

# Avaliação do teor de tartrazina (E-102) em refrigerantes com sabor a laranja comercializados em Guayaquil por espectrofotometria UV-Visível.

*Evaluación del contenido de tartrazina (E-102) en bebidas refrescantes sabor naranja comercializadas en Guayaquil mediante espectrofotometría UV-Visible.*

Stefanie Bonilla Bermeo <sup>1\*</sup>; Carlos Valdiviezo Rogel<sup>2</sup>; Luis Romero <sup>3</sup>; Michael Rendón Morán <sup>4</sup>

Recebido: 09/03/2026 – Aceite: 22/06/2026 – Publicado: 12/07/2026

Artigos de  
Investigação ☒

Artigos de  
Revisão ☐

Artigos de  
Ensaio ☐

\* Autor  
correspondente.



Esta obra está licenciada sob uma licença internacional Creative Commons Atribuição-NãoComercial-Partilha Igual 4.0 (CC BY-NC-SA 4.0). Os autores mantêm os direitos sobre os seus artigos e podem partilhar, copiar, distribuir, executar e comunicar publicamente a obra, desde que a autoria seja reconhecida, não utilizada para fins comerciais e que a mesma licença seja mantida em obras derivadas.

## Resumo.

A tartrazina (E-102) é um corante sintético usado em bebidas aromatizadas para melhorar a aparência. O seu uso deve ser controlado devido a possíveis efeitos adversos associados ao consumo excessivo. O objetivo era quantificar a presença de tartrazina (E-102) em refrigerantes de laranja tranquilamente comercializados em pontos de venda em Guayaquil, avaliando a sua conformidade com os limites permitidos internacionalmente estabelecidos. O estudo experimental aplicou-se, com uma abordagem quantitativa. Doze amostras de refrigerantes não carbonatados com sabor a laranja, pertencentes a três marcas comerciais, foram recolhidas através de amostragens estratificadas em supermercados de Guayaquil. A quantificação da tartrazina usando espectrofotometria UV-Visível a 427 nm. A curva de calibração foi desenvolvida com padrões de referência e o desempenho analítico do método foi avaliado usando parâmetros de linearidade, precisão, precisão e repetibilidade. As concentrações médias de tartrazina obtidas foram de 134,85 mg/L para a marca A, 99,45 mg/L para a marca B e 54,61 mg/L para a marca C. Os resultados mostraram que as amostras correspondentes à marca A ultrapassaram o limiar máximo de 100 mg/L estabelecido por organizações internacionais. Na marca B, foram observados valores próximos do limite regulamentar, enquanto a marca C apresentou concentrações consideravelmente inferiores ao valor permitido. Após submeter os resultados ao teste de Shapiro-Wilk, os resultados do processamento estatístico revelaram que a amostra não seguiu uma distribuição normal, o que evidenciou variabilidade no teor de tartrazina entre as marcas analisadas. Uma das marcas analisadas ultrapassou os limites permitidos da tartrazina, evidenciando a necessidade de reforçar o controlo dos aditivos nas bebidas.

## Palavras-chave.

Tartrazina, Espectrofotometria UV-Visível, Bebidas Aromatizadas, Corantes Alimentares

## Resumen.

La tartrazina (E-102) es un colorante sintético utilizado en bebidas saborizadas para mejorar apariencia. Su uso debe ser controlado debido a posibles efectos adversos asociados al consumo excesivo. El objetivo fue cuantificar la presencia de tartrazina (E-102) en refrescos de naranja sin gas comercializados en expendios de Guayaquil evaluando su cumplimiento con límites permisibles establecidos internacionalmente. El estudio experimental aplicado, con enfoque cuantitativo. Se recolectaron doce muestras de bebidas refrescantes no carbonatadas sabor naranja pertenecientes a tres marcas comerciales, mediante muestreo estratificado en supermercados de Guayaquil. La cuantificación de tartrazina empleando espectrofotometría UV-Visible a 427 nm. La curva de calibración se elaboró con patrones de referencia y se evaluó el desempeño analítico del método mediante parámetros de linealidad, exactitud, precisión y repetibilidad. Las concentraciones promedio de tartrazina obtenidas fueron 134.85 mg/L para la marca A, 99.45 mg/L para la marca B y 54.61 mg/L para la marca C. Los resultados evidenciaron que las muestras correspondientes a la marca A superaron el umbral máximo de 100 mg/L establecido por organismos internacionales. En la marca B se observaron valores cercanos al límite regulatorio, mientras que la marca C presentó concentraciones considerablemente inferiores al valor permitido. Tras someter los hallazgos al test de Shapiro-Wilk, los resultados del procesamiento estadístico revelaron que la muestra no seguía una distribución normal lo que evidenció variabilidad en el contenido de tartrazina entre las marcas analizadas. Una de las marcas analizadas superó los límites permisibles de tartrazina, evidenciando la necesidad de fortalecer el control de aditivos en bebidas.

## Palabras clave.

Tartrazina, Espectrofotometría UV-Visible, Bebidas saborizadas, Colorantes alimentarios.

## 1. Introdução

A crescente procura dos consumidores por produtos visivelmente mais atrativos, como corantes alimentares sintéticos, foram desenvolvidos para uso na produção alimentar, com o objetivo de melhorar certos aspetos do produto. Para alcançar a atenção do consumidor, portanto, todos os produtos alimentares devem indicar no rótulo que contêm substâncias artificiais como a Tartrazina, pois

existem estudos em que este aditivo pode causar complicações em um pequeno número de pessoas que sofrem de doenças como asma e perturbações de défice de atenção, estas últimas mais prováveis em crianças. Muitos países não permitem o uso deste corante e outros controlam-no de forma mais rigorosa. A tartrazina é um dos corantes que levantam sérias preocupações de segurança para os consumidores em doses baixas,

<sup>1</sup> Universidade de Guayaquil/ [stefanie.bonillab@ug.edu.ec](mailto:stefanie.bonillab@ug.edu.ec); <https://orcid.org/0000-0002-9391-3698>, Guayaquil, Equador.

<sup>2</sup> Universidade de Guayaquil/ [carlos.valdiviezor@ug.edu.ec](mailto:carlos.valdiviezor@ug.edu.ec); <https://orcid.org/0000-0002-6550-9751>, Guayaquil, Equador.

<sup>3</sup> Escuela Superior Politécnica del Litoral/ [luisrome@espol.edu.ec](mailto:luisrome@espol.edu.ec); <https://orcid.org/0000-0002-2417-4836>, Guayaquil, Equador.

<sup>4</sup> Escuela Superior Politécnica del Litoral/ [mrgrendon@espol.edu.ec](mailto:mrgrendon@espol.edu.ec); <https://orcid.org/0009-0004-4390-8294>, Guayaquil, Equador.

relevantes para a exposição real a humanos. A literatura científica continua a crescer após a reavaliação pela Autoridade Europeia de Segurança Alimentar (EFSA) em 2009 e pelo Comité Conjunto de Peritos FAO/OMS sobre Aditivos Alimentares (JECFA) em 2016. [1] [2]

[3] Aditivos alimentares, elementos indispensáveis nas dietas modernas, são amplamente utilizados em restaurantes para responder às exigências do mercado de consumo e melhorar a sua experiência gastronómica. No entanto, os potenciais riscos associados ao consumo excessivo ou prolongado não podem ser ignorados. [4] O Codex Alimentarius define aditivos alimentares como uma substância que é deliberadamente incorporada nos alimentos com o objetivo de cumprir funções técnicas específicas (incluindo funções organolépticas) na fabricação, processamento, tratamento, embalagem, armazenamento ou transporte desse alimento. No entanto, sublinham que a definição dada pelo Codex Alimentarius não inclui o termo contaminantes ou substâncias adicionadas aos alimentos para manter ou melhorar as qualidades nutricionais. Segundo alguns estudos, havia vários aditivos alimentares que já tinham sido usados no passado, mas que já não são autorizados devido à evidência encontrada dos seus efeitos secundários, à elevada frequência de possíveis incidentes de saúde, bem como à toxicidade de médio e longo prazo. É também importante notar que, para além dos corantes alimentares sintéticos, certos aditivos comerciais de origem vegetal ou animal também foram descontinuados. A classificação dos corantes naturais pode ser muito complexa devido à grande variedade de propriedades intrínsecas das substâncias colorantes. Estes podem provir de várias fontes naturais e, por isso, têm uma vasta gama de composições químicas que afetam as suas propriedades, solubilidade e estabilidade de forma diferente, podendo ter origens distintas, sejam plantas ou animais. [5][6][7]

As razões pelas quais este corante é quantificado devem-se ao elevado consumo per capita de bebidas aromatizadas no Equador, ocupando o terceiro lugar, atrás das bebidas gaseificadas e da água engarrafada, também entre as bebidas açucaradas, com 83% no comércio de lojas e supermercados na cidade de Guayaquil, além do pouco controlo que existe das entidades nacionais no uso do corante, já que na categoria desta bebida não existe um limite máximo de concentração do corante estipulado pelos regulamentos do INEN. A OMS é o regulamento nacional no controlo do uso de aditivos em alimentos. [8]

Devido a preocupações com estes potenciais efeitos na saúde, a Organização Mundial da Saúde (OMS) e a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura (FAO) estabeleceram normas internacionalmente reconhecidas no Codex Alimentarius sobre os níveis máximos permitidos deste corante, dependendo do tipo de alimento ou bebida. [9] Além disso, do ponto de vista regulatório, há uma atenção e interesse crescentes na avaliação de risco destes corantes usados em

produtos alimentares (ou seja, corantes azo). No caso dos corantes azo, um fator limitante para o seu uso é o seu potencial carcinogénico, que ocorre após a sua redução para metabólitos cancerígenos no intestino. [10]

Em pesquisas recentes, há consenso de que os corantes alimentares sintéticos têm impactos diversos nos consumidores, especialmente na população pediátrica, devido à sua influência no apelo sensorial, o que pode incentivar uma preferência por certos alimentos. Os resultados revelaram que estes aditivos colorantes estão diretamente ligados a vários problemas de saúde, com um impacto maior nas crianças. [11]

Em alguns estudos, a identificação e quantificação de corantes em diferentes bebidas de consumo massivo é realizada, utilizando métodos como cromatografia de camada fina e outras espectrofotometrias visíveis de forma fiável para determinar que cumprem os limites permitidos estabelecidos nos regulamentos. Foram desenvolvidos e aplicados vários métodos dependentes da matriz para determinar corantes alimentares, empregando diferentes técnicas analíticas juntamente com protocolos adequados de preparação de amostras. As principais técnicas utilizadas para a sua determinação são a cromatografia com detectores espectrofotométricos e a espectrofotometria, enquanto os procedimentos de preparação da amostra dependem em grande parte da matriz alimentar. Na tecnologia alimentar, corantes alimentares de diferentes origens são substâncias químicas incorporadas nas matrizes alimentares para manter ou realçar as características organolépticas do produto, que podem ser afetadas ou perdidas durante o processamento ou armazenamento, e para preservar a cor desejada. A classificação mais comum e amplamente utilizada baseia-se na distinção entre aditivos colorantes solúveis e insolúveis (corantes ou pigmentos), que por sua vez podem ser categorizados como naturais ou sintéticos. [12][13] [14]

Nos últimos anos, a investigação sobre a deteção e quantificação de corantes alimentares sintéticos evoluiu para o tratamento de técnicas sensíveis, analíticas, seletivas e sustentáveis. Estudos recentes em revistas de grande impacto reportaram o uso de métodos avançados, como sensores eletroquímicos baseados em nanomateriais, espectroscopia acoplada a sistemas inteligentes e cromatografia líquida de alto desempenho com detectores melhorados, que permitem a deteção de tartrazina em níveis de traço com elevada precisão e menor tempo de análise. Por exemplo, investigações recentes mostraram que sensores eletroquímicos modificados com nanopartículas têm limites de deteção significativamente mais baixos em comparação com métodos convencionais, enquanto técnicas como o UHPLC acoplado a detetores espectrofotométricos continuam a ser o padrão para validação analítica em matrizes complexas. [15] [16] Da mesma forma, tem havido um interesse crescente em metodologias mais sustentáveis e de baixo custo, como

a espectrofotometria UV-Visível otimizada, que continua a ser amplamente utilizada em contextos onde a acessibilidade é necessária sem comprometer a fiabilidade analítica. Estas tendências refletem a necessidade de equilibrar precisão, custo e aplicabilidade na monitorização de aditivos alimentares em produtos de consumo.

É evidente que a análise de corantes alimentares traço é essencial com a aplicação das técnicas analíticas adequadas, com elevada especificidade e seletividade. Vários estudos relataram que existe um interesse crescente em monitorizar a concentração de corantes alimentares sintéticos em vários produtos. Por isso, esta investigação visa determinar a concentração de Tartrazina (E-102), também chamada Amarelo nº 5, em bebidas com sabor a laranja não carbonatadas refrescadas com UV-VIS. Espectrofotometria UV/VIS. [17]

#### 1.1. Aditivos alimentares

Estes aditivos são incorporados para melhorar a aparência e a preservação do produto. Embora alguns forneçam nutrientes, a sua principal função é tecnológica e sensorial, antecipando a experiência do consumidor em relação ao valor nutricional.[18]

A sua inclusão em processos como produção, transporte ou armazenamento, procura estabilizar o produto. Estes aditivos reforçam a conservação contra fatores ambientais ou microbianos, prevenindo ou atrasando a deterioração e garantindo a segurança alimentar. [19]

#### 1.2. Corantes

De 400 a.C. Quando os egípcios coloriram o vinho, o aspeto visual condicionou as decisões alimentares. Quimicamente, isto ocorre graças a dois grupos: o cromóforo, responsável pelo tom, e o auxocromo, que permite a sua fixação. Até ao século XIX, as pessoas dependiam exclusivamente de fontes naturais para estimular aquele desejo e frescura que a cor traz aos consumidores. [20]

#### 1.3. Designação "E" em corantes

Para abastecer o comércio alimentar com aditivos, a União Europeia implementou um sistema de códigos (letra E seguida de 3 ou 4 dígitos). Estes números permitem equiparar o nome químico e a função de cada substância, sendo obrigatório detalhá-los na rotulagem para garantir transparência e diferenciar cada ingrediente de forma inequívoca. Por exemplo: E1 - corante, E4 - emulsionantes, estabilizadores, espessantes e agentes gelificantes, E3 - antioxidantes, E2 - conservantes [21]

#### 1.4. Classificação dos corantes de acordo com a sua natureza

##### 1.4.1. Cores Naturais

Provenientes de fontes animais, vegetais ou minerais, estes corantes destacam-se pela sua segurança. Como não têm

restrições sanitárias e não exigem certificações, são livremente incluídos na produção de cosméticos, farmacêuticos e alimentos, consolidando-se como uma opção segura e versátil em vários setores industriais em comparação com as opções sintéticas.. [22]

Durante os processos de produção do produto, a instabilidade dos corantes naturais pode degradar-se na presença de altas temperaturas, armazenamento inadequado, o que leva a alterações na atividade da água e no pH e até à possibilidade de ser fotosensível. [23]

##### 1.4.2. Corantes Sintéticos

Conhecidas como artificiais, que são obtidas por síntese química. Estes corantes foram amplamente utilizados no início do século XIX, a partir de 1826. Ao decompor o índigo, o investigador alemão Unverdorben isolou compostos de anilina pela primeira vez, marcando um marco no estudo deste corante. Foi assim que se abriu espaço para a fabricação de muitos corantes artificiais. Devido ao baixo custo e maior poder de tingimento e brilho dos produtos, os corantes sintéticos destacam-se; no entanto, em alguns estudos, foram reportados efeitos nocivos em bebés que afetam o seu comportamento e geram défice de atenção e hiperatividade. Por isso, em alguns países europeus, o uso de corantes artificiais foi restringido, dando prioridade ao uso de corantes de origem natural, enquanto noutros foi regularizado através da determinação dos limites permitidos estabelecidos pela FDA [24] [25]

#### 1.5. Corantes como aditivos alimentares

A Food and Drug Administration (FDA) define corantes e pigmentos como aqueles compostos obtidos através de síntese artificial ou extraídos diretamente de fontes minerais, vegetais ou animais. A característica essencial destas substâncias é a sua capacidade intrínseca de transferir cor para produtos cosméticos, medicamentos ou alimentos, independentemente de a sua estrutura química original ter sido modificada durante o processo. [26]

##### 1.6. Corante sintético Tartrazina E-102

A tartrazina é um corante químico sintético com coloração amarelo-limão usado como pigmento alimentar (E102), também chamado de "Amarelo Alimentar CI 4". Os corantes alimentares Azo são sintéticos e provêm de aminas aromáticas, que contêm um grupo azo de dois átomos de azoto ligados ( $-N=N-$ ) e unificados em anéis aromáticos. [27] [28]

A ingestão média diária de tartrazina foi estabelecida em 7,5 mg/kg [28]

##### 1.7. Química do corante Tartrazina

O amarelo N5 com massa é de 534,4 g/mol e a sua fórmula química  $C_{16}H_9N_4Na_3O_9S_2$ , e estruturalmente possui um grupo azo ( $-N=N-$ ), unida por anéis aromáticos, a tartrazina é por isso reconhecida como pertencente à família dos corantes azo. [29]

#### 1.8. Toxicologia do corante Tartrazina

E-102, ou amarelo E-5, é um corante muito controverso, pois outros estudos mostraram que pode causar condições respiratórias, reações alérgicas e até hiperatividade em crianças; desde então, os limites máximos permitidos e a ingestão diária que não afeta a saúde das pessoas foram investigados em ratos de laboratório e, assim, mantêm o controle no uso deste aditivo alimentar, e que está reportado na formulação e demonstrado no rótulo que contém tartrazina. [30]

#### 1.9. Bebidas não gaseificadas

Aquela que não contém dióxido de carbono na sua composição, produzida a partir de água potável que cumpre os parâmetros de segurança estabelecidos nas normas equatorianas, e pode conter açúcar como adoçantes, aromatizantes sintéticos ou de origem natural. [31]

#### 1.10. Regulamentos para bebidas não carbonatadas do corante Tartrazina E-102

No Equador, a concentração do corante Tartrazina em bebidas não gaseificadas ou, segundo a Norma INEN 192 "Bebidas aromatizadas à base de água sem gás, incluindo ponches de fruta, limonadas e bebidas semelhantes", não está estabelecida no regulamento, apenas NTE INEN 2304 de "Refrigerantes ou bebidas não gaseificadas. Requisitos", não há descrição da concentração de tartrazina, apenas indica que não deve exceder os aditivos alimentares estabelecidos pela norma INEN 192, que não estabelece os limites máximos permitidos para este corante. Noutras bebidas semelhantes, no NTE INEN 1101 versão 2016 "Bebidas gaseificadas ou gaseificadas. Requisitos", se estabelecer uma concentração máxima de 200mg/L de Tartrazina na sua composição. O controle insuficiente das regulamentações nacionais neste tipo de bebida leva a um problema irrestrito no uso de aditivos, causando um possível risco para a saúde dos utilizadores. [32]

## 2. Materiais e métodos.

A investigação utilizou como principal material refrigerantes não carbonatados com sabor a laranja de três marcas comerciais, adquiridas em supermercados de diferentes setores da cidade de Guayaquil. Reagentes analíticos foram usados para a preparação de soluções padrão de tartrazina (E-102), bem como água destilada e equipamentos laboratoriais convencionais, incluindo frascos volumétricos, pipetas volumétricas e células de quartzo. A análise instrumental foi utilizada usando um espectrofotômetro UV-Visível, operado a 427 nm de comprimento de onda, escolhido especificamente porque coincidia com o pico de máxima absorção na detecção do corante.

A metodologia era experimental com uma abordagem quantitativa. Foi construída uma curva de calibração a

partir de soluções padrão de tartrazina, permitindo estabelecer a relação entre concentração e absorvida. As amostras foram previamente preparadas e analisadas em condições controladas, registrando os seus valores de absorção para determinar a sua concentração por interpolação na curva. Adicionalmente, o desempenho do método analítico foi avaliado através de parâmetros de linearidade, precisão, precisão e repetibilidade. Os dados obtidos foram sujeitos a análise estatística para verificar o seu comportamento e variabilidade. A análise e gestão dos dados experimentais foram realizadas com software Microsoft Excel, utilizando ferramentas estatísticas integradas para o cálculo de parâmetros como desvio padrão, média, coeficiente de variação e análise de regressão linear. A reprodutibilidade do método foi avaliada a partir de medições repetidas em condições controladas, verificando a consistência dos resultados através da análise da variabilidade intra-ensaio. Embora o Excel seja uma ferramenta de uso geral, a sua aplicação neste estudo foi adequada devido às características dos dados obtidos e ao tipo de análise necessária, permitindo obter resultados fiáveis e comparáveis aos critérios estabelecidos na validação de métodos analíticos.

#### 2.1. Matéria-prima

A matéria-prima analisada era composta por refrigerantes não carbonatados com sabor a laranja, correspondendo a três marcas comerciais disponíveis em estabelecimentos comerciais na cidade de Guayaquil. As amostras foram selecionadas tendo em conta a sua elevada disponibilidade e consumo no mercado local, garantindo a representatividade. As unidades foram adquiridas em diferentes estabelecimentos localizados em diferentes áreas geográficas, para minimizar os preconceitos associados a um único ponto de venda. Os produtos estavam em recipientes originais selados, dentro da data de validade e armazenados em condições comerciais normais.

As bebidas selecionadas apresentaram características físicoquímicas semelhantes em termos de coloração, transparência e tipo de formulação, sendo matrizes líquidas homogêneas adequadas para análise espectrofotométrica direta. A composição declarada na rotulagem incluía a presença de tartrazina (E-102) como cor artificial. Antes da análise, as amostras foram condicionadas à temperatura ambiente e suavemente homogenizadas para garantir a uniformidade do sistema. Não foram realizados tratamentos de preparação complexos, dada a natureza líquida da matriz, que permitia uma reprodutibilidade adequada nas medições analíticas.

#### 2.2. Elaboração da Solução Mãe

- O padrão contendo uma pureza de 99,0% a 100% foi ajustado.
- O padrão de 10mg = 10,10mg pode ser ajustado para 100%. Pureza

- c. 10,10 mg de peso padrão de corante tartrazina na balança analítica, e dissolvido num volume de 100 ml, com água destilada é levado até à linha de medição.
- d. Mantém-se à temperatura ambiente e protegido da luz

### 2.3. Construção da curva de calibração

- a. A partir da solução original, foram preparadas 5 diluições com diferentes concentrações de 6, 12, 18, 24, 30 mg/L em frascos volumétricos de 10 ml por volume com água destilada.
- b. O espectrofotômetro está calibrado para 427nm, o que corresponde à absorção máxima do corante nesse comprimento de onda. As concentrações das soluções foram lidas de forma crescente, usando água destilada como alvo.
- c. Por meio de um gráfico de dispersão, a absorção com a concentração estava relacionada
- d. Foi determinada a equação da linha da curva.

### 2.4. Verificação do método analítico por espectrofotometria UV-VISÍVEL

#### 2.4.1. Comprimento de Onda Selecionado

Para o colorante Tartrazina nas bebidas, o comprimento de onda máximo foi estabelecido em estudos anteriores, que estabeleceram 427nm como comprimento de onda máximo. [33]

#### 2.4.2. Especificidade

Estudo do Efeito Matricial. O método utilizado além do padrão. Escolher uma bebida não carbonatada que englobe os possíveis interferentes da matriz e que não contenha a corante da Tartrazina.

Uma diluição 1:10 num frasco volumétrico de 100ml da bebida selecionada.

Foram retiradas as mesmas aliquotas da solução de tartrazina, que foi usada para construir a curva de calibração, e diluídas em várias concentrações de 6, 12, 18, 24 e 30 mg/L, no enchimento em volume com a diluição 1:10 da bebida escolhida.

O espectrofotômetro é calibrado e lido a 427nm de comprimento de onda. As soluções foram lidas em concentração crescente, usando a diluição 1:10 como alvo da bebida selecionada.

Foi determinada a equação da linha da curva. [34]

Estatisticamente, a curva de efeito foi comparada com a matriz da curva de calibração do padrão através do teste T-student com a ferramenta Microsoft Excel Data Analysis para amostras relacionadas.

#### 2.4.3. Precisão.

De acordo com os seguintes passos:

Com um frasco sem o analito de interesse, é fortificado com o corante padrão tartrazina em três níveis de concentração. Ser alto, médias e baixas na ordem de 6, 18 e 30 mg/L, respetivamente.

Com os dados recolhidos da curva de calibração, foi calculada a percentagem de recuperação realizada com a matriz reforçada.

A fiabilidade do método foi verificada pela percentagem de recuperação, avaliada segundo os critérios internacionais da AOAC. Para este cálculo, foi aplicada a relação matemática que permite contrastar a quantidade de analito recuperada com o valor real acrescentado, garantindo assim a precisão da análise:

$$\% \text{Recuperación} = \frac{\text{Valor obtenido } (\bar{x})}{\text{Valor real}} \times 100 \quad (1)$$

#### 2.4.4. Precisão.

A precisão é selecionada por dois parâmetros: precisão intermédia e repetibilidade.

- **Repetibilidade:** A obtenção de leituras em triplicado a partir das soluções de controlo baseia-se em 3 níveis de concentração, o padrão, com o mesmo equipamento, laboratório e analista, com um curto momento.
- **Precisão intermédia:** A partir de um nível de concentração, as leituras são feitas em triplicado em 3 dias, pelo mesmo laboratório e equipamento e por diferentes analistas.
- **Calcule** a partir dos dados obtidos da precisão e repetibilidade intermédias com os parâmetros estatísticos abaixo:

$$\% \text{CV} = \frac{S}{\bar{X}} \times 100\% \quad (2)$$

X: Médio

S: Desvio padrão.

% CV: coeficiente de variação

O método é mais preciso quanto menor for o % de CV, pelo que, segundo o limite de aceitação deste parâmetro, deve ser inferior a 2% [35]

#### 2.4.5. Leitura de amostras usando espectrofotómetro UV/VIS.

1. As amostras foram rotuladas de acordo com o setor obtido.
2. Diluições 1:10 foram preparadas em frascos volumétricos de 25ml, lavados até ao volume com água destilada para cada bebida
3. Foi realizado em triplicado, as leituras eram temporizadas, a 427nm de comprimento de onda.
4. A concentração de tartrazina a partir da equação da linha foi determinada nas amostras e multiplicada pelo fator de diluição 1:10.

#### 2.4.6. Análise estatística das amostras.

1. Foi aplicada a Estatística SPSS
2. Foi aplicado o teste de Shapiro-Wilk para cada amostra
3. Para cada amostra por marca de bebida, foi aplicado o teste de Shapiro-Wilk

- Foram determinadas regressões lineares e análises de correlação para cada amostra por marca de bebida.

### 3. Resultados.

#### 3.1. Construção da curva de calibração

A curva de calibração baseou-se noutros estudos com modificação do último ponto da curva.

Tabela 1. Absorção vs Concentração de Tartrazina

| CONCENTRAÇÃO DE TARTRAZINA mg/L | ABSORVÂNCIA (ABS) |
|---------------------------------|-------------------|
| 6                               | 0.2412            |
| 12                              | 0.5131            |
| 18                              | 0.7467            |
| 24                              | 1.000             |
| 30                              | 1.2195            |

Fonte: Bonilla, et al, 2026

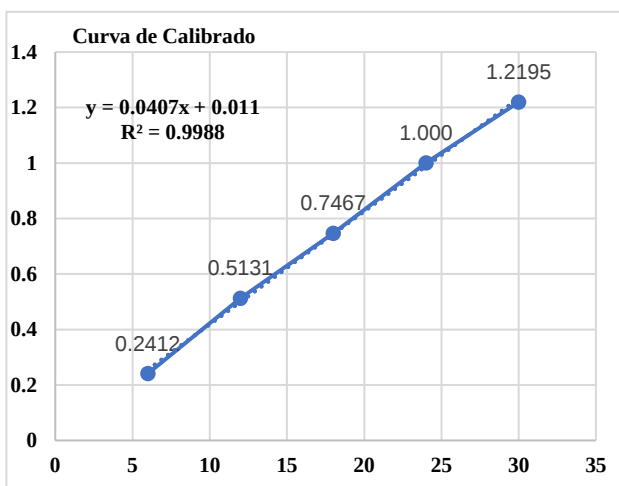


Figura 1. Curva de calibração para o padrão de tartrazina.

#### 3.2. Teste de um método analítico utilizando um espectrofotômetro UV-VISÍVEL

##### 3.2.1. Especificidade

Estudo do Efeito Matricial. Calculou a especificidade do método, adicionando o Padrão a uma matriz em branco.

Tabela 2. Concentração de tartrazina em matriz fortificada vs Absorvância

Fonte: Bonilla, et al, 2026

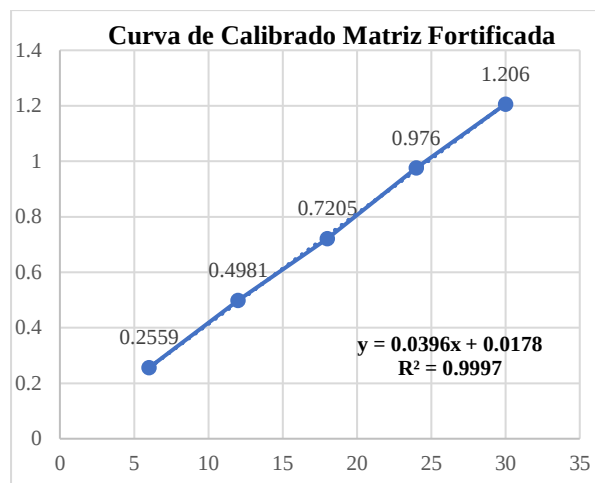


Figura 2. Curva de Calibração da Matriz Reforçada

A avaliação da especificidade do método através do estudo do efeito matricial foi realizada através de uma curva de calibração numa matriz reforçada, obtendo a relação linear entre a concentração de tartrazina. E absorção. A equação da linha ( $y = 0,0396x + 0,0178$ ) apresentou um elevado coeficiente de determinação ( $R^2 = 0,9997$ ), o que evidencia a excelente correlação linear na gama de concentrações analisadas. Este comportamento indica que a concentração do analito é diretamente proporcional à resposta do método mesmo na presença de componentes da própria matriz.

Da mesma forma, a baixa dispersão dos pontos experimentais em relação à linha de regressão sugere que não há interferência significativa da matriz na determinação da tartrazina. O valor de interceção quase nula (0,0178) confirma a contribuição mínima dos sinais de fundo ou possíveis compostos interferentes. Em conjunto, estes resultados demonstram que o método é específico para a quantificação da tartrazina na matriz avaliada, garantindo que o sinal analítico obtido corresponde especificamente ao analito de questão.

A seletividade do método foi avaliada comparando as absorvâncias de uma curva de calibração pura e de uma matriz fortificada com as mesmas doses de tartrazina. Através de um teste T unilateral para estudantes, foi examinado se a matriz induzia um aumento significativo

| Concentração de tartrazina mg/L | Absorção (ABS) |
|---------------------------------|----------------|
| 6                               | 0.2559         |
| 12                              | 0.4981         |
| 18                              | 0.7205         |
| 24                              | 0.9760         |
| 30                              | 1.2060         |

do sinal, garantindo assim que os resultados obtidos dependiam exclusivamente do corante e não de interferentes externos. As hipóteses foram avaliadas:

Olá: Se houver uma diferença significativa

Ho: Não há diferença significativa

Decisão: Se  $t_{\text{crítico}} > t$ , Ho for admitido, pois não há diferença significativa.

**Tabela 3. Teste Unilateral T-Student de Amostras Relacionadas**

| Prueba t-student                     | Abdominais. Curva padrão | Abdominais. Curva fortificada |
|--------------------------------------|--------------------------|-------------------------------|
| Media                                | 0.7441                   | 0.7314                        |
| Variância                            | 0.1495                   | 0.1415                        |
| Observações                          | 5                        | 5                             |
| Coeficiente de correlação de Pearson | 0.9995                   |                               |
| Diferença hipotética das médias      | 0                        |                               |
| Graus de liberdade                   | 4                        |                               |
| Estatística Tr                       | 1.7528                   |                               |
| P-valor, uma cauda                   | 0.0773                   |                               |
| Valor crítico do t-critic (uma fila) | 2.1318                   |                               |

Fonte: Bonilla, et al, 2026

O valor de  $t_r$  é 1,7528 e o valor crítico  $t$  é 2,1318, uma vez que o crítico  $t$  é maior que  $t_r$ , porque a hipótese nula ( $H_0$ ) foi admitida. Portanto, não se observa diferença significativa nas médias de absorção, e a matriz não influencia as leituras no espectrofotômetro de absorvância considerado um método específico.

### 3.2.2. Precisão.

A precisão do método foi demonstrada pela percentagem de recuperação das matrizes reforçadas. As concentrações analisadas foram feitas em triplicado em três níveis de concentração: alto, médio e baixo das matrizes fortificadas.

**Tabela 4. Percentagem de recuperação de matrizes reforçadas.**

| Conc. Mg/l | Absorção |        |        | Baile  | Conc. Obtido | % de recuperação |
|------------|----------|--------|--------|--------|--------------|------------------|
| 6          | 0.2432   | 0.2423 | 0.2423 | 0.2426 | 5.6768       | 94.6128          |
| 18         | 0.7405   | 0.7408 | 0.7414 | 0.7409 | 18.2601      | 101.4450         |
| 30         | 1.2018   | 1.2035 | 1.2024 | 1.2026 | 29.9184      | 99.7278          |

Fonte: Bonilla, et al, 2026

O estudo de recuperação mostrou um desempenho adequado do método analítico na matriz avaliada. Para os níveis de concentração de 6, 18 e 30 mg/L, foram obtidas percentagens de recuperação de 94,61%, 101,45% e 99,73%, respectivamente, valores dentro do intervalo aceitável para métodos espectrofotométricos. Da mesma forma, as concentrações obtidas (5,68, 18,26 e 29,92 mg/L) apresentaram uma elevada concordância com as concentrações teóricas, o que indica boa precisão do método. A baixa variabilidade entre medições de absorvância reflete uma precisão adequada. No geral, estes resultados demonstram que o método é fiável para a quantificação da tartrazina na matriz analisada, sem evidenciar interferências significativas que afetem a sua recuperação.

### 3.2.3. Precisão.

A quantificação foi avaliada usando o método de precisão e repetibilidade intermédias. A precisão do método foi

estabelecida pelo Desvio Padrão (DS) e o critério foi admitido com a percentagem do Coeficiente de variação (CV%).

### 3.2.3.1. Repetibilidade.

As leituras foram feitas em triplicado a partir de três níveis de concentração das soluções de controlo do padrão, com o mesmo laboratório, equipamento e analista, num curto período de tempo.

**Tabela 5. Repetibilidade a 3 níveis de concentração.**

| Conc. Mg/l | Absorção |        |        | Baile. | Ds     | Cv%    |
|------------|----------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 6          | 0.2422   | 0.2369 | 0.2447 | 0.2413 | 0.0040 | 1.6508 |
| 18         | 0.7335   | 0.7458 | 0.7491 | 0.7428 | 0.0082 | 1.1068 |
| 30         | 1.2162   | 1.2262 | 1.2110 | 1.2178 | 0.0077 | 0.6344 |

Fonte: Bonilla, et al, 2026

A percentagem do coeficiente de variação situa-se abaixo do critério de aceitação nos 3 níveis (baixo, médio e alto), que deve ser <2%, para o primeiro nível é 1,6508%, para o segundo nível é 1,1068% e finalmente o terceiro nível é 0,6344%.

### 3.2.3.2. Precisão intermédia.

Foi determinado a partir do nível mais elevado de concentração, em três dias as leituras em triplicado, pelo mesmo laboratório, equipamento e diferentes analistas.

**Tabela 6. Avaliação da Precisão Intermédia ao nível de concentração mais elevado**

| Conc. mg/L | Absorção |        |        | Baile. | Ds     | Cv%    |
|------------|----------|--------|--------|--------|--------|--------|
|            | Dia 1    | Dia 2  | Dia 3  |        |        |        |
| 30         | 1.2392   | 1.239  | 1.2162 | 1.2277 | 0.0118 | 0.9603 |
|            | 1.2193   | 1.2199 | 1.2262 |        |        |        |
|            | 1.2434   | 1.2355 | 1.211  |        |        |        |

Fonte: Bonilla, et al, 2026

No nível de concentração mais elevado, o desvio padrão é 0,0118 e o coeficiente de variação é 0,9603%, o que é aceite, pois deve ser <2%. Cumprindo os dois parâmetros, é evidente que o método é Preciso.

## 3.3. Determinação espectrofotométrica UV-VISÍVEL da Tartrazina em refrigerantes não carbonatados com sabor a laranja.

Cada amostra foi rotulada seguindo os parâmetros da recolha, que recebem os códigos para as respetivas marcas, sendo A, B e C seguidas pela primeira letra do setor selecionado, sendo N (Norte), S (Sul), O (OESTE) e E (ESTE), e finalmente, numeradas de 1 a 4 para distinguir do lote escolhido. Para determinar a concentração de Tartrazina em refrigerantes com sabor a laranja, usando a equação da linha disposta pela curva de calibração e a resposta foi multiplicada pelo Fator de Diluição (FD), da seguinte forma:

$$y = mx + b \quad (3)$$

Exemplo: No exemplo com o código "AN1" foi analisado da seguinte forma:

$$0.5712 = 0.0407x + 0.0110 \quad (4)$$

$$x = \frac{0.5712 - 0.0110}{0.0407} * 10 \quad (5)$$

$$x = 137.6413 \text{ mg/L} \quad (6)$$

**Tabela 7. Concentrações de Tartrazina em amostras de refrigerantes não carbonatados.**

| Código | Tartrazina mg/L | Código | Tartrazina mg/L | Código              | Tartrazina mg/L |
|--------|-----------------|--------|-----------------|---------------------|-----------------|
| AN1    | 137.6413        | BN1    | 96.6585         | CN1                 | 55.6020         |
| AN2    | 133.8329        | BN2    | 96.5111         | CN2                 | 55.0614         |
| AN3    | 136.6830        | BN3    | 93.8329         | CN3                 | 55.2334         |
| AS1    | 138.8206        | BS1    | 99.8034         | CS1                 | 57.9361         |
| AS2    | 139.2875        | BS2    | 99.6069         | CS2                 | 58.4275         |
| AS3    | 138.9926        | BS3    | 99.5577         | CS3                 | 57.6904         |
| AE1    | 133.0958        | BE1    | 100.0491        | CE1                 | 52.2359         |
| AE2    | 132.7273        | BE2    | 99.4103         | CE2                 | 51.0319         |
| AE3    | 132.3833        | BE3    | 98.9189         | CE3                 | 50.8600         |
| AO1    | 132.5799        | BO1    | 103.5872        | CO1                 | 54.1523         |
| AO2    | 131.9410        | BO2    | 103.2678        | CO2                 | 53.6118         |
| AO3    | 130.1794        | BO3    | 102.1450        | CO3                 | 53.4398         |
| Baile. | 134.8471        | Baile. | 99.4457         | Baile de finalistas | 54.6069         |
| DS     | 3.2178          | DS     | 2.8242          | DS                  | 2.5545          |
| CV%    | 2.2938 %        | CV%    | 2.8399 %        | CV%                 | 4.6779 %        |

Fonte: Bonilla, et al, 2026

O estudo demonstrou contrastes críticos entre as marcas analisadas. A marca "A" excede sistematicamente o limite de 100 mg/L estipulado pela FAO e pelos regulamentos da Colômbia e do México, cumprindo apenas a legislação salvadorenha, que é menos restritiva. Por outro lado, a marca "B" apresenta uma conformidade irregular, excedendo os limites internacionais apenas nas suas três primeiras amostras (BO1-BO3). Em contraste, a marca "C" destacou-se como o único produto que respeita os padrões globais em todas as suas amostras, garantindo o uso responsável da tartrazina e a conformidade com as especificações de segurança alimentar.

### 3.4. Análise estatística de refrigerantes não carbonatados com sabor a laranja.

#### 3.4.1. Shapiro - Wilk.

Foi analisado estatisticamente com as Estatísticas da SPSS para verificar se a variável (Concentração de Tartrazina) se enquadra numa distribuição normal; os critérios de aceitação para a hipótese são os seguintes:

Olá: As amostras não têm distribuição normal. (Dados não paramétricos)

Ho: As amostras têm distribuição normal (Dados Paramétricos)

**Tabela 8. Teste de Normalidade de Shapiro-Wilk**

|                    |                                                                                                                         |
|--------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Hipótese        | Ho: a variável "tartrazina" vem de uma população normal<br>Olá: a variável "tartrazina" não vem de uma população normal |
| 2. Significado     | A – 5% – 0,05                                                                                                           |
| 3. Valor Calculado | 0.846                                                                                                                   |
| 4. P - valor       | p= <0,001                                                                                                               |
| 5. Decisão         | Se $p > \alpha$ aceito o meu Ho, caso contrário Hi é aceite<br>0,001 < 0,05, porque o Ho                                |
| 6. Conclusão       | A variável "Tartrazina" não provém de uma população normal, pelo que os dados são não paramétricos.                     |

Fonte: Bonilla, et al, 2026

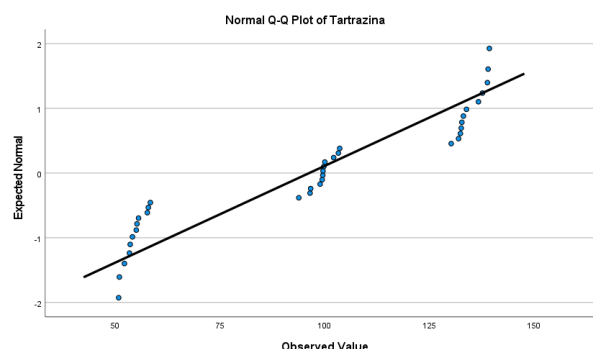


Figura 3. Normalidade da tartrazina

A Figura 3 mostra o gráfico normal Q-Q da tartrazina, mostrando a comparação entre os valores esperados e os valores observados sob uma distribuição normal. Quase todos os pontos estão alinhados próximos da linha base, sugerindo uma tendência geral para a normalidade dos dados. No entanto, são evidentes ligeiras variações nos extremos, particularmente nos valores mais baixos e mais altos, indicando possíveis assimetrias ou a presença de variabilidade nos dados. No geral, embora os dados mostrem algum ajuste à distribuição normal, estes desvios justificam que a normalidade não é completamente cumprida, o que é consistente com os dados obtidos pelo teste de Shapiro-Wilk.

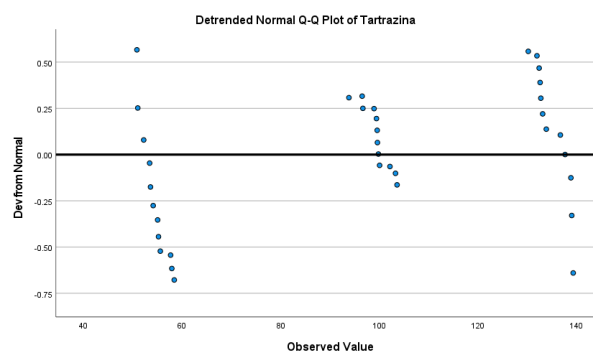


Figura 4. Normalidade sem tendência de tartrazina

A Figura 4 mostra o gráfico normal Q-Q com destendência que complementa a interpretação da Figura 3 Q-Q acima, mostrando os desvios dos dados em relação à distribuição normal em função da linha de base (zero). Neste caso,

pode-se ver que os pontos não estão distribuídos aleatoriamente em torno da linha horizontal, mas apresentam padrões sistemáticos: valores negativos agrupados na extremidade inferior e valores positivos na extremidade superior. Este comportamento confirma a presença de desvios em relação à normalidade, evidenciando assimetria na distribuição dos dados. De acordo com o gráfico Q-Q anterior, onde ligeiras separações da linha nas extremidades já eram visíveis, o grafo de detendência reforça que estes desvios não são aleatórios, mas estruturais. Portanto, ambos os gráficos apoiam o resultado do teste de Shapiro-Wilk, indicando que os dados não têm uma distribuição normal e apresentam variabilidade associada às diferenças entre as concentrações das amostras analisadas.

### 3.5. Análise estatística de cada marca de bebida refrescante com sabor a laranja não gaseificada.

Utilizando as Estatísticas SPSS, os resultados obtidos de cada marca de bebidas foram analisados estatisticamente de forma independente; através do teste de Shapiro-Wilk, determinou-se se os dados são não paramétricos ou paramétricos e utilizou-se uma análise adequada da correlação entre as duas variáveis (Dependente: Absorvância e Independente: coloração com Tartrazina), evidenciando o grau de variância ou relação encontrada entre as amostras, culminando com a análise de regressão linear para Prever o valor de uma variável a partir de outra.

#### 3.5.1. Análise estatística: Refrigerante da marca "A"

##### 3.5.1.1. Shapiro-Wilk.

Critérios para a admissão da hipótese:

Ho: As amostras têm uma distribuição normal. (Dados Paramétricos)

Olá: As amostras não têm uma distribuição normal. (Dados não paramétricos)

**Tabela 9. Teste de normalidade "Shapiro-Wilk" para bebida da marca "A"**

|                    |                                                                                                                          |
|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Hipótese        | Ho: a variável "tartrazina" vem de uma população normal<br>Olá: a variável "tartrazina" não vem de uma população normal  |
| 2. Significado     | A – 5% – 0,05                                                                                                            |
| 3. Valor Calculado | 0.884                                                                                                                    |
| 4. P - valor       | p = .098                                                                                                                 |
| 5. Decisão         | Se $p > \alpha$ aceito o meu Ho, caso contrário Hi é aceite<br>$0,098 > 0,05$ , então Ho                                 |
| 6. Conclusão       | A variável "Tartrazina" na Marca "A" de refrigerante provém de uma população normal, pelo que os dados são paramétricos. |

Fonte: Bonilla, et al, 2026

##### 3.5.1.2. Correlação linear.

A bebida com a marca "A" corresponde a dados paramétricos (ajustam-se a uma normalidade), pelo que foi feita uma análise de correlação Pearson

**Mesa 10. Correlação de bebidas com a marca "A"**

| Correlação |                       |         |         |
|------------|-----------------------|---------|---------|
| Para       | Correlação de Pearson | 1       | 0,997** |
|            | Sig. (1-cola)         |         | <0,001  |
|            | N                     | 12      | 12      |
| Tartrazina | Correlação de Pearson | 0,997** | 1       |
|            | Sig. (1-cola)         | <0,001  |         |
|            | N                     | 12      | 12      |

\*\* . A correlação é significativa ao nível de 0,01 (1-cauda).

Fonte: Bonilla, et al, 2026

Observa-se uma correlação positiva entre as duas variáveis maior que 0 e próxima de 1, sendo 0,997, pelo que se encontra um elevado grau de relação entre elas.

### 3.5.2. Análise estatística: Refrigerante da marca "B"

#### 3.5.2.1. Shapiro-Wilk.

Critérios para aceitação da hipótese:

Ho: As amostras seguem uma distribuição normal. (Dados Paramétricos)

Hi: As amostras não tendem a uma distribuição normal (dados não paramétricos)

**Tabela 11. Teste de normalidade "Shapiro-Wilk" para refrigerante da marca "B"**

|                    |                                                                                                                         |
|--------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Hipótese        | Ho: a variável "tartrazina" vem de uma população normal<br>Olá: a variável "tartrazina" não vem de uma população normal |
| 2. Significado     | A – 5% – 0,05                                                                                                           |
| 3. Valor Calculado | 0.942                                                                                                                   |
| 4. P - valor       | p = .524                                                                                                                |
| 5. Decisão         | Se $p > \alpha$ aceito o meu Ho, caso contrário Hi é aceite<br>$0,524 > 0,05$ , portanto Ho é aceite                    |
| 6. Conclusão       | A variável "Tartrazina" na bebida Marde ca "B" provém de uma população normal, pelo que os dados são paramétricos.      |

Fonte: Bonilla, et al, 2026

#### 3.5.2.2. Correlação linear.

O refrigerante da marca "B" é dado paramétrico que corresponde a uma normalidade), por isso, foi realizada uma análise de correlação Pearson.

**Tabela 12. Correlação dos refrigerantes da marca "B"**

| Correlação |                       |         |         |
|------------|-----------------------|---------|---------|
| Para       | Correlação de Pearson | 1       | 0,996** |
|            | Sig. (1-cola)         |         | <0,001  |
|            | N                     | 12      | 12      |
| Tartrazina | Correlação de Pearson | 0,996** | 1       |
|            | Sig. (1-cola)         | <0,001  |         |
|            | N                     | 12      | 12      |

\*\* . A correlação é significativa ao nível de 0,01 (1-cauda).

Fonte: Bonilla, et al, 2026

Entre as duas variáveis, é demonstrada uma correlação positiva próxima de 1 e superior a 0, com um valor de

0,996, uma vez que se estabelece um elevado grau de relação entre as amostras.

### 3.5.3. Análise estatística: Bebida refrescante Marca "C"

#### 3.5.3.1. Shapiro-Wilk.

Crítérios para aceitação da hipótese:

Ho: As amostras tendem a ser distribuídas normalmente. (Dados Paramétricos)

Olá: As amostras não seguem uma distribuição normal. (Dados não paramétricos)

**Tabela 13. Teste de normalidade "Shapiro-Wilk" para o refrigerante da marca "C"**

|                    |                                                                                                                         |
|--------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Hipótese        | Ho: a variável "tartrazina" vem de uma população normal<br>Olá: a variável "tartrazina" não vem de uma população normal |
| 2. Significado     | A – 5% – 0,05                                                                                                           |
| 3. Valor Calculado | 0.945                                                                                                                   |
| 4. P - valor       | p = .576                                                                                                                |
| 5. Decisão         | Se $p > \alpha$ admitir o meu Ho, caso contrário Hi é aceite<br>0,098 > 0,05, por isso o Ho                             |
| 6. Conclusão       | A variável "Tartrazina" na bebida da Marca "C" provém de uma população normal, pelo que os dados são Paramétricos.      |

Fonte: Bonilla, et al, 2026

#### 3.5.3.2. Correlação linear.

A marca "C" da bebida são dados paramétricos (seguem uma normalidade), pelo que foi realizada uma análise de Correlação de Pearson.

**Tabela 14. Correlação de bebidas com a marca "C"**

| Correlação |                       |         |            |
|------------|-----------------------|---------|------------|
|            |                       | Para    | Tartrazina |
| Para       | Correlação de Pearson | 1       | 1.000**    |
|            | Sig. (1-cola)         |         | <0,001     |
|            | N                     | 12      | 12         |
| Tartrazina | Correlação de Pearson | 1.000** | 1          |
|            | Sig. (1-cola)         | <0,001  |            |
|            | N                     | 12      | 12         |

\*\* . A correlação é significativa ao nível de 0,01 (1-cauda).

Fonte: Bonilla, et al, 2026

É evidenciada uma correlação positiva perfeita entre as duas variáveis, sendo 1.000, determinando assim um grau perfeito de relação entre as amostras.

## 4. Discussão

Os resultados obtidos mostraram uma variabilidade significativa no conteúdo de tartrazina entre as marcas analisadas, destacando que uma delas ultrapassou o limite máximo permitido de 100 mg/L. Esta conclusão refere-se a possíveis deficiências no controlo de qualidade durante a formulação industrial, que representam um risco potencial para o consumidor. Estudos recentes relataram que os corantes azo, como a tartrazina, ainda são amplamente

utilizados devido à sua estabilidade e baixo custo, embora a sua dosagem inadequada possa levar ao incumprimento regulatório. [15]

Do ponto de vista analítico, o método espectrofotométrico UV-Visível utilizado demonstrou elevada fiabilidade, evidenciada por excelente linearidade ( $R^2 = 0,9997$ ) e percentagens adequadas de recuperação. Estes resultados são consistentes com investigações recentes que enfatizam a utilidade de métodos ópticos acessíveis e de baixo custo para a quantificação de corantes em alimentos, que podem alcançar coeficientes de correlação superiores a 0,99 e ser comparáveis a técnicas mais complexas como a HPL [36]

Em relação à análise estatística, a não normalidade dos dados sugere uma distribuição heterogênea do conteúdo de tartrazina entre amostras comerciais. Esta variabilidade foi reportada em estudos recentes, que indicam que diferenças na formulação, nos processos industriais e no controlo de qualidade influenciam diretamente a concentração final de corantes em rações. Além disso, estes resultados reforçam a necessidade de aplicar ferramentas estatísticas adequadas para interpretar dados reais em matrizes alimentares. [16]

Quando comparado com a literatura atual, observa-se que a presença de concentrações próximas ou acima dos limites regulatórios não é um caso isolado. Vários estudos levantaram preocupações sobre a segurança da tartrazina, incluindo possíveis efeitos toxicológicos associados ao uso prolongado, o que levou a revisões científicas recentes focadas nos seus efeitos biológicos e potenciais riscos. [37][38]

Por fim, os resultados do presente estudo estão alinhados com uma tendência crescente na investigação: o desenvolvimento de métodos mais sensíveis, sustentáveis e rápidos para a deteção de corantes alimentares, incluindo sensores fluorescentes e técnicas eletroquímicas avançadas. Há também um interesse crescente em substituir corantes sintéticos por alternativas naturais, impulsionado pela procura dos consumidores e por regulamentos mais rigorosos. Neste contexto, é destacada a importância de reforçar os sistemas de monitorização e controlo para garantir a segurança alimentar. [39]

## 5.- Conclusões

Foi estabelecido um protocolo de amostragem na cidade de Guayaquil, selecionando um dos estabelecimentos comerciais mais populares, para garantir a representatividade das bebidas refrescantes e com sabor a laranja disponíveis no mercado local. Foi aplicada uma amostragem estratificada aleatória, que permitiu obter amostras representativas de diferentes marcas comerciais, otimizando a eficiência e validade do processo de recolha de dados de acordo com o objetivo proposto.

A quantificação da tartrazina (E-102) por espectrofotometria UV-Visível demonstrou que o método

analítico utilizado é adequado, fiável e reproduzível para este tipo de matriz. Foi obtida excelente linearidade ( $R^2 > 0,99$ ), confirmando a proporcionalidade entre absorção e concentração. A especificidade foi verificada estudando o efeito da matriz, evidenciando a ausência de interferência significativa dos componentes da bebida. Da mesma forma, a precisão apresentou percentagens de recuperação entre 94% e 101%, dentro dos intervalos aceites pelo AOAC, e a precisão, avaliada em termos de repetibilidade e precisão intermédia, mostrou coeficientes de variação inferiores a 2%. No entanto, a variabilidade observada entre marcas, refletida em desvios padrão elevados, sugere possíveis efeitos associados à estabilidade do corante, influenciados por fatores como o tempo de armazenamento, exposição à luz e condições industriais de processamento.

Em relação ao objetivo do estudo, verificou-se que uma das três marcas analisadas (Marca A) apresentava concentrações de tartrazina superiores ao limite máximo permitido de 100 mg/L estipulado por regulamentos internacionais (FAO e regulamentos de países como a Colômbia e o México). Esta conclusão revela uma potencial incumprimento das normas de segurança alimentar, o que destaca a necessidade de reforçar os métodos de controlo e regulação no contexto equatoriano, onde atualmente não existem regulamentos específicos para este aditivo nas bebidas. Neste sentido, o estudo fornece evidências científicas relevantes que contribuem para o conhecimento sobre a presença e variabilidade de corantes artificiais nas bebidas comercializadas, e constitui um ponto de partida para outros estudos e o desenvolvimento de políticas públicas destinadas à proteção do consumidor e ao controlo dos aditivos alimentares.

## 6.- Contribuições dos Autores (Taxonomia dos Papéis dos Colaboradores (CRediT))

1. Conceptualização: Carlos Valdiviezo.
2. Curadoria de dados: Stefanie Bonilla.
3. Análise formal: Stefanie Bonilla.
4. Aquisição de fundos: Não aplicável.
5. Investigação: Stefanie Bonilla, Carlos Valdiviezo
6. Metodologia: Luis Romero, Stefanie Bonilla, Carlos Valdiviezo, Michael Rendón.
7. Gestão de projetos: Stefanie Bonilla
8. Recursos: Carlos Valdiviezo, Michael Rendón.
9. Software: Não aplicável.
10. Supervisão: Carlos Valdiviezo
11. Validação: Stefanie Bonilla, Carlos Valdiviezo
12. Visualização: Luis Romero, Michael Rendón.
13. Argumento - rascunho original: Luis Romero, Stefanie Bonilla
14. Escrita - revisão e edição: Stefanie Bonilla, Carlos Valdiviezo, Luis Romero, Michael Rendón.

## 7.- Referências.

- [1] L. Ulloa, F. Zavala e M. Sisniegas, «Efeito citotóxico da Tartrazina no índice mitótico das células meristem de Allium cepa.», *REBIOL.*, vol. 35, nº 1, pp. 43-48, 2015. <https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/faccbiol/article/view/874>.
- [2] K. Rovina, S. Siddiquee y S. M. Shaarani, «Uma Revisão dos Métodos de Extração e Análise para a Determinação da Tartrazina (E 102) em Alimentos», *PubMed*, vol. 47, nº 4, pp. 309-324, 2017. <https://doi.org/10.1080/10408347.2017.1287558>.
- [3] P. Amchova, F. Sisk e J. Ruda-Kucerova, "Segurança da tartrazina na indústria alimentar e potenciais fatores de proteção," *Heliyon*, vol. 10, nº 18, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e38111>.
- [4] B. Xla, M. R. Zainal Abidin, J. X. Wong, H. Dong e S. A. Karim, «Os aditivos alimentares são utilizados de forma criteriosa? Novas Perspetivas sobre Riscos, Benefícios e Limites Éticos para a Saúde,» *Food reviews International*, vol. 42, nº 2, 2026. <https://doi.org/10.1080/87559129.2025.2496947>.
- [5] M. Carocho, . P. Morales y . I. C. Ferreira, «Aditivos alimentares naturais: Quo vadis?», *Trends in Food Science & Technology*, vol. 45, nº 2, pp. 284-295, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2015.06.007>.
- [6] N. Martins, C. Lobo Roriz, . P. Morales, . L. Barros e I. C. Ferreira, «Corantes alimentares: Desafios, oportunidades e desejos atuais das agroindústrias para garantir as expectativas dos consumidores e as práticas regulatórias», *Trends in Food Science & Technology*, vol. 52, pp. 1-15, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.03.009>.
- [7] G. T. Sigurdson, . P. Tang e M. M. Giusti, "Corantes Naturais Livres: Corantes Alimentares de Origem Natural," *Annual Journal of Food Science and Technology*, vol. 8, pp. 261-280, 2017. <https://doi.org/10.1146/annurev-food-030216-025923>.
- [8] G. Tamayo e A. Valverde, "IAEN Digital Repository", junho de 2016. [Online]. Disponível: <http://repositorio.iaen.edu.ec/handle/24000/4852>. [Acedido em 2018-07-13T14:14:34Z].
- [9] R. Kobun, L. Acung y . S. Siddiquee, «Métodos de Extração e Análise para a Determinação do Amarelo do Poente-do-Sol (E110)—uma Revisão», *Food Anal. Methods*, vol. 10, nº 3, p. 773–787, 2017. DOI:10.1007/s12161-016-0645-9.
- [1] M. Oplatowska-Stachowiak y C. T. Elliott, «Corantes alimentares: preocupações existentes e emergentes sobre a segurança alimentar,» *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, vol. 57, nº 3, pp. 524-548, 2016. <https://doi.org/10.1080/10408398.2014.889652>.
- [1] Z. Birino de Oliveira, D. V. Silva da Costa, A. Quaresma da Silva Júnior, A. de Lima Silva, R. C. Ferrer de Santana, I. C. Gonçalves Costa, S. Freitas de Sousa Ramos e G. Padilla, "Corantes Sintéticos nos Alimentos: Um Aviso para a Saúde Infantil." *International Journal of Environmental Research and Public Health*, vol. 21, N.º 6, p. 682, 2024. DOI: 10.3390/IJERPH21060682.
- [1] R. Rodriguez Espinoza, J. F. Rivero Méndez e J. L. Mendoza Bobadilla, "Avaliação de corantes sintéticos em bebidas comercializadas na cidade de Trujillo no período 2018 - 2019," *Journal of scientific and technological*

- research, vol. 2, nº 3, 2021. <https://orcid.org/0000-0002-8867-9331>.
- [1] K. Ntrallou, H. Gika y E. Tsochatzis, «Técnicas Analíticas e de Preparação de Amostras para a Determinação de Corantes Alimentares em Matrízes Alimentares», *MDPI: foods*, vol. 9, nº 1, p. 58, 2020. <https://doi.org/10.3390/foods9010058>.
- [1] A. Aberoumand, «Artigo de Revisão sobre Propriedades e Fontes de Pigmentos Comestíveis como Biocolorantes Naturais na Indústria Alimentar e Alimentar», *World Journal of Dairy & Food Sciences*, vol. 6, nº 1, pp. 71-78, 2011. [https://idosi.org/wjdfs/wjdfs6\(1\)/11.pdf](https://idosi.org/wjdfs/wjdfs6(1)/11.pdf).
- [1] S. S. Chaudhari, P. O. Patil, S. B. Bari y Z. G. Kha, «Uma exploração abrangente da detecção da tartrazina em produtos alimentares: Aproveitando nanomateriais de fluorescência e sensores eletroquímicos: progressos recentes e tendências futuras», *Food Chemistry*, vol. 433, p. 137425, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.137425>.
- [1] F. S. Tamer, T. Oymak y E. Dural, «Determinação de sete colorantes sintéticos em farmacêuticos, alimentos e bebidas por um método HPLC-PDA validado: Um estudo de avaliação de risco», *Journal of Food Composition and Analysis*, vol. 136, p. 106797, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2024.106797>.
- [1] Y. Ni, Y. Wang y S. Kokot, «Análise cinética 7] espectrofotométrica simultânea de cinco corantes alimentares sintéticos com auxílio de quimiometria», *Talanta*, vol. 78, nº 2, pp. 432-441, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2008.11.035>.
- [1] . Á. San Miguel Hernández,, J. A. Garrote Agradados, Á. San Miguel Rodríguez,, R. M. Lobo Valentín, . B. Martín Armentia,, A. Armentia Medina e J. M. Rodríguez Valencia, «Alergia hipersensível a aditivos e enzimas alimentares na biotecnologia alimentar», *Fundación Dialnet*, vol. 112, nº 3, 2015. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5647948>.
- [1] G. Velázquez-Sámano, R. Collado-Chagoya, R. A. Cruz-Pantoja, A. A. Velasco-Medina e J. Rosales-Guevara, "Reações de hipersensibilidade a aditivos alimentares," *Revista alergia México*, vol. 66, nº 3, 2020. <https://doi.org/10.29262/ram.v66i3.613>.
- [2] K. B. Ayala Pastaz, J. A. Pineda Insuasti, A. S. Duarte 0] Trujillo, C. P. Soto Arroyave e C. A. Pineda Soto, "Toxicidade dos corantes sintéticos: do global ao Equador," *Revista Biorrefinería*, vol. 1, nº 1, 2018. <https://www.cebaecuador.org/wp-content/uploads/2021/03/Biorrefineria%CC%81a-1-40-48.pdf>.
- [2] R. Sánchez Juan, «LA QUIMICA DEL COLOR EN LOS 1] ALIMENTOS», *Revista Química Viva*, vol. 3, 2013. <https://www.redalyc.org/pdf/863/86329278005.pdf>.
- [2] D. Marcano, Introdução à Química dos Corantes, Caracas, 2] Venezuela: Lição de Disseminação Científica e Tecnológica. Academia de Ciências Físicas, Matemáticas e Naturais, 2018. <https://acifiman.org/wp-content/uploads/2023/01/introduccion-a-la-quimica-de-los-colorantes.pdf>.
- [2] E. Stich y S. Fallah, «Alimentos com corantes e corantes 3] alimentares: qualidade, diferenciação e requisitos regulamentares», de *Manual on Natural Pigments in Food and Beverages (Segunda Edição)*, Países Baixos, Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition, 2024. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-99608-2.00008-2>, pp. 3-31.
- [2] C. Valdiviezo, S. Bonilla e E. Puebla Campoverde, 4] «DETERMINAÇÃO ESPECTROFOTOMÉTRICA DA TARTRAZINA E-102 EM BEBIDAS NÃO GASEIFICADAS NA CIDADE DE GUAYAQUIL – EQUADOR...», de *Diálogo do Conhecimento Transdisciplinar em Conexão com o Bem-Estar Social das Realidades do Século XXI*, Guayaquil, Equador., School of Writers, 2024. <file:///Users/stefaniebonilla/Downloads/LIBROFINAL3011.pdf>, pp. 9-30.
- [2] F. Alcaire, A. Giménez y G. Ares, «Aditivos em alimentos 5] comercializados para crianças no Uruguai, um país emergente da América Latina», *Journal of Nutritional Science*, vol. 14, nº 6, pp. 1-18, 2024. DOI:10.1017/jns.2024.98.
- [2] J. L. Belmonte Vázquez, . I. J. A. Arroyo Córdoba, M. A. 6] Vázquez Guevara, D. Cruz Cruz e E. Peña Cabrera, «Corantes artificiais em alimentos», *REVISTA NATURALEZA Y TECNOLOGIA UNIVERSIDAD DE GUANAJUATO*, vol. 10., p. 25, 2016. <http://www.naturalezaytecnologia.com/index.php/nyt/article/view/204>.
- [2] P.E. e d. Conselho, 'Regulamento (UE) n.º 231/2012', 7] *Diário Oficial da União Europeia*, p. 295, 22 de março de 2012. <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2012-80430>.
- [2] Painel EFSA ANS (Painel EFSA sobre Aditivos 8] Alimentares e N, «Opinião Científica sobre a reavaliação do ouro (E 175) como aditivo alimentar», *EFSA JOURNAL*, vol. 14, nº 1, 2016. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2016.4362>.
- [2] M. Restrepo Gallego, «Substituição de corantes em 9] alimentos», *Lasallian Journal of Research*, vol. 4, nº 1, pp. 35-39, 2007. <https://www.redalyc.org/pdf/695/69540106.pdf>.
- [3] I. Moutinho, L. Bertges, e A. RVC, "Uso prolongado do 0] corante alimentar tartrazina (FD&C amarelo nº 5) e os seus efeitos na mucosa gástrica dos ratos Wistar," *PubMed*, vol. 67, nº 1, pp. 141-5, 2007. DOI: 10.1590/s1519-69842007000100010019.
- [3] E. O. Chávez Cruz e R. D. Torres Rivera, "Determinação 1] do amarelo nº 5 e nº 6 em bebidas não gaseificadas comercializadas no Campus Central da Universidade de El Salvador," 18, 2016. [Online]. Disponível: <https://hdl.handle.net/20.500.14492/1698>.
- [3] N. INEN, 'Consejo Nacional de Competencias,' [Online]. 2] Disponível: <https://www.competencias.gob.ec/caja-de-herramientas-2/planificar-regular-y-controlar-el-transito-el-transporte-terrestre-y-seguridad-vial/normativa/normas-inen/>.
- [3] R. F. Rodriguez Espinoza, J. F. Rivero Mendez e J. L. 3] Mendoza Bobadilla, "avaliação de corantes sintéticos em bebidas comercializadas na cidade de Trujillo no período de 2018 a 2019," *Journal of Scientific and Technological Research*, vol. 2, nº 3, 2021. DOI:10.47422/ac.v2i3.46.
- [3] H. Zumbado, Análise Instrumental da Alimentação, 4] University Press, 2021.

- [https://www.researchgate.net/publication/348943895\\_Analisis\\_Instrumental\\_de\\_los\\_Alimentos](https://www.researchgate.net/publication/348943895_Analisis_Instrumental_de_los_Alimentos), p. 68.
- [3] A. I. d. I. Alimentos, Espectrometria da absorção molecular ultravioleta e visível, Cuba: Editorial Universitaria.
- [5] Ministério do Ensino Superior. Cuba ISBN: 978-959-16-4542-5, 2021.  
[https://www.researchgate.net/publication/348943895\\_Analisis\\_Instrumental\\_de\\_los\\_Alimentos](https://www.researchgate.net/publication/348943895_Analisis_Instrumental_de_los_Alimentos).
- [3] S. F. Hosseini, T. Heidari, A. Zendegi-Shiraz y M. Ameri,
- [6] «Aplicação de quimiometria baseada em análise de imagem digital para determinação simultânea de tartrazina e amarelo pôr-do-sol em amostras alimentares», *Food Chemistry*, vol. 470, p. 142619, 2025.  
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.142619>.
- [3] Amchova, . F. Siska y. J. Ruda-Kucerova, «Segurança da tartrazina na indústria alimentar e potenciais fatores de proteção», *Heliyon*, vol. 10, nº 18, 2024.  
<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e38111>.
- [3] M. Visternicu, A. Săvucă, V. Rarinca, G. Plavan, C.
- [8] Ionescu, A. Ciobica e I. Miruna Balmus, «Efeitos Toxicológicos da Exposição à Tartrazina: Uma Revisão de Estudos In Vitro e Animais com Implicações para a Saúde Humana», *Toxics*, vol. 13, nº 9, p. 771, 2025.  
<https://doi.org/10.3390/toxics13090771>.
- [3] . S. Jabee, . S. Bano y S. Ahmed, «Determinação
- [9] Eletroquímica de Corantes de Tartrazina e Carmoisina a partir de Soluções Aquosas em Eletrodos Modificados», *Bentham Science*, vol. 21, nº 9, pp. 1320 - 1332, 2025.  
<https://doi.org/10.2174/0115734110329759240902065018>.
- [4] O. Valverde e G. Tamayo, Universidad de Posgrados del
- [0] Estado, junho de 2018. [Online]. Disponível:  
<https://repositorio.iaen.edu.ec/handle/24000/4852>.  
[Acedido em 2018].
- [4] P. Amchova, H. Kotolova y J. Ruda-Kucerova, «Questões
- [1] de segurança para a saúde dos corantes alimentares sintéticos», *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, vol. 73, nº 3, pp. 914-922, 2015.  
<https://doi.org/10.1016/j.yrtph.2015.09.026>.