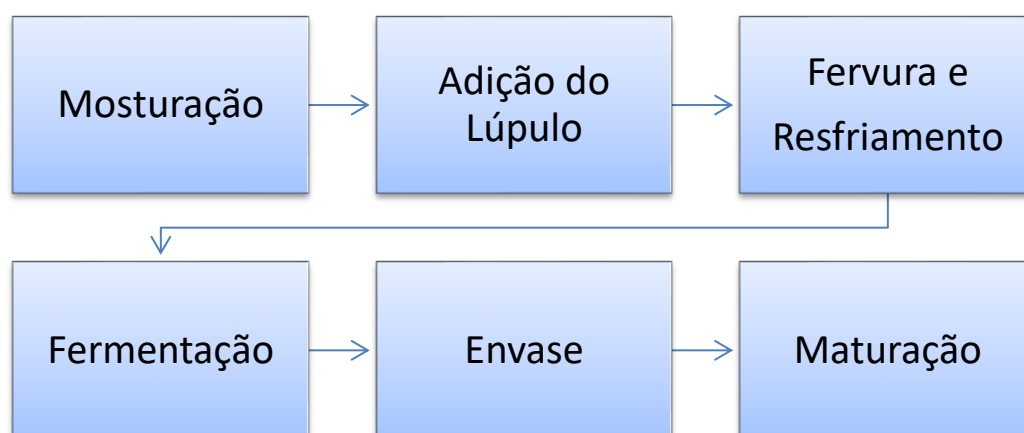
Fazer cerveja artesanalmente é um processo relativamente fácil e barato em todas as suas etapas que são fabricação, fermentação e envase. As cervejas artesanais são fabricadas por pequenas cervejarias e são consideradas muito superiores às similares fabricadas em grande escala por serem produzidas em pequenos lotes e não conterem substâncias químicas além de serem carbonatadas naturalmente – algo inviável para os grandes produtores. Existem diferentes tipos de processo de fabricação como por exemplo, utilizando o extrato de malte que requer o mínimo de equipamentos e possibilita o incremento de uma variedade de ingredientes que influenciarão no produto e o método *all-grain* (ou *full-mash*) que é o ápice da produção artesanal, contudo, exige mais pesquisa e prática constantes para que se consiga produzir o tipo de cerveja que pretende fazer.

O mercado mundial é dominado pelas grandes companhias produtoras de cerveja, mas nos últimos anos aumentou bastante o número de cervejarias artesanais. Para quantificar esta informação, em 2020 o segmento teve aumento de 14,4% e o número de cervejarias registradas no Brasil passou de 1,3 mil.

“A expansão do mercado cervejeiro no Brasil vem crescendo nos últimos dez anos e essa tendência se manteve em 2020 mesmo com as dificuldades impostas pela pandemia”, diz o coordenador-geral de Vinhos e Bebidas do Mapa, Carlos Vitor Müller (REVISTA BEER ART, 2021).

A cada dia surgem novos consumidores em busca de produtos mais elaborados estimulando os fabricantes a desenvolverem receitas com novas variações de cervejas.

Figura 1 – Fluxograma da produção de cervejas artesanais



As etapas de produção consistem em colocar o amido – em geral de cereais maltados – em água, adicionar lúpulo, ferver para esterilizar, resfriar e fermentar com a levedura, envasar e aguardar o tempo de maturação para ocorrer a carbonatação. No entanto, o amido é uma molécula muito grande e precisa ser quebrada em açúcares menores para que as leveduras consigam consumi-lo. Esta quebra ocorre através do processo de mosturação onde o amido é dissolvido em água e aquecido gerando os açúcares fermentescíveis maltotriose, maltose e glicose, produzindo um líquido adocicado chamado de mosto. O mosto então será fervido para se tornar estéril evitando contaminação por alguma bactéria residual e em seguida é adicionado o lúpulo que através da fervura liberará amargor, sabor e aroma.

Na etapa de resfriamento, a temperatura do mosto deverá ficar em torno de 20°C para que possam ser inoculadas as leveduras que irão fermentá-lo, produzindo álcool e gás carbônico sob condições de anaerobiose (ausência de oxigênio). Esta temperatura não pode ser alta para não haver o risco de matar as células destas leveduras. De acordo com Evangelista (2012), o processo de fermentação da cerveja ocorre em duas fases distintas. Em uma delas o micro organismo utilizado é da espécie *Saccharomyces cerevisiae* que atua de forma rápida na superfície da mistura não consumindo todo o açúcar contido no malte.

Como citamos, existem muitos açúcares que compõem as cervejas, por exemplo, a Maltotriose ( $C_{18}H_{32}O_{16}$ ), a Maltose ( $C_{12}H_{22}O_{11}$ ) e a Glicose ( $C_6H_{12}O_6$ ) o que se evidencia no paladar. A Glicose corresponde a cerca de 8,9% do mosto, já a

Maltose responsável por grande parte do sabor da cerveja é o carboidrato mais predominante e corresponde a cerca de 41%. Porém, na grande maioria dos estilos o amargor proporcionado pelo lúpulo mascara esta sensação de dulçor. Além destes açúcares são formados também os açúcares não fermentescíveis, que não são consumidos pelas leveduras, por serem formados de três moléculas de glicose unidas. Estes são conhecidos como dextrinas  $(C_6H_{10}O_5)_n$  e têm a função de auxiliar na retenção da espuma e dar corpo a cerveja. Outros açúcares podem ser incorporados as cervejas, como por exemplo, a sacarose (frutose+glicose) provenientes de alguma polpa de fruta, rapadura ou açúcar mascavo que foram adicionados a cerveja com o intuito de aumentar sua densidade e deixá-la mais alcoólica ou ainda quando se prepara o *prime* (solução de sacarose e água) para carbonatar a cerveja na garrafa. Para este processo é necessário quebrar a molécula de sacarose liberando a frutose e a glicose o que se consegue com a diminuição do pH da solução e seu aquecimento.

O processo de produção de uma cerveja de baixa caloria utiliza enzimas como, por exemplo, Brut GA (Glucoamilase) ou Atenuzyme, que tem a função de quebrar estes açúcares não fermentáveis. Parte destes açúcares são provenientes do amido contido no malte que após o cozimento é liberado formando o mosto e a outra é composta pelo açúcar invertido utilizado no *priming*, onde a sacarose é quebrada em glicose e frutose através da diluição em água e aquecimento. Ao final do processo quem consome de fato todo o açúcar é a levedura. Mesmo as cervejas de baixa caloria não chegam a ter zero carboidrato, no entanto, apresentam significativamente menos calorias. Para que possamos fazer o registro de uma cerveja especificando que ela é Light é necessário antes fazer análises laboratoriais de pH, sólidos totais, densidade e teor alcoólico que comprovem esta alegação. A norma técnica do MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento) define como Light as cervejas cujo conteúdo tenha 25% a menos nutrientes em relação às cervejas comuns da mesma região e segundo esta NT, o valor energético da cerveja pronta para o consumo deve ser no máximo 35 Kcal por 100 ml. Por definição a cerveja é uma bebida tradicionalmente alcoólica, cerca de 5 a 9%, pois a fermentação é um processo biológico que transforma o açúcar em álcool e para que possamos obter uma cerveja *zero cal* seria necessária que ela fosse 0% de álcool, já que em cada grama de álcool estão contidos 7 Kcal. O processo de fabricação de

uma cerveja com baixo teor alcoólico consiste em se diminuir o tempo de fermentação, reduzir a quantidade de açúcares presentes no mosto e/ou retirar as moléculas de álcool através de técnicas modernas de físico-química, contudo as cervejas sem álcool representam menos de 1% do mercado global.

Sobre a classificação de uma cerveja sem álcool podemos afirmar que:

Para ser considerada sem álcool, a cerveja não pode conter mais do que 0,5% de teor alcoólico, e nesse caso não é obrigatório declarar o conteúdo alcoólico no rótulo. A regra vale no Brasil (Decreto nº 2.314, de 4/9/1997, Art. 66, item IIIa) e praticamente em todo o mundo. Uma exceção é o Reino Unido, onde vigora uma classificação mais rigorosa: somente cervejas com teor menor que 0,05% apv podem ser chamadas “sem álcool” (alcohol free); acima desse percentual até o limite de 0,5% apv devem ser chamadas de “desalcoholizadas” (de-alcoholized), e entre 0,5% e 1,2% apv devem ser classificadas como “de baixo teor alcoólico”. (MORADO, 2017, p.186).

## **2.1 – Metodologia**

Atualmente existem várias técnicas oficiais baseadas em propriedades físicas e químicas que podem ser empregadas para análises de cervejas. Os açúcares, sejam eles redutores, não redutores ou totais, devido ao fato de possuírem diferentes tipos de dulçor e se tratarem de edulcorantes são amplamente utilizados nas indústrias alimentícias e o conhecimento de sua composição em cada tipo de alimento ou bebida auxilia diretamente no controle da qualidade que é imposto e limitado pela legislação. O consumo exagerado destes aditivos alimentares leva a diversos problemas principalmente a obesidade e o diabetes. No presente trabalho foram escolhidos os métodos de Lane-Eynon para determinação dos açúcares e o método de medição com o refratômetro para determinação da densidade, por se tratarem de métodos simples e bastante empregados nas indústrias devido ao seu baixo custo e praticidade.

Os açúcares solúveis fazem parte da grande maioria dos alimentos possibilitando sua determinação quantitativa e qualitativa através da redução de cátions, como cobre e prata, devido sua capacidade de óxido-redução o que afeta a coloração das soluções que o contém. No entanto, a sacarose não possui esta característica sendo necessário um tratamento hidrolítico prévio feito em meio ácido forte ou através da ação de enzimas. A hidrólise da sacarose é de grande importância sob vários pontos de vista dentre os quais podemos destacar o fato

desta fazer parte da dieta dos seres humanos sendo hidrolisada no intestino delgado onde a molécula glucose é rapidamente conduzida ao fígado por processo ativo além do fato que os açúcares são muito presentes nos hábitos alimentares principalmente de pessoas mais jovens, portanto, faz-se importante que a dosagem deva ser de grande precisão para garantia da qualidade do produto final.

### 2.1.1 – Determinação do pH

Definido como a concentração dos íons de hidrogênio ou de hidroxila (pOH), os valores adimensionais do pH são medidos em caracteres ácido ( $0,00 < \text{pH} < 7,00$ ), neutro ( $\text{pH} = 7,00$ ) e alcalino ( $7,00 < \text{pH} < 14,00$ ). O Phmetro é um aparelho que mede por via potenciométrica este valor através da *ddp* (diferença de potencial) entre a solução padrão que se encontra dentro do bulbo de vidro do eletrodo e a substancia que se deseja examinar. As análises de Ph foram feitas através de aparelho Phmetro digital da marca Akso, modelo AK 90 que foi previamente calibrado.

#### 2.1.1.1 - Materiais e equipamentos

- \* pHmetro;
- \* Água destilada;
- \* Solução padrão pH 4,0;
- \* Solução padrão pH 7,0;
- \* Béquer de 100 ml

Figura 2 – Aparelho pHmetro digital



### 2.1.2- Determinação de açúcares totais (AT)

A titulometria Lane-Eynon leva em consideração a estequiometria de uma reação onde uma quantidade de um reagente de concentração conhecida é consumida pela a amostra analisada. Este método também é conhecido como



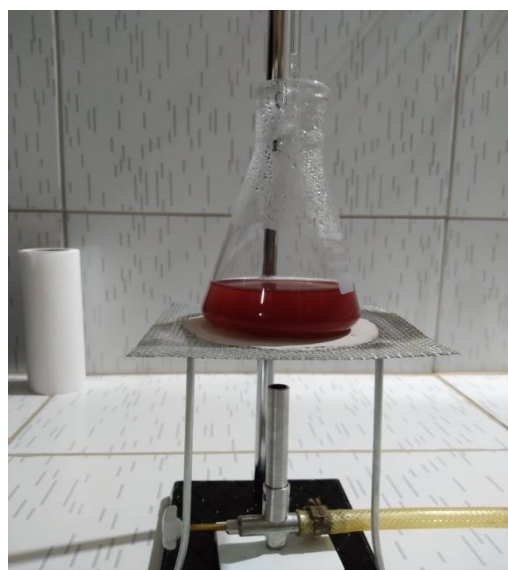
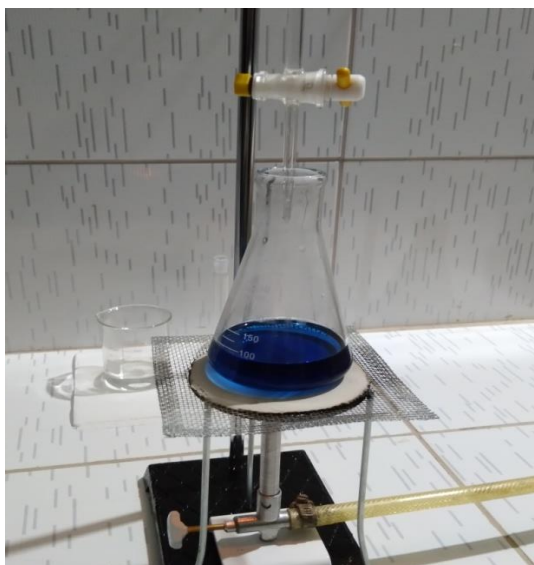
Método de Fehling e consiste na redução dos íons cúpricos de uma solução de ácido tartárico com cobre alcalino que ocorre devido a presença de açúcares redutores. Esta reação forma um precipitado de óxido cuproso. Nesta reação, o tartarato de sódio e potássio forma um sal com  $\text{Cu}^{2+}$ , de coloração azul anil, que sofre redução e resulta em óxido cuproso, de coloração avermelhada. O monossacarídeo é oxidado e isto resulta em um sal sódico (TAVARES *et al.*, 2010).

#### 2.1.2.1 - Materiais e equipamentos

- \* Solução Fehling A e Fehling B;
- \* Água destilada;
- \* Erlenmeyer de 250 ml;
- \* Bico de Bunsen;
- \* Pipeta graduada de 10 ml;
- \* Bureta graduada de 50 ml.

A solução inicial é azul e após a titulação a coloração muda para vermelho-tijolo, conforme as figuras.

Figura 3 – Demonstração do ponto de viragem da titulação



Créditos: Efraim Grangeiro

#### 2.1.3 – Determinação de sólidos solúveis (°Bx)

A refração ocorre com a mudança da direção que um feixe de luz faz ao trocar de meio e é medida em graus para a determinação do ângulo de refração. "O refratômetro mede este desvio e retorna um valor de índice de refração, que é comparado a um padrão, previamente calibrado" (CALDAS *et al.*, 2015). A unidade utilizada é o grau Brix ( $^{\circ}\text{Bx}$ ) onde  $1^{\circ}\text{Bx}$  representa a quantidade de 1g de compostos solúveis a cada 100 g de solução. Esta medida varia de acordo com a concentração da solução assim se obtivermos, por exemplo, uma leitura de  $15^{\circ}\text{Bx}$  em uma amostra de 100 g de água e sacarose significa dizer que ela tem 15g de sacarose. A leitura é feita de forma instantânea bastando se aplicar uma gota da solução a ser analisada no prisma do aparelho e a observação da escala pela lente ocular.

#### 2.1.3.1 - Materiais e equipamentos

- \* Refratômetro
- \* Água destilada
- \* Conta gotas

Figura 4 – Aparelho refratômetro de escala dupla (SG/Brix)



Disponível em: <https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1217970695-refratmetro-merceja-artesanal-brix-og- JM>

Foram utilizadas três gotas do líquido no prisma do equipamento para a leitura da medida.

#### 2.1.4 – Determinação da densidade relativa

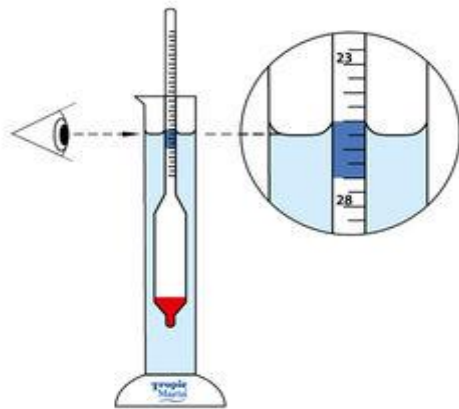
Conforme Palmer (2006), um densímetro mede a relação entre a densidade da água pura e a água com açúcar dissolvido de acordo com o quanto ele flutua na solução.

#### 2.1.4.1 - Materiais e equipamentos

- \* Densímetro;
- \* Proveta de 250 ml;

Colocou-se 200 ml do líquido na proveta e mergulhou-se o aparelho deixando flutuando até a sua estabilização observando o valor indicado na sua escala.

Figura 5 – Demonstração da leitura do densímetro



Disponível em: <https://www.robinhobeer.com.br>

#### 2.1.4 – Determinação do teor alcoólico

“A diferença entre os valores de OG e os valores de FG corresponde a quantidade do açúcar consumido na fermentação e, conseqüentemente, determina o teor alcoólico produzido.” (MORADO, 2017, p. 208 ).

#### 2.1.4.1 – Materiais e equipamentos

- \* Tabelas de conversão;
- \* Refratômetro;

Tabela 1: Correção da densidade de acordo com a temperatura.

Temp °C	Correção	Temp °C	Correção	Temp °C	Correção
1	(1,7)	30	2,5	59	14,3
2	(1,7)	31	2,8	60	14,8
3	(1,8)	32	3,1	61	15,3
4	(1,8)	33	3,4	62	15,8
5	(1,8)	34	3,7	63	16,4
6	(1,7)	35	4,1	64	16,9
7	(1,7)	36	4,4	65	17,5
8	(1,6)	37	4,8	66	18,0
9	(1,6)	38	5,1	67	18,6
10	(1,5)	39	5,5	68	19,1
11	(1,4)	40	5,9	69	19,7
12	(1,3)	41	6,2	70	20,3
13	(1,2)	42	6,6	71	20,8
14	(1,1)	43	7,0	72	21,4
15	(0,9)	44	7,4	73	22,0
16	(0,8)	45	7,8	74	22,6
17	(0,6)	46	8,3	75	23,2
18	(0,4)	47	8,7	76	23,8
19	(0,2)	48	9,1	77	24,4
20	(0,0)	49	9,5	78	25,0
21	0,2	50	10,0	79	25,7
22	0,4	51	10,4	80	26,3
23	0,6	52	10,9	81	26,9
24	0,9	53	11,4	82	27,6
25	1,1	54	11,8	83	28,2
26	1,4	55	12,3	84	28,9
27	1,6	56	12,8	85	29,5
28	1,9	57	13,3	86	30,2
29	2,2	58	13,8	87	30,9

Disponível em: <https://www.hominilupulo.com.br/calcular-alcool-cerveja/>

Tabela 2: Percentual de álcool por volume

Tabela 2 - Percentual de álcool por volume (ABV) pela densidade Original e densidade Final.

x	1.030	1.035	1.040	1.045	1.050	1.055	1.060	1.065	1.070	1.075
0.998	4.1	4.8	5.4	6.1	6.8	7.4	8.1	8.7	9.4	10.1
1.000	3.9	4.5	5.2	5.8	6.5	7.1	7.8	8.5	9.1	9.8
1.002	3.6	4.2	4.9	5.6	6.2	6.9	7.5	8.2	8.9	9.5
1.004	3.3	4.0	4.6	5.3	5.9	6.6	7.3	7.9	8.6	9.3
1.006	3.1	3.7	4.4	5.0	5.7	6.3	7.0	7.7	8.3	9.0
1.008	2.8	3.5	4.1	4.8	5.4	6.1	6.7	7.4	8.0	8.7
1.010	2.6	3.2	3.8	4.5	5.1	5.8	6.5	7.1	7.8	8.4
1.012	2.3	2.9	3.6	4.2	4.9	5.5	6.2	6.8	7.5	8.2
1.014	2.0	2.7	3.3	4.0	4.6	5.3	5.9	6.6	7.2	7.9
1.016	1.8	2.4	3.1	3.7	4.4	5.0	5.7	6.3	7.0	7.6
1.018	1.5	2.2	2.8	3.4	4.1	4.7	5.4	6.0	6.7	7.3
1.020	1.3	1.9	2.5	3.2	3.8	4.5	5.1	5.8	6.4	7.1
1.022	1.0	1.6	2.3	2.9	3.6	4.2	4.9	5.5	6.2	6.8
1.024	0.8	1.4	2.0	2.7	3.3	4.0	4.6	5.2	5.9	6.5

Disponível em: <https://www.hominilupulo.com.br/calcular-alcool-cerveja/>

O cálculo da porcentagem alcoólica é feito utilizando as tabelas 1 de correção da densidade de acordo com a temperatura e a tabela 2 de percentual de álcool por volume (ABV) pela densidade original (OG) e densidade final (FG).

## 2.2 – Procedimentos

Para este experimento foi escolhido a produção de uma cerveja artesanal tipo *Lager* onde foi utilizado os maltes *lager* e trigo claro, lúpulo *Hersbrucker* e levedura. Foram produzidas duas bateladas de 10 litros cada, onde foi adicionada a enzima *Brut Glucoamilase em apenas uma delas*. As cervejas foram denominadas para fins deste experimento como “cerveja A” a que continha a enzima GLA e “cerveja B” a que foi produzida sem o uso deste aditivo. Na composição de cada bebida foram utilizados 1,5 kg de malte *lager* e 0,5 kg de malte trigo claro que foram cozidos a 65° C por uma hora em 5 litros de água mineral. Ao final do cozimento foi feita a lavagem (*sparge*) do bagaço do malte com 7 litros de água previamente fervida e resfriada a 60°C. Em seguida foi feita a etapa de fervura para esterilização do mosto por 1h 20m e adicionado o 10 g de lúpulo no início da fervura para conferencia de sabor/amargor e 5 g de lúpulo nos últimos 5 minutos da fervura para conferencia de aroma a cerveja, obtendo-se após as percas por evaporação a quantidade de 10 litros de mosto.

Após o resfriamento para temperatura de 20° C foi inoculado 7 g da levedura e acondicionado em balde fermentador e mantido a temperatura de 12°C por 12 dias. Na “cerveja A” que foi adicionada a enzima esta foi inoculada no terceiro dia da fermentação. Ao final desta etapa, foi preparado o *priming* (solução de açúcar cristal e água) na proporção de 7g de açúcar para cada litro de cerveja e colocado 07 ml desta solução em cada garrafa de 600 ml onde foi engarrafado e tampado evitando-se assim a entrada de oxigênio. Em seguida foi esperado um tempo de maturação de 15 dias a temperatura de 2° C para que ocorresse a carbonatação das cervejas e finalizasse seu ciclo de produção.

Ao final do processo de produção das cervejas, iniciaram-se a as análises propriamente ditas. O primeiro parâmetro analisado foi o pH. Foram colhidas amostras de 50 ml de cada produto, agitadas em béquer de 250 ml para descarbonatação e feita a medição com aparelho Phmetro digital, previamente calibrado com soluções padrão de pH 4.0 e 7.0.

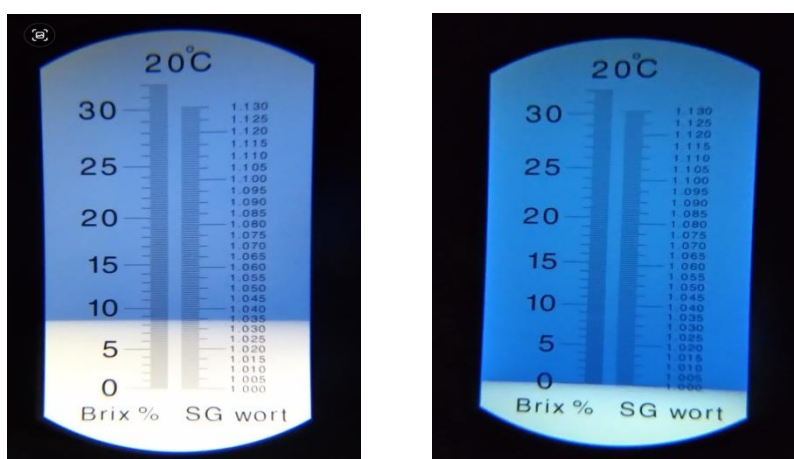
Figura 6 – Medição do pH



Créditos: Efraim Grangeiro

Os sólidos solúveis foram medidos com o líquido a aproximadamente 20°C através de aparelho refratômetro com escala dupla SG e °Brix, antes da fermentação (OG) e após a fermentação (FG).

Figura 6 – Visualização da escala do refratômetro



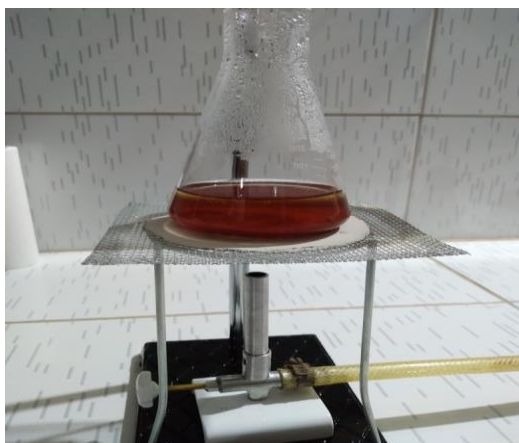
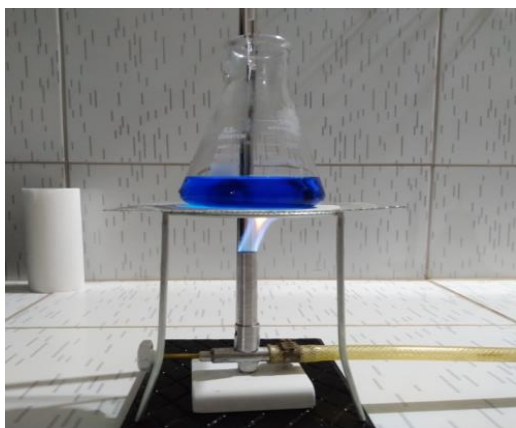
Créditos: Efraim Grangeiro

O teor alcoólico foi quantificado com o uso das tabelas de referência obtendo-se os resultados pela interseção entre a coluna da OG com a linha da FG e confirmado através do cálculo com a equação 01 proposta no livro *The Complete Joy of Homebrewing* (2014), de Charlie Papazian.

$$\% \text{ ABV} = 131,25 \times (\text{OG} - \text{FG}) \quad (\text{Equação 01})$$

A análise de teor de açúcar total foi realizada através do método Lane-Eynon. Cada amostra foi descarboxada em béquer de 100 ml através de agitação com bastão de vidro, colocada em quantidade de 50 ml na bureta e procedida a titulação com os reagentes de Fehling. Foi adicionado em erlenmeyer 5 ml da solução de Fehling A e 5 ml da solução de Fehling B que foram diluídas com 40 ml de água destilada e em seguida foi levada para o aquecimento até a fervura. Iniciada a ebulição foi vertido o conteúdo da bureta e feita a titulação até que desaparecesse totalmente a coloração azul dos reagentes sendo este o ponto de viragem com o surgimento da coloração vermelho tijolo e restando um resíduo avermelhado no fundo do recipiente conforme metodologia de Adolf Lutz que são ilustradas nas figuras abaixo.

Figura 7 – Demonstração da titulação



Creditos: Efraim Grangeiro

Tabela 3 – Valores da titulação

<b>Cerveja A</b>	<b>Cerveja B</b>
A= 50 ml	A= 50 ml
a= 0,056	a= 0,056
P= 49,0 g	P= 49,02 g
V= 12,6 ml	V= 8,8 ml

Os dados obtidos foram substituídos na equação 02 proposta por Adolf Lutz (2008) para cálculo de teor de açúcar total.

$$AT = \frac{100 \times A \times a}{P \times V} \quad (\text{Equação 02})$$

Onde,

AT = Açúcar Total % m/m

A = n° de ml da amostra

a = n° de g de glicose correspondente a 10 ml de Fehling A e B

P = massa da amostra (g)

V = volume escoado da bureta (ml)

De acordo com a metodologia descrita, os valores médios das triplicatas das análises físico-químicas encontram-se na tabela 4.

Tabela 4 – Resultados finais das análises

<b>Determinações</b>	<b>Mosto</b>	<b>Cerveja A</b>	<b>Cerveja B</b>
pH	5.8	4.4	4.3
Teor alcoólico (ABV)	-	3,5%	3,1%
Sólidos solúveis (° Brix)	9.0	2.8	3.0
Açúcar total (%m/m)	-	0,45%	0,65%
Densidade relativa (g/cm <sup>3</sup> )	10.38	10.11	10.15



### 3 - RESULTADOS E DISCUSSÕES

De acordo com os resultados das análises verifica-se a atuação da enzima Glucoamilase na quebra dos açúcares residuais não fermentáveis do mosto, o que proporcionou um maior teor alcoólico (ABV 3,5%) na cerveja produzida com este insumo. A maioria das cervejas artesanais possuem ABV entre 2% e 7%, isto é, cada 300 ml da bebida contém de 6 a 21 ml de álcool.

Sobre a densidade relativa os resultados foram intrínsecos obtendo-se uma OF menor na cerveja A (OF 10.11) e maior na cerveja B (OF 10.15) devido ao fato das leveduras consumirem mais açúcares e conseqüentemente diminuir a densidade do líquido que as continha. Os valores foram comparados com os padrões definidos pela ANVISA no decreto nº 2.314/1997 (BRASIL, 1977) e estão dentro das faixas estabelecidas para densidade relativa e teor alcoólico.

Por se tratarem de cervejas puro malte os resultados para os valores de sólidos solúveis, ficaram dentro dos limites. No mosto onde o açúcar é concentrado o teor por 100g de amostra ficou em 9,00 g e nas cervejas os resultados tiveram pequena diferença, sendo 2,8 g a cerveja A e 3,0 g a cerveja B. Os efeitos da enzima e possíveis diferenças na hora do preparo das bebidas podem explicar a diferença de dulçor entre as amostras o que ficou comprovado na análise do açúcar total (AT).

Para as análises de pH, as amostras apresentaram valores inferiores a 4,5 (4.4 cerveja A e 4.3 cerveja B) o que é de grande importância para manter a bebida livre de micro-organismos patogênicos, evitando também posteriores contaminações, sobretudo pelo o *Clostridium botulinum*, causador do botulismo (HOFFMANN, 2001).

### REFERÊNCIAS

APCV. **Associação Portuguesa dos Produtores de Cerveja**. 2012 BELTRAMELLI, Mauricio. Cervejas, brejas e birras. 2.ed. São Paulo: Leya, 2014. CASCUDO, Luís da Camara. **Prelúdio da cachaça**. São Paulo: Global, 1962.

BRASIL, **Leis e decretos, etc**. Instrução Normativa nº 65, de 10 de dezembro de 2019, do Ministério da Agricultura. DOU. Anexo I, p.6.

CALDAS, B. S. et al. Determinação de açúcares em suco concentrado e néctar de uva: comparativo empregando refratometria, espectrofotometria e cromatografia líquida. **Scientia Chromatographica**, v. 7, n. 1, p. 53-63, 2015.

EVANGELISTA, R. R. Análise do processo de fabricação industrial de cerveja. São Paulo, **Título de Graduação**, Fatec Araçatuba, 2012, 50p.

HOFFMANN, F. L. Higiene: Fatores limitantes à proliferação de microorganismos em alimentos. **Brasil alimentos**, São Paulo, Signus Editora Ltda, n. 9 – Jul./Ago. 2001.

LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise** / Instituto Adolfo Lutz (São Paulo). Coordenadores Odair Zenebon, Neus Sadocco Pascuet e Paulo Tiglea -- São Paulo: 2008.

MAFRA, G P. **Análise Físico-Química de Cerveja American Lager maturada com pimenta rosa (Aroeira)**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, p. 42, 2018.

MORADO, Ronaldo. Larousse da Cerveja: **A história e as curiosidades de uma das bebidas mais populares do mundo**. 1ª edição. São Paulo. Alaúde Editorial, 2017.

MORETTO, et al.; **Introdução a ciência de alimentos** / Eliane Moretto... [et al.] 2. Ed. ampliada e revisada – Ed. da UFSC, Florianópolis: 2008.

O MAPA da cerveja no Brasil. **Beer art**, 2021. Disponível em: <<https://revistabeerart.com/news/cervejarias-brasil>>. Acesso em: 14 de jul. de 2021.

PALMER, J. J. **How to brew: everything you need to know to brew beer right the first time**. Brewers Publications, 2006.

PINTO, M. C. F. Medição in loco: **Temperatura, pH, Condutividade Elétrica e Oxigênio Dissolvido**. CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. Serviço Geológico do Brasil, Belo Horizonte, 2007.

SANTOS, Sergio de Paula. **Os Primórdios da Cerveja no Brasil**. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.

SILVA, R. N. et al. Comparação de métodos para determinação de açúcares redutores e totais em mel. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 23, n. 3, p. 337-341, dezembro de 2003.

TAVARES, J. T. de Q. et AL. Interferência do Ácido Ascórbico na Determinação de Açúcares Redutores pelo Método de Lane e Eynon. **Química Nova**, São Paulo, v. 33, n.4, p. 805-809, 2010. Disponível em:

<<https://www.scielo.br/j/qn/a/dNKDBb4SSZyrscyvcnWtJpJ/?lang=pt>>. Acesso em:  
05 de jul. de 2021.