



Desenvolvimento e aplicação de língua eletrônica na avaliação de cervejas

Palavras-Chave: CERVEJA, LÍNGUA-ELETRÔNICA, MICROFLUÍDICA, E-TONGUE

Autores(as):

Luigi Principessa Micheleto, FEA – Unicamp

Prof. Dr. Douglas Fernandes Barbin (orientador), FEA - Unicamp

Tatiana Americo da Silva (coorientadora), FEA – Unicamp

INTRODUÇÃO:

No ano de 2023, o Brasil foi registrado como o terceiro maior consumidor de cerveja do mundo, somando mais de 112 milhões de hectolitros da bebida, com destaques para as empresas Ambev, Heineken e o Grupo Petrópolis (ABRASEL, 2024). Isso mostra como o produto é importante para o mercado brasileiro de bebidas, e conseqüentemente a importância de manter um controle de qualidade quanto à sua produção e autenticidade.

A língua eletrônica, ou e-tongue, é um dispositivo analítico multissensorial que capaz de identificar características físico-químicas em amostras de interesse, de acordo com os materiais e sensores utilizados. Este tipo de equipamento é de interesse para indústrias e agências de controle, que permite um controle contínuo de produtos, sem a necessidade de expor seres humanos a testes sensoriais ou reagentes químicos, sendo financeiramente atrativo devido ao baixo custo em comparação com métodos tradicionais.

O objetivo deste trabalho é analisar diferentes cervejas a partir de uma língua eletrônica microfluídica, observando a capacidade de distinguir as diferentes amostras, suas semelhanças e diferenças. Esta interpretação será avaliada junto com os resultados obtidos pela e-tongue e os resultados de análises físico-químicas.

METODOLOGIA:

Para o projeto, foram escolhidos alguns parâmetros de qualidade de cervejas para serem avaliados em testes físico-químicos e, posteriormente, analisados junto dos resultados obtidos com a língua eletrônica. Os parâmetros e seus métodos estão listados abaixo.

1. Sólidos solúveis (°Brix) e pH

Os valores de pH e sólidos solúveis de cada amostra de cerveja foram obtidos utilizando equipamentos de medição utilizados em métodos de referência, sendo um pHmetro (MB-10, MS Tecnopon Equipamentos Especiais LTDA, Brasil) e um refratômetro digital portátil (HI96800, Hanna Instruments, Brasil) respectivamente, ambos em triplicatas.

2. Cor (EBC)

Os valores de cor foram determinados utilizando o método oficial da ASBC (*American Society of Brewing Chemists*), que se trata da medição da absorvância das amostras através de um espectrofotômetro (760 U, PG Instruments Limited, Reino Unido) calibrado em um comprimento de onda de 430nm (Fulgêncio et al., 2020), obtendo um valor na unidade de cor EBC (*European Brewery Convention*), segundo a fórmula abaixo.

$$EBC=A430*25*Fd$$

Sendo A430 o valor medido de absorvância à 430nm, e Fd o fator de diluição caso necessário.

3. Amargor (IBU)

O amargor foi determinado pelo método oficial da ASBC, no qual 10 mL de cerveja degaseificada é misturada com 0,5 mL de HCl a uma concentração de 6M e 20 mL de iso-octano, e então agitada por 2 minutos (Nascimento et al., 2020). Em seguida, é medida a absorvância à 275 nm em espectrofotômetro (760 U, PG Instruments Limited, Reino Unido) em triplicatas tomando como referência uma cubeta contendo iso-octano puro. Por fim, o resultado é multiplicado por um fator de 50 para obter os valores de amargor em IBU (*International Bitterness Units*), unidade internacional de amargor.

4. Acidez total titulável

A acidez total foi medida ao titular 25 mL de cerveja degaseificada com uma solução de NaOH à 0,1 M de concentração, utilizando fenolftaleína como indicador. O volume de interesse é atingido com o aparecimento de uma coloração rosa-clara que persistisse por 1 minuto (Silva et al., 2022). Em casos de amostras mais escuras, foi necessário usar o pHmetro (MB-10, MS Tecnopon Equipamentos Especiais LTDA, Brasil) para acompanhar a titulação até um valor de 8,2. Encerradas as medições, foi utilizada a fórmula abaixo para encontrar o valor de acidez total pela concentração de ácido láctico da amostra.

$$TA=V*0,925; \text{ Sendo } V \text{ o volume de NaOH } 0,1 \text{ utilizado, em mL.}$$

5. Compostos fenólicos totais

Para análise de compostos fenólicos totais, foi necessário realizar uma curva de calibração. Foi utilizado carbonato de sódio a 10%, Folin-Ciocalteu a 3% e ácido gálico variando de 2 a 20 mg/L, totalizando 10 concentrações diferentes. Para cada solução foram feitos 15 mL, sendo 3 mL de ácido gálico na concentração desejada, 9 mL da solução de carbonato de sódio e 3 mL da solução de Folin. As soluções foram deixadas ao abrigo da luz descansando por uma hora, depois a leitura foi feita em 760 nm em espectrofotômetro (760 U, PG Instruments Limited, Reino Unido), em triplicatas, com as soluções de Folin e carbonato de sódio como branco (Habschied et al., 2020). O resultado foi a seguinte curva de calibração:

$$\text{abs} = 0,0128*\text{conc} + 0,0065, \text{ com } R^2 = 0,998$$

Em triplicatas, foram acrescentados em tubos de ensaio (nessa ordem): 1 mL da amostra de cerveja, 3 mL da solução de carbonato de sódio e 1 mL da solução de Folin, enquanto o branco foi preparado apenas com 3 mL de carbonato de sódio e 1 mL de Folin. Após agitados levemente, os tubos foram colocados na geladeira para descansar por 1h, embrulhados em papel alumínio, e então as amostras foram analisadas no espectrofotômetro a 760 nm, com o branco como referência. Os resultados em absorvância foram tratados na equação da curva de calibração para enfim obter o valor da concentração de compostos fenólicos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

Os resultados obtidos de cada parâmetro dos testes físico-químicos foram tratados com o software “MiniTab”, através do método Anova, e as médias dos resultados de cada amostra foram agrupados na Tabela 1 abaixo.

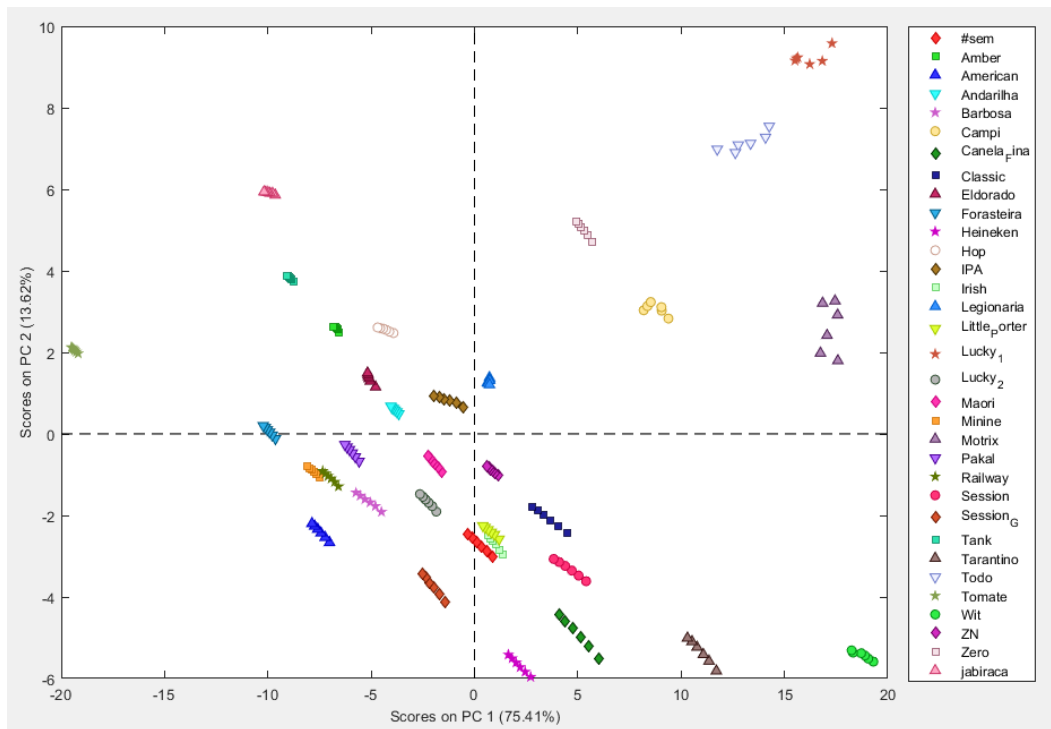
Tabela 1 – Resultados das análises físico-químicas

Cerveja	Médias dos Parâmetros					
	°Brix	pH	Cor (EBC)	Concentração de Fenólicos	Acidez Total	Amargor (IBU)
Amber	7,5±0,12	4,5±0,01	39,8±14,04	26,2±1,22	0,28±0,006	27,1±0,29
American	4,9±0,06	4,3±0,02	24,2±3,82	34,4±6,83	0,24±0,007	27,4±0,09
Andarilha	8,1±0	4±0,01	112,4±12,2	36,9±0,3	0,33±0,012	21±1,12
Barbosa	15,9±0,15	4,5±0,11	10,1±0,09	34,1±0,93	0,45±0,002	27,5±0,21
Campi	6,4±0,06	4,4±0,01	7,6±3,22	29,6±0,48	0,3±0,006	18,3±2,42
Canela Fina	6,4±0,06	4,4±0,02	32,5±5,57	32,1±0,6	0,3±0,011	11,7±1,31
Classic	5±0,1	4±0,08	0,9±0,14	31,8±0,27	0,23±0,002	20,7±0,04
Eldorado	8,5±0	4,3±0,01	16,5±5,13	44,3±24,2	0,31±0,006	37,6±0,68
Forasteira	7,4±0,06	4,4±0,01	16±1,64	30,1±0,16	0,38±0,012	36,8±1,05
Heineken	5,4±0,06	4,5±0,06	15±1,63	31,9±0,66	0,18±0,004	18,9±0,16
Hop	7,5±0,06	4,5±0,01	9,8±1,8	30,2±0,25	0,32±0,006	24,5±2,03
Ipa	8,5±0,06	4,7±0,01	5,4±0,31	39,3±0,35	0,3±0,004	45,1±0,28
Irish	5,2±0,2	4,1±0,04	5,8±0,44	34,4±0,41	0,34±0,002	15,4±0,23
Jabiraca	5,5±0,1	4,6±0,01	2,7±0,16	19,6±1,39	0,23±0,019	61,3±1,21
Legionaria	6,8±0,06	4,5±0,01	10,8±2,82	38,2±0,31	0,27±0	10,6±1,64
Little Parter	6,2±0	4,1±0,01	11,8±0	37,5±0,9	0,29±0,006	9,4±0,34
Lucky	6±0	4,1±0,02	4,8±0,14	33,9±1,56	0,3±0,004	13,5±0,09
Lucky2	5,7±0	4,1±0,01	4,6±0,16	34,7±1,22	0,24±0,004	30,8±0,47
Maori	6,1±0	4,6±0,01	15,5±7,37	26±1,25	0,3±0,006	19,3±0,44
Minine	5,9±0	4,6±0,02	59,6±2,48	32,8±0,27	0,22±0,009	21,5±0,53
Miracle	7,2±0,1	4,5±0,02	21,1±2,88	28,5±1,1	0,64±0,02	36,3±2
Motrix	5,8±0	4,7±0,01	1,2±0,1	32,8±1,82	0,27±0,002	17±0,11
Pakal	8,3±0	4,4±0,02	80±13,33	32,6±2,36	0,24±0,006	27,9±0,53
Pink Berry	10±0,08	3,3±0,01	9,8±2,13	29,5±1,94	0,73±0,025	8,6±0,15
Railway	7,2±0	4,2±0,01	5,6±0,33	39,1±5,59	0,26±0,004	22,9±0,24
#Sem	7±0	4,6±0,01	12,8±3,68	15,9±2,07	0,19±0,02	13,7±1,17
Sem Rotulo	5,2±0,27	3,2±0,03	10,1±0,52	52±1,12	0,67±0,002	10,2±0,06
Session	5,5±0,06	4,2±0,01	1,4±0,14	35,6±2,1	0,23±0,002	32,9±0,54
Session G	5,7±0,06	4,3±0,01	3±0,48	29,9±0,43	0,19±0,004	31,9±0,29
Tank	9,7±0,06	4,4±0,01	26,1±4,84	26,8±0,48	0,38±0,01	43,2±1,82
Tarantino	5,4±0,06	4,4±0,01	6,3±1,61	33±4,73	0,23±0,01	27,5±0,93
Todo	5,2±0,12	4,4±0,03	13,3±7,52	26±0,2	0,26±0,006	28,6±1,34
Tomate	6,5±0,1	3,5±0,01	14,1±3,74	34,8±0,24	0,65±0,006	11,3±0,79
Wheat	5,8±0	4,3±0,01	9,3±2,88	32,1±0,51	0,29±0,01	22,5±0,07
Wit	6,5±0,06	4,3±0,01	13,3±9,83	33,8±1,21	0,25±0,006	16±0,77
Zero	4,9±0	4,5±0,06	9±3,9	24,2±1,04	0,14±0,01	21,3±1,36

Zn	6,1±0,06	4,6±0,01	1,1±0,72	33,1±4,22	0,25±0,006	24,7±0,98
----	----------	----------	----------	-----------	------------	-----------

A análise das amostras com a língua eletrônica gerou dados de impedância (Z) por frequência (Hz), e utilizando o software “Matlab”, foi possível utilizá-los para realizar um teste PCA, gerando um gráfico de scores com todas as amostras. No entanto, uma das cervejas, “Pink Berry”, estava muito distante das demais, atrapalhando a análise, e foi necessário ocultá-la e realizar uma nova análise sem ela, que revelou outras amostras igualmente destoantes, “Miracle”, “Wheat” e “Sem Rotulo”. Então uma terceira análise PCA foi feita, gerando a figura 1 abaixo.

Figura 1 – Resultado do teste PCA

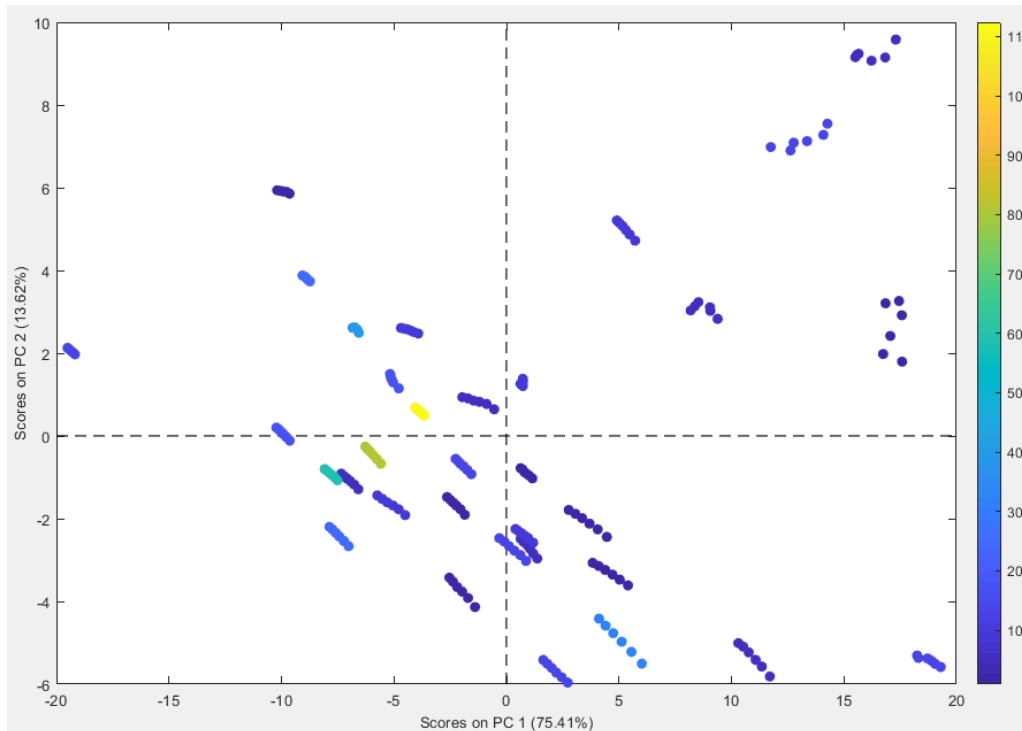


Com isso, é possível aplicar filtros de cor com os resultados das análises de referência para identificar possíveis correlações entre eles. Tomando como exemplo uma análise com o parâmetro “cor” (Figura 2), é possível observar pela escala ao lado direito um gradiente de cores gerado pela própria ferramenta PCA, onde os valores mais altos de cor são mais amarelados e os valores mais fracos são azuis com tonalidade mais escuras.

Contudo, as amostras não aparentam se dispor de forma que revele uma tendência clara de aumento ou redução da intensidade de cor, dado que as cervejas com valores mais amarelados estão em meio aos azuis mais fortes, o que não deveria acontecer em um gradiente com boa correlação dos parâmetros, evidenciando a falta de tendência nas medições da língua eletrônica em relação à cor. Esse comportamento se repetiu ao aplicar o filtro com os demais parâmetros físico-químicos estudados no projeto. Dessa forma, pode-se concluir que a e-tongue não foi capaz de diferenciar as amostras de cervejas a partir dos parâmetros contemplados no estudo.

Por outro lado, nem todos os parâmetros de qualidade para a cerveja no mercado foram analisados nesta iniciação científica por questões de tempo e extensão do projeto. Sendo assim, futuras pesquisas podem avaliar a possibilidade de aplicar a língua eletrônica para a análise de cervejas a partir desses outros fatores, como é o caso do teor alcoólico, por exemplo.

Figura 2 – Teste PCA com filtro do parâmetro “Cor”



BIBLIOGRAFIA

Abrasel. **Levantamento revela aumento em vendas de cerveja no Brasil em 2023**. Disponível em URL: <<https://abrase.com.br/revista/mercado/levantamento-revela-aumento-em-vendas-de-cerveja-no-brasil-em-2023/#:~:text=Terceiro%20maior%20consumidor%20de%20cerveja,112%20milhões%20de%20hectolitros%20vendidos>>. Acesso em: 22 de abril de 2024.

Fulgêncio, A.C.C., Araújo, V.P.T., Pereira, H.V. et al. Development of a Simple and Rapid Method for Color Determination in Beers Using Digital Images. *Food Anal. Methods* **13**, 303–312 (2020). Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s12161-019-01634-0>. Acesso em: 16 de setembro de 2024.

Ivi Nascimento, Lucas Calado, Maria Eduarda Duncan, Bruna Trindade, Leandro Sphaier, Vinicius Silva, Fernando Peixoto. Interference in beer bitterness measurements caused by polymer tubes, *Journal of Food Engineering*, Volume 275, 2020, 109879, ISSN 0260-8774. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2019.109879>. Acesso em: 15 de setembro de 2024.

Habschied, K., Lončarić, A., & Mastanjević, K. (2020). Screening of Polyphenols and Antioxidative Activity in Industrial Beers. *Foods*, *9*(2), 238. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/foods9020238>. Acesso em: 16 de setembro de 2024.

Silva, S.; Oliveira, A.I.; Cruz, A.; Oliveira, R.F.; Almeida, R.; Pinho, C. Physicochemical Properties and Antioxidant Activity of Portuguese Craft Beers and Raw Materials. *Molecules* **2022**, *27*, 8007. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/molecules27228007>. Acesso em: 15 de setembro de 2024.