

**Jorge González Aguilera
Alan Mario Zuffo
(Organizadores)**

Ciências Exatas e da Terra e a Dimensão Adquirida através da Evolução Tecnológica 4



Jorge González Aguilera

Alan Mario Zuffo

(Organizadores)

Ciências Exatas e da Terra e a Dimensão Adquirida através da Evolução Tecnológica 4

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora
Copyright © Atena Editora
Copyright do Texto © 2019 Os Autores
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora
Editora Executiva: Prof^a Dr^a Antonella Carvalho de Oliveira
Diagramação: Karine de Lima
Edição de Arte: Lorena Prestes
Revisão: Os Autores

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^a Dr^a Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof^a Dr^a Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof^a Dr^a Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof^a Dr^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof^a Dr^a Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof^a Dr^a Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Prof^a Dr^a Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof^a Dr^a Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof.^a Dr.^a Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Conselho Técnico Científico

Prof. Msc. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Prof.ª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista
Prof.ª Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof.ª Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
C569	Ciências exatas e da terra e a dimensão adquirida através da evolução tecnológica 4 [recurso eletrônico] / Organizadores Jorge González Aguilera, Alan Mario Zuffo. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019. – (Ciências Exatas e da Terra e a Dimensão Adquirida Através da Evolução Tecnológica; v. 4) Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-475-7 DOI 10.22533/at.ed.757191107 1. Ciências exatas e da terra – Pesquisa – Brasil. 2. Tecnologia. I. Aguilera, Jorge González. II. Zuffo, Alan Mario CDD 509.81
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná - Brasil
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

A obra “*Ciências Exatas e da Terra e a Dimensão Adquirida através da Evolução Tecnológica vol. 4*” aborda uma publicação da Atena Editora, apresenta, em seus 22 capítulos, conhecimentos tecnológicos e aplicados as Ciências Exatas e da Terra.

Este volume dedicado à Ciência Exatas e da Terra traz uma variedade de artigos que mostram a evolução tecnológica que vem acontecendo nestas duas ciências, e como isso tem impactado a vários setores produtivos e de pesquisas. São abordados temas relacionados com a produção de conhecimento na área da matemática, química do solo, computação, geoprocessamento de dados, biodigestores, educação ambiental, manejo da água, entre outros temas. Estas aplicações visam contribuir no aumento do conhecimento gerado por instituições públicas e privadas no país.

Aos autores dos diversos capítulos, pela dedicação e esforços sem limites, que viabilizaram esta obra que retrata os recentes avanços científicos e tecnológicos nas Ciências Exatas e da Terra, os agradecimentos dos Organizadores e da Atena Editora.

Por fim, esperamos que este livro possa colaborar e instigar mais estudantes e pesquisadores na constante busca de novas tecnologias para a área da Física, Matemática, e na Agronomia e, assim, contribuir na procura de novas pesquisas e tecnologias que possam solucionar os problemas que enfrentamos no dia a dia.

Jorge González Aguilera
Alan Mario Zuffo

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
ANÁLISE DE SOBREVIVÊNCIA DE CÉLULAS DE CARCINOMA DE CÂNCER CANINO APÓS IRRADIAÇÃO COM EQUIPAMENTO DE COBALTO	
Paula de Sanctis Brunno Felipe Ramos Caetano Luis Maurício Montoya Flórez Valéria Barbosa de Souza Luís Fernando Barbisan Marco Antônio Rodrigues Fernandes Ramon Kaneno Rogério Antônio de Oliveira Willian Fernando Zambuzzi Noeme Sousa Rocha	
DOI 10.22533/at.ed.7571911071	
CAPÍTULO 2	15
AVALIAÇÃO COMPUTACIONAL DE INTERAÇÕES ENTRE AS PROTEÍNAS M E M2-1 DO VÍRUS SINCICIAL RESPIRATÓRIO HUMANO (HRSV) E RIBAVIRINA	
Ernesto Tavares Neto Leandro Cristante de Oliveira	
DOI 10.22533/at.ed.7571911072	
CAPÍTULO 3	23
ENCAPSULAMENTO DE NANOPARTÍCULAS FERROMAGNÉTICAS EM MATRIZ EPOXÍDICA PARA O TRATAMENTO DE HEPATOCARCINOMA	
Bruno de Vasconcellos Averaldo Hangai Alexandre Zirpoli Simões	
DOI 10.22533/at.ed.7571911073	
CAPÍTULO 4	38
ESTUDO QUÍMICO DO EXTRATO CLOROFÓRMICO DAS FOLHAS DA <i>Annona muricata</i> L.	
Maria Luiza da Silva Pereira Karoline Pereira Ribeiro	
DOI 10.22533/at.ed.7571911074	
CAPÍTULO 5	48
MÉTODO SIMPLIFICADO PARA CALCULAR A ROTAÇÃO DO SOL	
Matheus Leal Castanheira Dietmar Willian Foryta	
DOI 10.22533/at.ed.7571911075	
CAPÍTULO 6	55
MONITORAMENTO AMBIENTAL DOS FOCOS DE QUEIMADAS NO ESTADO DE ALAGOAS PARA OS ANOS DE 2015 E 2016	
Esdras de Lima Andrade Whendel Cezar Silva de Couto Daniel Nivaldo da Conceição Alex Nazário Silva Oliveira Elizangela Lima de Oliveira	
DOI 10.22533/at.ed.7571911076	

CAPÍTULO 7	64
MONITORAMENTO DE IMPACTOS AMBIENTAIS PÓS-IMPLANTAÇÃO DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTOS SANITÁRIOS E AÇÕES CORRELATAS DO ÓRGÃO AMBIENTAL FISCALIZADOR	
Poliana Arruda Fajardo	
DOI 10.22533/at.ed.7571911077	
CAPÍTULO 8	74
OSCILADOR HARMÔNICO: MODELO PARA A DESCRIÇÃO DE SISTEMAS FÍSICOS EM EQUILÍBRIO ESTÁVEL SOFRENDO PEQUENAS OSCILAÇÕES	
Pedro Henrique Ferreira de Oliveira João Philipe Macedo Braga	
DOI 10.22533/at.ed.7571911078	
CAPÍTULO 9	86
PALAVRAS CRUZADAS: UMA FERRAMENTA LÚDICA NO ENSINO DE MATEMÁTICA E DAS CIÊNCIAS DA NATUREZA	
Osmar Luís Nascimento Gotardi Andréa Martini Ribeiro Fernanda Marchiori Grave Letícia Cristiane Malakowski Heck Mario Victor Vilas Boas	
DOI 10.22533/at.ed.7571911079	
CAPÍTULO 10	102
QUANTIFICAÇÃO DE P-FENILENODIAMINA (PPD) EM FORMULAÇÃO DE CORANTE PERMANENTE DE CABELO	
Maria Letícia Mendes Soares Thamiris Costa dos Santos Carolina Venturini Uliana Mariele Mucio Pedroso Hideko Yamanaka	
DOI 10.22533/at.ed.75719110710	
CAPÍTULO 11	111
RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO DIRETO DO POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPS)	
Mariana Basolli Borsatto Beatriz Garcia Silva Paulo César Lodi Rogério Custódio Azevedo Souza Bruna Rafaela Malaghini Caio Henrique Buranello dos Santos	
DOI 10.22533/at.ed.75719110711	

CAPÍTULO 12	121
SAÚDE E SEGURANÇA DO TRABALHO PARA O DESENVOLVIMENTO SEGURO DE BIOPROCESSOS	
Milson dos Santos Barbosa Lays Carvalho De Almeida Isabelle Maria Duarte Gonzaga Aline Resende Dória Luma Mirely Souza Brandão Isabela Nascimento Souza Débora da Silva Vilar Juliana Lisboa Santana Priscilla Sayonara de Sousa Brandão	
DOI 10.22533/at.ed.75719110712	
CAPÍTULO 13	129
SÍNTESE DOS NÍVEIS INTERPRETANTES DAS ESTAÇÕES DO ANO APRESENTADOS POR FUTUROS PROFESSORES DE CIÊNCIAS	
Daniel Trevisan Sanzovo Carlos Eduardo Laburú	
DOI 10.22533/at.ed.75719110713	
CAPÍTULO 14	140
SISTEMA DE CONTROLE EMPREGANDO TECNOLOGIA RFID	
Felipe de Carvalho Forti Alexandre César Rodrigues da Silva	
DOI 10.22533/at.ed.75719110714	
CAPÍTULO 15	150
TÉCNICAS DE MEDIÇÃO BASEADAS NA FUNÇÃO DE RESPOSTA EM FREQUÊNCIA PARA DETECÇÃO DE DANO BASEADA NA IMPEDÂNCIA ELETROMECAÂNICA	
Guilherme Silva Bergamim Caio Henrique Rodrigues	
DOI 10.22533/at.ed.75719110715	
CAPÍTULO 16	164
TÉCNICAS DE SENSORIAMENTO REMOTO APLICADAS À MINERAÇÃO NA REGIÃO SEMIÁRIDA DO SERIDÓ POTIGUAR	
Paulo Sérgio de Rezende Nascimento	
DOI 10.22533/at.ed.75719110716	
CAPÍTULO 17	180
UM ESTUDO SOBRE ANÉIS LOCAIS	
Brendol Alves Oliveira Gomes Eliris Cristina Rizzioli	
DOI 10.22533/at.ed.75719110717	
CAPÍTULO 18	192
UMA VISÃO GERAL DE FRAMEWORKS PHP POPULARES PARA PROGRAMAÇÃO WEB	
Lilian N A Lazzarin Leandro do Nascimento dos Anjos João Florentino da Silva Junior	
DOI 10.22533/at.ed.75719110718	

CAPÍTULO 19	202
UM PANORAMA DA QUALIDADE DA INTERNET BANDA LARGA NA REGIÃO DO MATO GRANDE	
Igor Augusto De Carvalho Alves	
Hellen Adélia Oliveira Da Cruz	
Maria De Lourdes Assunção Soares Dantas Fonseca	
DOI 10.22533/at.ed.75719110719	
CAPÍTULO 20	216
USO DE SUPPORT VECTOR MACHINE EM AMBIENTE SUBTERRÂNEO: APLICAÇÃO EM POÇO DE MONITORAMENTO PARA REGRESSÃO DE DADOS DE NÍVEL DE ÁGUA	
Thiago Boeno Patricio Luiz	
Guilherme de Freitas Gaiardo	
José Luiz Silvério da Silva	
DOI 10.22533/at.ed.75719110720	
CAPÍTULO 21	229
UTILIZAÇÃO DA DIFRAÇÃO DE RAIOS X NA CARACTERIZAÇÃO DO HIDRÓXIDO DUPLO LAMELAR (HDL) MG/AL E SEU EFEITO MEMÓRIA	
Victor De Aguiar Pedott	
Elton Luis Hillesheim	
Iemedelais Bordin	
Rogério Marcos Dallago	
Marcelo Luís Mignoni	
DOI 10.22533/at.ed.75719110721	
CAPÍTULO 22	237
UTILIZAÇÃO DE SIMULAÇÕES NUMÉRICAS PARA ESTUDO DE ONDAS OCEÂNICAS	
Matheus José de Deus	
Mateus das Neves Gomes	
DOI 10.22533/at.ed.75719110722	
SOBRE OS ORGANIZADORES	242

QUANTIFICAÇÃO DE P-FENILENODIAMINA (PPD) EM FORMULAÇÃO DE CORANTE PERMANENTE DE CABELO

Maria Letícia Mendes Soares

Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho” – Unesp, Instituto de Química
Araraquara – São Paulo

Thamiris Costa dos Santos

Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho” – Unesp, Instituto de Química
Araraquara – São Paulo

Carolina Venturini Uliana

Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho” – Unesp, Instituto de Química
Araraquara – São Paulo

Mariele Mucio Pedroso

Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho” – Unesp, Instituto de Química
Araraquara – São Paulo

Hideko Yamanaka

Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho” – Unesp, Instituto de Química
Instituto Nacional de Tecnologias Alternativas para
Detecção, Avaliação Toxicológica e Remoção de
Contaminantes Emergentes e Radioativos – INCT-
DATREM
Araraquara – São Paulo

RESUMO: Disponíveis em grande variedade de cores e tons, os corantes de cabelo têm sido utilizados desde a antiguidade como agentes cosméticos, sendo que as técnicas de tingimento empregadas foram sendo alteradas

e aperfeiçoadas com o desenvolvimento da ciência. Existem diferentes tipos de colorações como as tinturas permanentes, semipermanentes ou tonalizantes e as temporárias, nos quais a fixação da cor envolve diferentes procedimentos. Um dos componentes das formulações de corantes permanentes é a p-fenilenodiamina (PPD), um agente precursor do corante que, na presença de agentes acopladores e oxidantes, forma compostos coloridos após penetração no córtex do cabelo. Segundo a ANVISA, a concentração máxima permitida de PPD é de 6,0 % m/m. Assim, no presente trabalho investigou-se a determinação da PPD em tintura permanente de cabelo empregando a técnica espectrofotométrica UV-visível. As medidas de absorbância foram realizadas no comprimento de onda 304 nm, na faixa de concentração de $5,0 \times 10^{-5}$ a $1,0 \times 10^{-3}$ mol L⁻¹ de PPD, obtendo-se a equação da reta $A = -0,01454 + 2153,4096 L \text{ mol}^{-1} [\text{PPD}]$, com $r = 0,9992$ e limites de detecção e quantificação de $5,6 \times 10^{-6}$ mol L⁻¹ e $1,8 \times 10^{-5}$ mol L⁻¹, respectivamente. A determinação da concentração de PPD em amostras de formulação de tintura de cabelo permanente foi realizada por meio da interpolação do valor de absorbância obtido na curva analítica e também utilizando o método de adição de padrão. A concentração de 31,5 mg de PPD em 1,00 g de creme, representando 3,15 % m/m, foi obtida

em ambos os métodos, indicando que a amostra não apresenta efeito de matriz. Os resultados obtidos indicaram que a concentração do analito encontrada na amostra pelo método proposto está de acordo com a legislação vigente.

PALAVRAS-CHAVE: p-fenilenodiamina (PPD), corante de cabelo, espectrometria UV-Vis.

QUANTIFICATION OF P-PHENYLENEDIAMINE (PPD) IN PERMANENT HAIR DYE FORMULATION

ABSTRACT: Available in a wide variety of colors and shades, hair dyes have been used since ancient times as cosmetic agents, and the dyeing techniques have been improved with the development of science. There are different types of dyes such as permanent, semi-permanent and temporary, in which color fixing involves different procedures. One of the compounds of the permanent dye formulations is p-phenylenediamine (PPD), a dye precursor agent that, in the presence of coupling and oxidizing agents, forms colored compounds after penetration into the hair cortex. According to ANVISA, the PPD maximum allowed concentration is 6.0% m/m. Thus, on the present work, the determination of PPD was investigated in permanent hair dye using the UV-visible spectrophotometry. The absorbance measurements were performed at wavelength 304 nm, in the PPD range concentration from 5.0×10^{-5} to 1.0×10^{-3} mol L⁻¹, yielding the straight equation $A = -0.01454 + 2153.4096 \text{ L mol}^{-1} [\text{PPD}]$, with $r = 0.9999$ and limits of detection and quantification of 5.6×10^{-6} mol L⁻¹ and 1.8×10^{-5} mol L⁻¹, respectively. Determination of PPD concentration in samples of permanent hair dye formulation was performed by interpolating the obtained absorbance value on the analytical curve and also using the standard addition method. The concentration of 31.5 mg of PPD in 1.00 g of cream, representing 3.15 % m/m, was obtained in both methods, indicating that the sample has no matrix effect. The results indicated that the concentration of analyte found in the sample by the proposed method is in accordance with current legislation.

KEYWORDS: p-phenylenediamine (PPD), hair dye, UV-Vis spectrometry.

1 | INTRODUÇÃO

Segundo dados de uma pesquisa realizada pela Pyxis Consumo, ferramenta de dimensionamento de mercado do IBOPE Inteligência, os gastos dos brasileiros com serviços pessoais relacionados à beleza, cuidados estéticos e bem-estar atingiram valores em torno de R\$ 46 bilhões no ano de 2015 (IBOPE Inteligência, 2015). Dentre os produtos de beleza consumidos, destacam-se os corantes de cabelo, utilizados por 26% da população brasileira, sendo que as mulheres representam 85% do total e os homens, 15% (INMETRO, 2013).

O processo de coloração capilar pode ser classificado de acordo com o tipo de fixação nos fios de cabelo, sendo temporário, semipermanente e permanente, ou também pelo mecanismo de reação com o fio de cabelo, sendo os corantes oxidativos ou corantes diretos. Os corantes diretos são depositados sobre os fios

do cabelo, sendo facilmente removidos após algumas lavagens e são classificados como corantes temporários e os corantes semipermanentes (Hudari *et al.*, 2016). As tinturas temporárias, frequentemente comercializadas na forma de loções, xampus e sprays, apresentam menor toxicidade devido a sua composição envolver compostos com alta solubilidade e altos pesos moleculares. Sua deposição ocorre a partir de interação de Van der Waals ou simples adsorção na cutícula do fio de cabelo, não sendo necessária a abertura do fio para a pigmentação (Hudari *et al.*, 2016). As tinturas do tipo semipermanente, também chamadas de tonalizantes, são aplicadas com o objetivo de escurecimento do cabelo e não para clarear os fios, uma vez que não contém peróxido de hidrogênio. Sua permanência é de aproximadamente 4 a 6 semanas e essa durabilidade se deve às estruturas de baixo peso molecular que permite que o corante se difunda para dentro da região do córtex do fio, ocorrendo interações de Van der Waals e interações polares fracas (Oliveira *et al.*, 2014).

Os corantes oxidativos ou permanentes são baseados na reação entre três componentes: um agente acoplador que consiste em compostos aromáticos com grupos doadores de elétrons tais como resorcinol e naftol; um agente precursor, geralmente aminas aromáticas como p-fenilenodiamina (PPD) e p-aminofenol e, por fim, um agente oxidante em meio alcalino, geralmente água oxigenada em meio de solução de amônio, que oxida o agente precursor formando um intermediário junto ao embranquecimento do fio de cabelo (Hudari *et al.*, 2016). Estes corantes são apresentados comercialmente na forma de kits e, quando a mistura é aplicada ao cabelo, os precursores e peróxido de hidrogênio difundem para dentro do fio, no qual, após reações químicas específicas, forma-se um composto colorido (Oliveira *et al.*, 2014).

Dentre os reagentes intermediários primários mais utilizados encontram-se a p-fenilenodiamina (PPD), cuja estrutura é mostrada na Figura 1. A oxidação desta substância e o acoplamento com outros modificadores permite a formação do corante desejado, porém é a estequiometria entre o agente precursor e o agente acoplador determina a coloração a ser atingida.

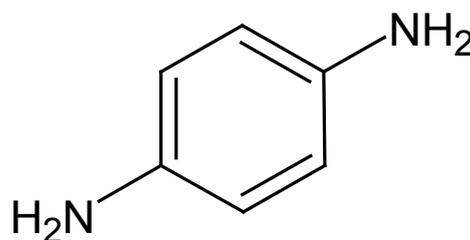


Figura 1. Estrutura química da molécula de PPD.

No Brasil, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária - Anvisa, autoridade regulamentadora de produtos como tinturas de cabelo, estabelece que a quantidade máxima de PPD permitida é 6,0 % (m/m) (ANVISA, 2012). Estudos têm demonstrado

que a PPD e seus derivados podem causar danos à saúde, como dermatites, irritações alérgicas, problemas respiratórios, entre outros (Hudari *et al.*, 2016; Latha Saranya *et al.*, 2014).

Neste âmbito, surge a importância do desenvolvimento de métodos para o controle da quantidade de PPD nos produtos de colorações permanentes. Alguns trabalhos têm descrito a determinação de PPD em amostras de fluídos biológicos por diferentes técnicas como cromatografia gasosa, cromatografia líquida e espectrofotometria (Ahmed *et al.*, 2013; Hooff *et al.*, 2011; Latha Saranya *et al.*, 2014; Meyer, Blömeke e Fischer, 2009). A espectrofotometria ultravioleta e visível é uma técnica que permite uma simples aplicação e apresenta de forma rápida os resultados.

Durante as medidas, ao incidir luz sobre o analito, dependendo da estrutura do composto, pode haver absorção da radiação. Com equipamento denominado espectrofotômetro, mede-se a energia absorvida que se relaciona com a quantidade do analito por meio da Lei de Beer, descrita a seguir:

$$A = e \cdot b \cdot c$$

Sendo,

A: absorvância em dado comprimento de onda,

e: absorvidade molar do analito,

b: caminho óptico (distância percorrida pela luz na cubeta contendo o analito)

c= concentração expressa em mol por litro.

Um trabalho realizado por Latha Saranya *et al.*, 2014 mostrou a análise espectrofotométrica de PPD usando o reagente de Folin e a reação da ninidrina em tinturas de cabelo. O método mostrou boa linearidade, precisão, limite de detecção (LOD), limite de quantificação (LOQ), e robustez. No presente trabalho, investigou-se a determinação de PPD em amostras de formulações de tinturas de cabelo por espectrofotometria sem adição de outros reagentes, utilizando-se a metodologia da interpolação do valor obtido na curva analítica construída com solução padrão de PPD e também a de adição de padrão.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

Para o preparo da solução padrão de PPD utilizou-se 0,005 g de p-fenilenodiamina, fornecida pela Sigma-Aldrich, e adicionou-se 5,0 mL de uma solução de água/etanol 1:1, obtendo-se a concentração de $1,0 \times 10^{-2}$ mol L⁻¹. A solução foi armazenada em um frasco escuro. A partir da solução estoque, foram preparadas soluções de PPD no intervalo de concentração de $5,0 \times 10^{-5}$ a $1,0 \times 10^{-3}$ mol L⁻¹, diluídas em solução tampão BR 0,1 mol L⁻¹ pH 8,0, tais soluções foram utilizadas para a construção da curva analítica.

O preparo da solução da amostra de formulação de tintura de cabelo foi realizado pesando-se 1,00 g do creme comercial, adicionou-se 30,0 mL de água ultrapura e

agitou-se magneticamente a solução por 30 minutos.

As medidas para determinação de PPD na amostra de tintura de cabelo foram realizadas por espectrofotometria UV-Vis, utilizando-se uma cubeta de quartzo de 1,0 cm de caminho óptico e o equipamento Cary 60 UV-Vis da Agilent Technologies, no intervalo de comprimento de onda de 200 a 500 nm.

Inicialmente, 250 μL da solução da amostra foram diluídos ao volume final de 5,0 mL com água e foi obtido o espectro de absorção da amostra. O valor de absorbância obtido em 304 nm foi, então, interpolado na curva analítica, para obtenção do valor da concentração de PPD na amostra.

Na sequência, utilizou-se o método da adição de padrão para a determinação de PPD na amostra. Nesta etapa, foram transferidos 250 μL da solução da amostra previamente preparada a diferentes balões volumétricos de 5,0 mL. A cada balão, foram adicionadas diferentes alíquotas da solução padrão de PPD, gerando diferentes concentrações do padrão, e o volume foi completado até o menisco. Após obtenção dos espectros de absorção, os valores de absorbância obtidos em 304 nm foram representados em função da concentração de padrão de PPD e, por meio da extrapolação da curva, obteve-se o valor da concentração de PPD na amostra.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os espectros de absorção UV-Vis obtidos para diferentes concentrações de padrão de PPD, representados na Figura 2, indicam que a banda de absorção em 304 nm aumenta com o aumento da concentração de PPD. A respectiva curva analítica, mostrada na Figura 3, apresentou uma boa linearidade, sendo a equação da reta $A = -0,01454 + 2153,4096 \text{ L mol}^{-1} [\text{PPD}]$, com coeficiente de correlação de 0,9992. Os limites de detecção e de quantificação de $5,6 \times 10^{-6} \text{ mol L}^{-1}$ e $1,8 \times 10^{-5} \text{ mol L}^{-1}$ respectivamente, foram calculados como $3\text{sd}/b$ e $10\text{sd}/b$, sendo sd o desvio padrão do branco e b a inclinação da curva analítica.

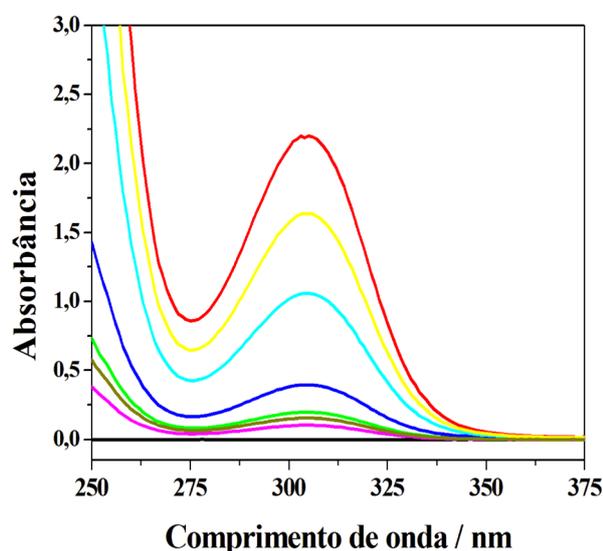


Figura 2. Espectros de absorção UV-Vis obtidos com a solução do branco (—) e com a solução padrão de PPD em concentrações $5,0 \times 10^{-5}$ (—); $8,0 \times 10^{-5}$ (—); $1,0 \times 10^{-4}$ (—); $2,0 \times 10^{-4}$ (—); $5,0 \times 10^{-4}$ (—); $8,0 \times 10^{-4}$ (—) e $1,0 \times 10^{-3}$ mol L⁻¹ (—).

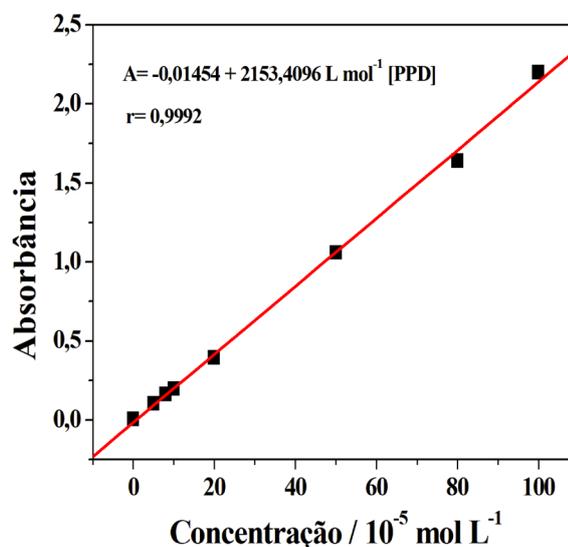


Figura 3. Curva analítica obtida por espectroscopia UV-Vis da solução de PPD.

Para a determinação da concentração de PPD contida na amostra, realizou-se uma medida da absorbância utilizando-se uma solução contendo apenas a amostra e o valor de absorbância obtido foi de $A = 1,02$. Por meio da interpolação do valor na curva analítica, utilizando-se a equação da reta, determinou-se a concentração de PPD como sendo de $4,82 \pm 0,07 \times 10^{-4}$ mol L⁻¹, o que corresponde a 31,6 mg de PPD em 1,00 g de creme.

Com o intuito de confirmar se o valor obtido corresponde à concentração real de PPD na amostra e também para se verificar a presença de efeitos de matriz, medidas de absorbância foram realizadas também pelo método da adição de padrão.

Os espectros de absorção da solução da amostra após adição de diferentes concentrações de solução padrão de PPD são apresentadas na Figura 4. Verificou-se que houve um aumento da banda de absorção em 304 nm com o aumento da concentração de solução padrão de PPD. Os valores de absorbância em 304 nm foram representados em função da concentração de PPD padrão adicionada, conforme mostrado na Figura 5 e a concentração de PPD encontrada foi $4,80 \pm 0,03 \times 10^{-4}$ mol L⁻¹, sendo equivalente a 31,5 mg de PPD em 1,00 g de creme.

Observa-se que a concentração de PPD na amostra obtida por interpolação na curva analítica e a concentração encontrada pelo método da adição de padrão foram muito semelhantes. Desta forma, é possível afirmar que não há interferência de outros compostos presentes no creme no sinal analítico, indicando ausência de efeitos de matriz. No rótulo do produto comercial analisado informa-se apenas os componentes presentes na composição da tintura e do creme mas não há informações referentes à concentração dos compostos, o que inviabiliza uma comparação do valor da

concentração determinado com o valor nominal.

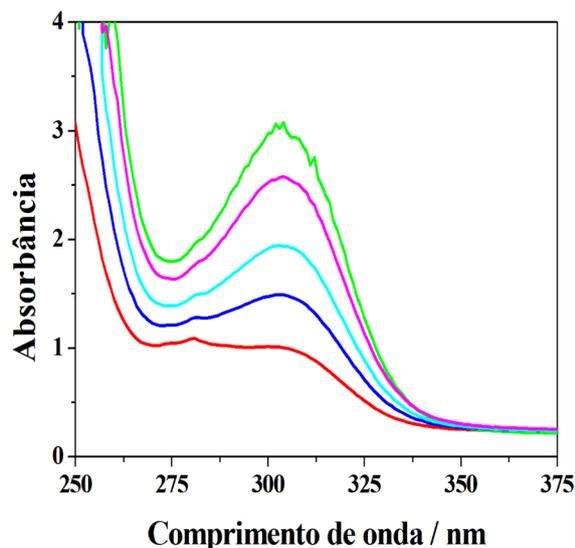


Figura 4. Espectros de absorção UV-Vis da solução da amostra na ausência (—) e na presença da solução padrão de PPD em concentrações de $2,5 \times 10^{-4}$ (—), $5,0 \times 10^{-4}$ (—), $7,5 \times 10^{-4}$ (—) e $1,0 \times 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$ (—).

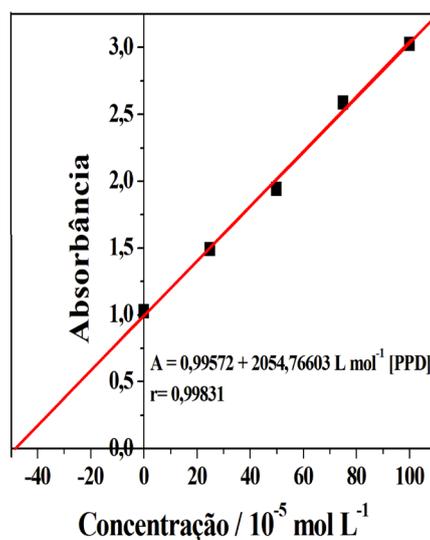


Figura 5. Curva de adição de padrão de PPD na solução da amostra de creme de tintura de cabelo.

Conforme descrito anteriormente, a ANVISA permite que produtos de tintura de cabelo tenham no máximo 6,0 % (m/m) de PPD e seus derivados, o que corresponde à quantidade de 60,0 mg em 1,00 g de creme. Considerando-se o valor de médio de concentração de PPD encontrado na amostra pelos métodos espectrofotométricos de $31,5 \pm 0,1 \text{ mg}$ em 1,0 g de creme, tem-se que o valor obtido experimentalmente está em concordância com as normas de legislação.

4 | CONCLUSÃO

A determinação espectrofotométrica de PPD em amostra de formulação de tintura de cabelo foi realizada com sucesso, obtendo-se o valor de 31,5 mg de PPD em 1,00 g de creme, sendo este valor dentro das especificações da ANVISA. Os métodos aplicados são considerados simples, confiáveis e reprodutíveis, podendo ser usado para análise de rotina de PPD em tintura de cabelo comercial, uma vez que há a ausência de efeitos de matriz.

REFERÊNCIAS

- AHMED, H. A. M. *et al.* Different analytical methods of para-phenylenediamine based hair dye. **Journal of Cosmetics, Dermatological Sciences and Applications**, n. 3, p. 17–25, Sep. 2013.
- ANVISA. **Resolução RDC nº 3, de 18 de janeiro de 2012**. Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2012/rdc0003_18_01_2012.pdf>. Acesso em: 25 mar. 2019.
- HOOFF, G. P. *et al.* Analytical investigations of toxic p-phenylenediamine (PPD) levels in clinical urine samples with special focus on MALDI-MS/MS. **PLoS ONE**, v. 6, n. 8, p. e22191, Aug. 2011.
- HUDARI, F. F. *et al.* Corantes de cabelo. In: _____. **Corantes: Caracterização Química, Toxicológica, Métodos de Detecção e Tratamento**. 1. ed. São Paulo: Cultura Acadêmica 2016. Cap. 5, p. 87-104.
- IBOPE INTELIGÊNCIA. **Brasileiros devem gastar R\$ 46 bilhões com serviços pessoais**. Disponível em: <<http://www.ibopeinteligencia.com/noticias-e-pesquisas/brasileiros-devem-gastar-r-46-bilhoes-com-servicos-pessoais/>>. Acesso em: 22 mar. 2019.
- INMETRO. **Tinturas para Cabelo**. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/consumidor/produtos/tintura_cabelo.asp>. Acesso em: 22 mar. 2019.
- LATHA SARANYA, C. H. *et al.* Spectrophotometric determination of p-phenylenediamine in hair dyes. **Turkish Journal of Pharmaceutical Science**, v. 11, n. 3, p. 295–306, 2014.
- MEYER, A.; BLÖMEKE, B.; FISCHER, K. Determination of p-phenylenediamine and its metabolites MAPPD and DAPPD in biological samples using HPLC-DAD and amperometric detection. **Journal of Chromatography B**, v. 877, n. 16–17, p. 1627–1633, Jun. 2009.
- OLIVEIRA, R. A. G. *et al.* The chemistry and toxicity of hair dyes. **Química Nova**, v. 37, n. 6, p. 1037–1046, Jul. 2014.

SOBRE OS ORGANIZADORES

Jorge González Aguilera: Engenheiro Agrônomo (Instituto Superior de Ciências Agrícolas de Bayamo (ISCA-B) hoje Universidad de Granma (UG)), Especialista em Biotecnologia pela Universidad de Oriente (UO), CUBA (2002), Mestre em Fitotecnia (UFV/2007) e Doutorado em Genética e Melhoramento (UFV/2011). Atualmente, é professor visitante na Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS) no Campus Chapadão do Sul. Têm experiência na área de melhoramento de plantas e aplicação de campos magnéticos na agricultura, com especialização em Biotecnologia Vegetal, atuando principalmente nos seguintes temas: pre-melhoramento, fitotecnia e cultivo de hortaliças, estudo de fontes de resistência para estres abiótico e biótico, marcadores moleculares, associação de características e adaptação e obtenção de vitroplantas. Tem experiência na multiplicação “on farm” de insumos biológicos (fungos em suporte sólido; Trichoderma, Beauveria e Metharrizum, assim como bactérias em suporte líquido) para o controle de doenças e insetos nas lavouras, principalmente de soja, milho e feijão. E-mail para contato: jorge.aguilera@ufms.br

Alan Mario Zuffo: Engenheiro Agrônomo (Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT/2010), Mestre em Agronomia – Produção Vegetal (Universidade Federal do Piauí – UFPI/2013), Doutor em Agronomia – Produção Vegetal (Universidade Federal de Lavras – UFLA/2016). Atualmente, é professor visitante na Universidade Federal do Mato Grosso do Sul – UFMS no Campus Chapadão do Sul. Tem experiência na área de Agronomia – Agricultura, com ênfase em fisiologia das plantas cultivadas e manejo da fertilidade do solo, atuando principalmente nas culturas de soja, milho, feijão, arroz, milheto, sorgo, plantas de cobertura e integração lavoura pecuária. E-mail para contato: alan_zuffo@hotmail.com

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-475-7

