

Avaliação da coloração em cervejas via metodologia baseada em imagem digital

Evaluation of beer coloration using digital imaging methodology

RESUMO

Alexandre de Sousa Duarte
alexandreduartt@gmail.com
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Toledo, Paraná, Brasil

Rafael Admar Bini
rafaelbini@utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Toledo, Paraná, Brasil

Ricardo Schneider
rschneider@utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Toledo, Paraná, Brasil

A cerveja representa 78% do volume das bebidas alcoólicas consumidas no mundo. A cor da cerveja é o primeiro atributo sensorial de análise, pois está inconscientemente relacionada à aceitação do produto e à expectativa das características contidas em cada estilo. Além disso, o processo de fabricação passa por estágios nos quais o monitoramento da cor torna-se importante. Esse trabalho propõe desenvolver um protótipo de baixo custo para avaliação do índice de cor de cervejas e comparar com o método de referência (EBC 9.6). Preparou-se padrões simulando a faixa de cor da cerveja, capturou-se imagens das amostras aplicando diferentes intensidades de corrente (10, 15 e 20 mA) à fonte de iluminação e executou-se o processamento de imagem digital para obter o parâmetro pixel médio (p_m) em 4 regiões de interesse (ROI). Observou-se que o p_m não possui distribuição linear, porém, após aplicar o logaritmo à variável, obteve-se alto valor de R^2 , para região vertical com 15 mA de corrente, em função dos padrões de cor elaborados. A comparação entre os métodos aplicando à cervejas comerciais apresentou pequenos desvios, com $R^2=0.9729$. Entretanto, o dispositivo proposto apresentou eficiência para medida, além de reduzir o tempo de análise de amostras de cor escuras.

PALAVRAS-CHAVE: Cerveja. Cor. Processamento de imagens.

Recebido: 19 ago. 2019.

Aprovado: 01 out. 2019.

Direito autorial: Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.



ABSTRACT

Beer represents 78% of the volume of beverages alcohol consumed in the world. The color of beer is the first sensory attribute of analysis, as it is unconsciously related to the acceptance of the product and the expectation of the characteristics contained in each style. Furthermore, the manufacturing process goes through stages where color monitoring becomes important. This work proposes to develop a low cost prototype for the evaluation of the color index of beers and compare with the reference method (EBC 9.6). Patterns were prepared simulating the beer color range, images were captured by applying different current intensity (10, 15 and 20 mA) to the light source and digital image processing was applied to obtain the average pixel parameter. (p_m) in 4 regions of interest (ROI). It was observed that p_m has no linear distribution, however, after applying the logarithm to variable a high R^2 value was obtained, for the vertical region with 15 mA of current, depending on the elaborated patterns. The comparison between the methods applied to commercial beers presented small deviations, with $R^2 = 0.9729$. Nevertheless, the proposed device presented efficiency for measurement, in addition to, reducing the analysis time of dark color samples.

KEYWORDS: Beer. Color. Image processing.

INTRODUÇÃO

A cerveja é uma bebida produzida por fermentação alcoólica de cereais e com a adição de lúpulo, que contribui com características de aroma, sabor. A cor da bebida é, principalmente, determinada pelo *grist* de maltes utilizados na sua fabricação e da contribuição de reações bioquímicas que ocorrem no processo, dando origem a cor característica de cada estilo. Com 78% do consumo de bebidas alcoólicas no mundo a cerveja possui expectativas em relação ao seu estilo, sabor e aroma que estão intrinsecamente ligados à cor. Portanto, a padronização desse parâmetro, atuando como controle de qualidade, é um importante critério de aceitação e compra do produto (FENGXIA et al., 2004; SHELLHAMMER, 2009; OLADOKUN et al., 2016; CARVALHO et al., 2017).

Diferentes maneiras podem ser aplicadas para determinação da cor de cervejas. O primeiro método, desenvolvido por Joseph Lovibond em 1893, consiste na comparação visual entre a bebida e discos coloridos desenvolvidos em vidro. Esse método está sujeito a erros, uma vez que, há variação na percepção visual da cor entre técnicos que aplicam a medida. Outro método, análise de triestímulos, utiliza as coordenadas do sistema de cor CIELAB (*Commission Internationale de l'Eclairage L*a*b**), obtidas através de transformações matemáticas da leitura de transmitância no espectro visível (380 a 780nm). A terceira metodologia faz uso do espectrofotômetro, para medida, eliminando a subjetividade do analista, encontrada no método visual. A medida de cor através da análise instrumental, é a mais empregada e é a base dos métodos de análise de cor propostos pela *American Society of Brewing Chemists (ASBC)* e a *European Brewery Convention (EBC)* (SHELLHAMMER, 2009; LANGE, 2016).

A radiação eletromagnética que incide em uma substância é parcialmente absorvida e os comprimentos de onda não absorvidos, são transmitidos e, dão origem à cor complementar que é coloração resultante observada. Portanto, qualquer equipamento sensível a mudança de cor pode ser empregado para a quantificação de substâncias. Uma imagem adquirida através de um aparelho digital é o resultado do efeito descrito, em que a luz é convertida em corrente elétrica e gravada, numericamente, em uma matriz bidimensional. Cada elemento da matriz é definido como pixel e pode ser expresso em camadas independentes que representam as componentes do sistema de cor utilizado, como por exemplo o *Red-Green-Blue (RGB)* (GOMES et al., 2008; GODOY et al., 2018).

O método de análise de substâncias, através de imagens digitais, vem ganhando destaque em diversas linhas de pesquisa nos últimos anos (FENGXIA et al., 2004; GOMES et al., 2008; GODOY et al., 2018). As principais vantagens do estão associados ao baixo custo, confiabilidade, rápido resultados de análise e implementação de dispositivos em linhas de processos. Nesse contexto, objetivou-se desenvolver um dispositivo, de baixo custo, para avaliação do índice de cor de cervejas embasado em análise estatística de imagens digitais e comparar os resultados obtidos com o método espectrofotômetro *Analytica EBC 9.6*.

MATERIAL E MÉTODOS

Determinou-se o índice de cor de 44 amostras, elaboradas com Etanol P.A 99,8% marca Alphatec Química Fina, Sinamar® comercializado pela empresa

Weyermann® e água destilada, através do método 9.6 *Analytica-EBC* (EBC, 2004). O Sinamar® é um produto comercial, obtido do malte de cevada torrada sem casca aplicado no ajuste e/ou incremento de cor na cerveja, que permite a confecção das amostras analisadas (LANGE, 2016). Os padrões elaborados abrangem a faixa de 0 a 94 EBC e representam a ampla distribuição de cor da cerveja, que varia entre amarelo palha, avermelhada, âmbar até preto opaco (SHELLHAMMER, 2009).

Obteve-se 30 imagens digitais para cada amostra, através do dispositivo proposto, aplicando 3 correntes de intensidade, 10, 15 e 20 mA ao LED de iluminação. Com as imagens capturadas, calculou-se o pixel médio (p_m) de cada região de interesse (ROI), aplicando a Eq. (1). Em que I^k , para $k=\{1, 2, 3, 4\}$, representa uma das camadas dos sistemas de cor **{R, G, B e GrayScale}**, respectivamente, N é o número de linhas e M de colunas da matriz.

$$p_m = \frac{1}{N \times M} \times \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M I_{ij}^k \quad (1)$$

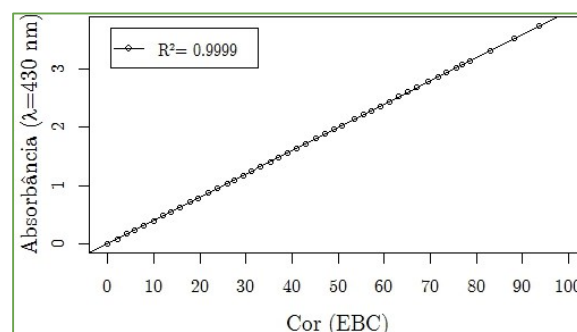
Aplicou-se o método dos mínimos quadrados em função das correntes do LED e do p_m para 4 ROI's. Determinou-se o melhor modelo em termos R^2 , erro relativo, teste de falta de ajuste e dispersão dos resíduos. Calculou-se os limites de quantificação (LOQ) e detecção (LOD) como avaliação de resposta e sensibilidade do dispositivo. Para comparação entre o método EBC 9,6 e por análise de imagem, determinou-se o índice de cor de 7 amostras de cervejas comerciais.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE COR EBC 9.6

A Figura 1 apresenta o índice de cor, dos padrões elaborados, em função da absorbância em $\lambda=430\text{nm}$ obtidas por espectrofotômetro UV-VIS, aplicando o método EBC 9.6. A curva apresenta alto índice para R^2 , indicando excelência no preparo das amostras e aplicação do método de referência, proporcionando padrões confiáveis para captura das imagens via protótipo e ajuste do modelo para determinação de cor via dispositivo proposto.

Figura 1 – Curva do índice de cor obtida através de espectrofotômetro UV-VIS aplicando o método EBC 9.6.



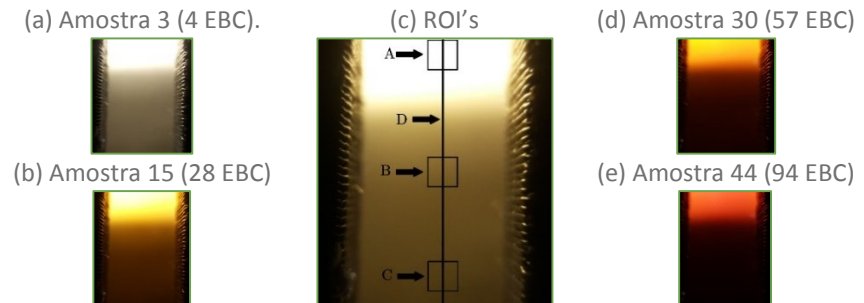
Fonte: Do autor (2019).

AVALIAÇÃO DA MELHOR CONFIGURAÇÃO PARA O PROTÓTIPO

Selecionou-se 4 ROI's para o ajuste dos dados, aplicada à análise do índice de cor por imagens digitais. Os espaços dividem-se em região superior (A), média (B),

inferior (C) e vertical (D). A Figura 2 apresenta as ROI's, além das imagens obtidas via protótipo aplicadas à análise, exemplificando a faixa de cor estudada.

Figura 2 – Imagens analisadas e ROI's aplicadas à análise.



Fonte: Do autor (2019).

A análise da distribuição do p_m das componentes de cor RGB e escala de cinza, não apresentam distribuição linear. Sendo assim, aplicou-se o logaritmo (\log) ao p_m a fim de obter relação linear entre os valores (GOMES et al., 2008; PHADUNGCHAROEN et.al., 2019). A transformação matemática resultou em melhores resultados. A Tabela 1 apresenta os modelos lineares, limite de detecção (LOD) e limite de quantificação (LOQ) dos melhores R^2

Tabela 2 – Modelo linear, R^2 , LOD e o LOQ do $-\log(p_m / p_{m0})$ das ROI's em função da corrente aplicada ao LED.

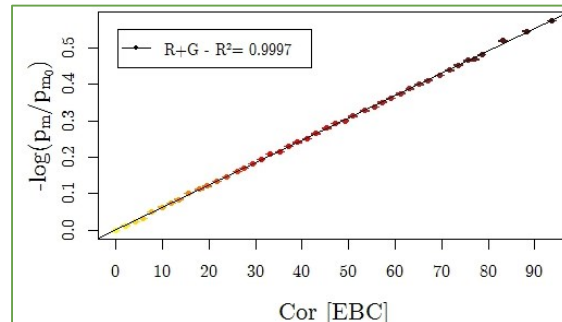
ROI	Corrente (mA)	Comp ^a .	Modelo	R^2	LOD	LOQ
Média (B)	10	R+G	$p_{mn} = -1.232 \times 10^{-2} + 1.252 \times 10^{-2} \times \text{EBC}$	0.9990	0.29	0.84
	15	R+G	$p_{mn} = -1.411 \times 10^{-2} + 1.160 \times 10^{-2} \times \text{EBC}$	0.9991	0.20	0.60
	20	R+G	$p_{mn} = -1.621 \times 10^{-2} + 1.101 \times 10^{-2} \times \text{EBC}$	0.9992	0.17	0.50
Vertical (D)	10	R+G	$p_{mn} = -4.287 \times 10^{-3} + 6.483 \times 10^{-3} \times \text{EBC}$	0.9996	0.32	0.96
	10	Gray Scale	$p_{mn} = 1.014 \times 10^{-2} + 7.990 \times 10^{-3} \times \text{EBC}$	0.9995	0.25	0.77
	15	R+G	$p_{mn} = -8.118 \times 10^{-4} + 6.129 \times 10^{-3} \times \text{EBC}$	0.9997	0.25	0.77
	20	R+G	$p_{mn} = 3.305 \times 10^{-3} + 5.919 \times 10^{-3} \times \text{EBC}$	0.9997	0.23	0.69

Fonte: Do autor (2019).

Os resultados de LOD e LOQ, indicam que todas as regiões avaliadas possuem alta sensibilidade à pequenas mudanças no índice de cor. As análises de erro relativo, aplicado aos modelos lineares, indicam maior erro associado à ROI média (B) em comparação a vertical (D). O teste de falta de ajuste dos modelos para essa região, apontou para escala de cinza (*GrayScale*) maior falta de ajuste, somado a isso, a distribuição dos resíduos do modelo apresentam tendência para forma em U. A mesma tendência foi observada para intensidade do LED em 20 mA. Contudo, para corrente de 10 e 15 mA há baixos erros de falta de ajuste e há distribuição aleatória dos resíduos. A corrente de 15 mA contribuiu para aumento de 25% de eficiência para LOQ em comparação à corrente de 10 mA. Portanto, o melhor desempenho para o dispositivo foi observado para essa configuração. A Figura 3 ilustrado o gráfico do ajuste linear obtido para os padrões elaborados

aplicando a configuração com maior desempenho, 15 mA e ROI Vertical. Em comparação aos resultados apresentados na Figura 1 e Figura 3, verifica-se que a análise de imagem descreve com alta relação medidas obtidas por espectroscopia.

Figura 3 –Ajuste linear ROI vertical (D) componente R+G e LED em 15 mA



Fonte: Do Autor (2019).

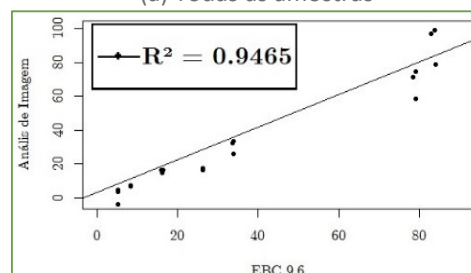
COMPARAÇÃO ENTRE O MÉTODO EBC 9.6 E POR ANÁLISE DE IMAGEM

A Figura 4a apresenta o gráfico de correlação entre os métodos de análise, em que, observa-se baixa correlação quando aplicada às 7 amostras de cervejas comerciais. Os principais desvios estão associados a diferença entre a composição dos padrões elaborados e das cervejas comerciais analisadas. O conjunto de pontos associados às amostras de cerveja comerciais 1, 4 e 6, são os que apresentam maior desvio. Essas cervejas são elaboradas com alto teor de ingredientes que não participaram do preparo dos padrões confeccionados para ajuste/modelagem da curva. A cerveja 1, é de cor clara com alta carga de adjunto, a 4 é uma cerveja do estilo *India Pale Ale* com adição elevada de lúpulo e a 6, cerveja do estilo *weizenbock*, com grande carga de trigo, ambos ingredientes que influenciam diretamente na cor. A Figura 4b apresenta a relação entre os métodos, após a retirada dos pontos referentes à essas amostras, considerando apenas cervejas com alta carga de malte de cevada.

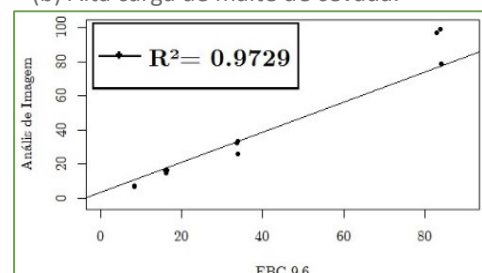
A retirada dos exemplares incrementaram o R^2 entre os métodos. O valor de correlação é próximo ao expresso em literatura, para avaliação de cervejas até 11 EBC (FENGXIA et al., 2004). O nosso trabalho, propõe a modelagem da ampla faixa de distribuição de cor da cerveja, aumentando consideravelmente a complexidade do modelo, portando, considerando a utilização de um dispositivos de baixo custo, a aproximação alcançada mostrou-se eficiente. Além disso, o método proposto possui a principal vantagem de analisar diretamente cervejas escuras sem necessidade de diluição, aumentando a velocidade de análise do índice de cor.

Figura 4 –Comparação entre os métodos EBC 9.6 e análise de imagem

(a) Todas as amostras



(b) Alta carga de malte de cevada.



Fonte: Do Autor (2019).

CONCLUSÃO

A avaliação do índice de cor de cervejas através da análise de imagem digital, empregando um protótipo de baixo custo, mostrou-se eficiente para cervejas com produzidas com alta carga de malte de cevada. O parâmetro p_m apresentou ótima relação, após transformações matemáticas, para o modelo proposto. Figuras de méritos como, linearidade, LOD e LOQ, apresentaram alta relação e sensibilidade, respectivamente, ao método apresentado. Além disso, o dispositivo de baixo custo proposto à medida de cor, proporciona resultados mais rápidos para cervejas escuras, pois dispensa a diluição da amostra.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Fundação Araucária FA Paraná/Brasil.

REFERÊNCIAS

- CARVALHO, F. R. et al. The influence of color on the consumer's experience of beer. *Frontiers in Psychology*, v. 8, p. 2205, 2017. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5742240/>. Acesso em: 12 set. 2019.
- EUROPEAN BREWING CONVENTION (EBC). *Analytica-EBC*. Nürnberg: Verlag Hans Carl, 2004.
- FENGXIA, S. et al. Determination of beer color using image analysis. *Journal of the American Society of Brewing Chemists*, Taylor & Francis, v. 62, n. 4, p. 163–167, 2004.
- GODOY, A. C. et al. Snapshots analyses for turbidity measurements in water. *Water, Air, & Soil Pollution*, v. 229, n. 12, p. 378, Nov 2018.
- GOMES, M. S. et al. Uso de scanner em espectrofotometria de absorção molecular: aplicação em experimento didático enfocando a determinação de ácido ascórbico. *Química Nova*, scielo, v. 31, p.1577 – 1581, 00 2008. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-40422008000600050&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em: 12 set. 2019.
- LANGE, A. de. Chapter 11 - color. In: BAMFORTH, C. W. (Ed.). *Brewing Materials and Processes*. San Diego: Academic Press, 2016. p. 199 – 249.
- PHADUNGCHAROEN, N. et al. Smartphone-based ellman's colourimetric methods for the analysis of d-penicillamine formulation and thiolated polymer. *International Journal of Pharmaceutics*, v. 558, p. 120 – 127, 2019.
- SHELLHAMMER, T. H. 7 - beer color. In: BAMFORTH, C. W. (Ed.). *Beer: a quality perspective*. San Diego: Academic Press, 2009. p. 213 – 227.