

# Uma nova abordagem na análise de coloração da cachaça através do processamento digital de imagens

Gabriel de Lima Rabelo

rabeloglr@gmail.com

Universidade Federal de Goiás – Brasil

74001-970

Goiânia - Brasil

**Resumo:** A análise da cor da cachaça é realizada com o objetivo de acompanhar a evolução desta característica durante o processo de envelhecimento da bebida. Esta é atualmente realizada pelo colorímetro, equipamento este que resulta em valores no espaço de cores CIELAB indicando os níveis de luminosidade da amostra. Este artigo propõe a realização da mesma função utilizando recursos computacionais como o processamento digital de imagens.

**Palavras chave:** análise, cor, cachaça, visão, computacional.

**Abstract:** The color analysis of cachaça aims to monitor the development of this characteristic during the process of aging the beverage. This analysis is currently performed by a colorimeter, which results on values of the color of a sample on the CIELAB color space, indicating its luminosity levels. This paper suggests conducting the same analysis using computational resources such as the digital imaging process.

**Keywords:** analysis, color, cachaça, vision, computer.

## 1 Introdução

A cachaça, bebida destilada brasileira, tem origem datada no período colonial brasileiro [Moser09], e possui diversos e importantes valores históricos e culturais neste país. Foi “descoberta” ao acaso no processo de industrialização da cana-de-açúcar e passou a ser um subproduto dos engenhos [Rodrigues07].

No início, a bebida era dada a escravos e por muito tempo sofreu discriminação pelas classes mais altas. Com o tempo, o processo de sua fabricação sofreu alterações e melhoramentos, acarretando em uma cachaça de melhor qualidade e uma melhor aceitação na sociedade [Sales08]. O crescimento de sua popularidade se deu a partir do século XIX, passando a ser um símbolo nacional. A cachaça é hoje produzida em todas as regiões do país. Com 1,3 bilhão de litros produzidos por ano, esta vem a ser a terceira bebida destilada mais consumida no mundo e primeira no Brasil [Silveira00].

É obtida através da destilação do mosto fermentado do caldo de cana-de-açúcar e pode ser envelhecida, sendo esta considerada pela legislação brasileira opcional [Brasil97]. O processo de envelhecimento, porém possui grande valia na obtenção de uma cachaça de qualidade [Padovan04], sendo esta realizada armazenando a bebida em barris de madeira. Durante o processo de envelhecimento, a aguardente adquire características da madeira do barril utilizado, entre os quais o aroma e a cor, sendo este um processo gradual, se intensificando a cada mês de envelhecimento, que pode durar anos.

A análise da coloração é realizada sobre uma amostra de cachaça e se caracteriza pelo acompanhamento da evolução da cor entre os meses de envelhecimento. Esta é realizada atualmente pelo colorímetro. Este equipamento fornece como resposta à análise um valor no espaço de cores CIELAB referente à cor da amostra analisada. Amostras de cada mês são analisadas para a

documentação e o cálculo da evolução da coloração que houve entre os meses sejam realizados.

Não há na literatura referências específicas quanto a análise de cor da cachaça. Este trabalho propõe uma alternativa ao colorímetro de análise da coloração utilizando recursos de visão computacional, como o processamento digital de imagens. Para tanto, o desenvolvimento esperado para que os objetivos sejam alcançados envolvem:

- i. Desenvolver uma técnica de aquisição das imagens das amostras através da fotografia, de forma a otimizar os resultados finais;
- ii. Desenvolver um software de extração e conversão dos valores referentes à cor das amostras para o espaço de cores CIELAB;
- iii. Validar os resultados do software por meio de testes comparativos com resultados do colorímetro de forma a autenticar o funcionamento desta;

## 2 Materiais e Métodos

O trabalho foi realizado em parceria com a Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Goiás – UFG. Esta disponibilizou amostras de cachaça envelhecidas em quatro tipos de madeiras diferentes, cada uma com quatro toneis e quarenta e oito meses de envelhecimento, totalizando setecentos e sessenta e oito amostras. As madeiras utilizadas no processo de envelhecimento foram: Amburama, Bálsamo, Carvalho e Castanheira.

### 2.1 Aquisição das imagens

A aquisição das imagens foi realizada através de fotografias. Para isto foi desenvolvida uma estrutura a fim de favorecer um melhor ambiente para a amostra e propiciar uma melhor qualidade na fotografia [Sun09]. A estrutura tem por principal função proteger a amostra de luzes e reflexos externos.

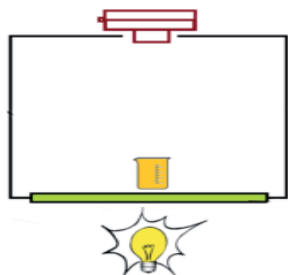


Figura 1: Estrutura utilizada para o processo de fotografia das amostras.

A estrutura é formada por uma caixa de fundo vazado de 50x50x50cm e de interior preto. O fundo é formado por uma base de acrílico leitoso branco. A caixa possui um furo no topo de 9cm de diâmetro para que seja encaixada a lente da câmera. Por fim, uma lâmpada é posicionada embaixo da estrutura para iluminar o interior da caixa. A amostra é posicionada dentro da caixa, em cima da base de acrílico juntamente a uma etiqueta de identificação.

A intensidade de iluminação é de extrema importância pois interfere diretamente nos níveis de cores da imagem resultante. Desta forma, durante o período de testes, deverão ser utilizadas diversas lâmpadas diferentes para que seja utilizada a que promover uma a iluminação que proporcione os resultados que mais se aproximam dos ideais.

A câmera também influencia na cor da imagem. Para melhores resultados, a realização de testes de fotográficas com diferentes resoluções e diferentes configurações quanto a balanço de branco, ISO e outras configurações são de grande valia para que se obtenha uma boa imagem.

A quantidade é também um fator que interfere na cor da amostra pois, quanto mais líquido estiver disposto no becker, mas atenuada a cor se mostrará.

Nos testes já realizados deste método de aquisição de imagens foi utilizada uma lâmpada fluorescente branca de 20W, que proporciona boa iluminação do interior da câmara. Também foram utilizadas amostras dispostas em beckers na quantidade de 40ml, mesma quantidade das habituais avaliações no colorímetro, para que proporcione uma maior confiabilidade desta abordagem. A câmera utilizada foi uma câmera semi-profissional Canon T3i.



Figura 2: Exemplo de fotografia de uma amostra envelhecida no tonel 01 da madeira Amburana por 44 meses.

## 2.2 Processamento das Imagens

Para o processamento, foi desenvolvido um software de detecção e extração dos valores referentes à cor da amostra de cachaça. Este foi escrito na linguagem C++ e fez uso da biblioteca de Processamento de Imagens OpenCV, desenvolvido pela Intel. O processamento segue as seguintes etapas:

- i. A imagem da amostra é carregada no software;
- ii. É feita a detecção do local onde o becker com a amostra de cachaça está posicionada na imagem;
- iii. O software faz a extração dos valores RGB referentes à cor da imagem no local onde a amostra se encontra;
- iv. O valor é convertido para CIELAB e armazenado no banco de dados.

### 2.2.1 Extração dos valores RGB

Cada pixel de uma imagem possui um valor RGB referente à sua cor. Para a extração de um valor RGB único referente à imagem da amostra, é feita uma avaliação acerca da melhor forma de padronizar um valor único que melhor represente a cor da amostra. Diversos métodos podem ser utilizados, como a extração e o cálculo da média entre  $n$  pontos na imagem, a extração por regiões na imagem, os valores máximos ou mínimos encontrados, entre outros.

Para este trabalho, foram selecionados cinco pontos na imagem, localizados na região onde a amostra se encontra, e então é calculado o valor médio entre o RGB desses pontos.

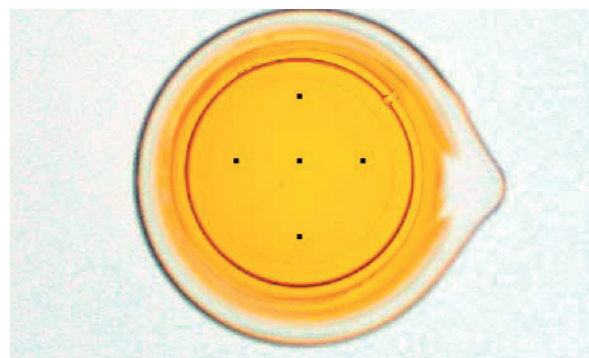


Figura 3: Exemplo de extração de valores: cinco pontos selecionados para extração dos valores RGB

### 2.2.2 Conversão para CIELAB

Para a análise e documentação da evolução da cor da cachaça, são utilizados valores do espaço de cores CIELAB para o cálculo da diferença da coloração de amostras de diferentes meses. Desta forma, é necessária a conversão do valor RGB da imagem obtido para o espaço de cores CIELAB

A conversão de um valor no espaço RGB para CIELAB é realizada primeiramente pela conversão do valor RGB para o espaço XYZ, que é dado pelo algoritmo 1.

**Algoritmo 1: Conversão de RGB para XYZ**

```

Requer: var_R <= R/255
Requer: var_G <= G/255
Requer: var_B <= B/255

se (var_R > 0.04045) então
    var_R <= ((var_R + 0.055 )/1.055) ^
2.4
fim se
se não
    var_R <= var_R / 12.92
fim se não
se var_G > 0.04045 então
    var_G <= ((var_G + 0.055)/1.055
)^2.4
fim se
se não
    var_G <= var_G / 12.92
fim se não
se var_B > 0.04045 então
    var_B <= ((var_B + 0.055)/1.055
)^2.4
fim se
se não
    var_B <= var_B / 12.92
fim se não

var_R <= var_R * 100
var_G <= var_G * 100
var_B <= var_B * 100
    
```

```

//Observer - 2°, Illuminant = D65
X<= var_R * 0.4124 + var_G * 0.3576 + var_B
* 0.1805
Y<= var_R * 0.2126 + var_G * 0.7152 + var_B
* 0.0722
Z<= var_R * 0.0193 + var_G * 0.1192 + var_B
* 0.9505
    
```

O valor obtido é, então convertido para CIELAB segundo o algoritmo 2.

**Algoritmo 2: Conversão de XYZ para CIELAB**

```

//Observer - 2°, Illuminant = D65
Requer: var_X <=X/ ref_X //ref_X
= 95.047
Requer: var_Y <=Y/ ref_Y //ref_Y
= 100.000
Requer: var_Z <=Z/ ref_Z //ref_Z
= 108.883

se var_X > 0.008856 então
    var_X <= var_X ^ (1/3)
fim se
se não
    var_X <= (7.787 * var_X) + (16 /
116)
fim se não
se var_Y > 0.008856 então
    var_Y <= var_Y ^ (1/3)
fim se
se não
    var_Y <= (7.787 * var_Y) + (16 /
116)
fim se não
se var_Z > 0.008856 então
    var_Z <= var_Z ^ (1/3)
fim se
    
```

```

se não
    var_Z <= (7.787 * var_Z) + (16 /
116)
fim se não

CIE-L* <= ( 116 * var_Y ) - 16
CIE-a* <= 500 * ( var_X - var_Y )
CIE-b* <= 200 * ( var_Y - var_Z )
    
```

Após as conversões, o valor CIELAB de cada imagem é armazenado no banco de dados para documentação e avaliação do crescimento que houve da coloração das amostras entre os meses de envelhecimento.

**2.3 Estudo dos dados resultantes**

Com a criação do banco de dados com os valores CIELAB referentes à cada uma das amostras, é então possível estudos e posteriores processamentos, não somente para o acompanhamento do crescimento da cor da cachaça ao longo do processo de envelhecimento, mas utilizando-os para diversos fins.

A análise da evolução da coloração é dada pela comparação entre as cores das amostras a cada mês envelhecido. Esta comparação é dada realizando-se o cálculo do ΔE (distância entre cores). Para este trabalho, foi utilizado o ΔE referente ao CIE 1976, que é dado pela distância euclidiana entre dois valores no espaço de cores CIELAB, como mostra a equação 1 [Lindbloom].

$$\Delta E_{ab}^* = \sqrt{(L_2^* - L_1^*)^2 + (a_2^* - a_1^*)^2 + (b_2^* - b_1^*)^2}$$

Amostra1 = (L<sub>1</sub><sup>\*</sup>, a<sub>1</sub><sup>\*</sup>, b<sub>1</sub><sup>\*</sup>)  
 Amostra2 = (L<sub>2</sub><sup>\*</sup>, a<sub>2</sub><sup>\*</sup>, b<sub>2</sub><sup>\*</sup>)

Equação 1 – Cálculo do valor ΔE entre duas amostras.

Um resultado bastante relevante provindo deste cálculo é a detecção de diferença notável a olho nu entre as cores de duas amostras. Esta é dada quando o resultado do cálculo de ΔE é maior do que 2,2.

Como outras utilidades possíveis do banco de dados criado, o software desenvolvido para este trabalho, por exemplo, também mantém armazenado no banco de dados os valores RGB de cada amostra para processamento e criação de uma paleta de cores utilizando as colorações referentes à cada amostra, em ordem cronológica, de forma a criar um degradê com tais cores, para que seja possível, além da documentação dos valores referentes à cada amostra, a visualização da evolução da coloração da cachaça durante o envelhecimento.



Figura 4: Paleta de cores da evolução da coloração da cachaça nos primeiros meses.

Com os dados armazenados virtualmente, também se tornam possíveis outras utilizações dos dados, como a

criação de planilhas constando todos os dados das cores das amostras referentes à cada tonel e de cada madeira, o que possibilita também posteriores comparações de crescimento e diferenças entre toneis e madeiras diferentes.

### 3 Resultados e Discussão

Os resultados dos testes realizados seguindo a abordagem proposta neste artigo, utilizando o processamento digital de imagens, ainda não foram validados pelos testes comparativos com os resultados do colorímetro, pois os valores resultantes do processamento de uma amostra nas duas abordagens se diferem.

O colorímetro mostra que cada amostra, mesmo que sejam da mesma idade e envelhecidas na mesma madeira apresentam diferenças quanto a intensidade de cor. O objetivo proposto neste artigo diz que, quando analisada uma certa amostra em ambos os métodos, os valores entre os dois se diferenciam o mínimo possível para que esta seja comprovada como uma alternativa ao colorímetro.

Os resultados alcançados pelo processamento das fotografias, até o momento, apresentaram valores CIELAB superiores aos valores obtidos pelo colorímetro, mas se mostraram significativamente promissores pelos testes já realizados.

Fatores como a iluminação, a configuração da câmera e o método de extração de um valor único de RGB de uma imagem de amostra são as variáveis que interferem diretamente nos resultados. Após definidas as configurações e métodos que mais se aproximam dos ideais, validados pelos testes comparativos, tais definições comporão as configurações e métodos padrões para esta abordagem.

Definidos os padrões, esta nova proposta pode ser caracterizada como uma técnica alternativa de análise de coloração à utilizada atualmente.

Tabela 1 – Exemplo de tabela de valores CIELAB extraídos das imagens das amostras envelhecidas em tonel de Amburama pelo colorímetro.

Meses	L*	a*	b*
00	63.53	-0.93	0.25
04	66.31	-1.67	-5.86
08	67.17	-2.41	-5.88
12	67.71	-2.71	-5.67
16	67.39	-2.91	-6.06
20	67.77	-3.18	-5.69

### 4 Conclusão

Apesar de ainda não validados, os resultados dos testes realizados utilizando a abordagem proposta neste artigo se mostraram bastante promissores em relação ao objetivo de proporcionar uma alternativa de análise da cor da cachaça semelhante à realizada pelo colorímetro.

Esta abordagem poderá proporcionar desenvolvimentos futuros como criações de dispositivos e equipamentos de automação para a análise da cachaça [Simões03].

### Referências Bibliográficas

- [Moser09] - MOSER, D. D. N. et al. A Influência da Imagem da Cachaça no Brasil em sua Internacionalização: O Caso da Pitú na Alemanha. XXXIII EnANPAD 2009.
- [Simoes03] – SIMÕES, A.S. et al. Classificação de laranjas baseada em padrões visuais. Anais do Simpósio Brasileiro de Automação Inteligente. 2003.
- [Sun09] – SUN, X. et al. A digital image method for measuring and analyzing color characteristics of various color scores of beef. IEEE. 2009.
- [Rodrigues07] - RODRIGUES, L. R. et al. Expansão Da Exportação De Cachaça Brasileira: Uma Nova Oportunidade de Negócios Internacionais. XI INIC/ VII EPG. 2007.
- [Padovan04] - PADOVAN, F. C., et al.. Efeito da circulação da aguardente de cana no tempo de envelhecimento em ancorotes de carvalho (*Quercus SP*). Alimentos e Nutrição Araraquara, v. 15, n. 3, p. 267-271, 2008.
- [Brasil97] – BRASIL. Decreto nº 2.314, 4 set. 1997. Regulamenta a Lei nº 8.918 de 14 de julho de 1994, que dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas. Diário Oficial, Brasília, v. 171, p.19. 556, seção II, Artigo 91, 1997.
- [Silveira00] – SILVEIRA, E. Cachaça: Uma bebida de respeito. Jornal da UNESP. 2000.
- [Sales08] – SALES, A. S. et al. Cachaça, Agricultura e Turismo: Sinônimos de crescimento do Estado da Bahia. Revista E.T.C. p.39. 2008.
- [Lindbloom] – LINDBLOOM, B, J. Delta E: CIE 1976. Disponível em:  
[http://www.brucelindbloom.com/index.html?Eqn\\_DeltaE\\_CIE76.html](http://www.brucelindbloom.com/index.html?Eqn_DeltaE_CIE76.html). Acesso em 20 de junho de 2013.