

O estudo da teoria ácido-base de Lewis a partir de reações com substâncias fenólicas de plantas medicinais

Wladimir M. Albano, Marcelo G. Santos e Wagner G. Bastos

Este estudo é uma proposta de experimento com execução simples, que utiliza materiais de fácil aquisição e baixo custo, com o tema plantas medicinais, possibilitando o ensino de conceitos da Química, Física e Biologia. Por infusão, foi realizada uma extração de substâncias fenólicas em seis plantas medicinais. As substâncias reagiram com uma solução aquosa de cloreto férrico a 1% (p/v) formando sais de diferentes cores, de acordo com o número de hidroxilas presentes em suas estruturas. O experimento possibilita um estudo da Química envolvida, através da abordagem de funções orgânicas e do estudo da teoria ácido-base de Lewis, e ainda correlacionando cor, energia e luz.

▶ práticas didáticas, teoria ácido-base, estudo das cores ◀

Recebido em 11/12/2020, aceito em 21/05/2021

O uso de plantas medicinais, e especialmente a temática dos chás, constitui um recurso didático importante, pois, por ser um hábito da população, apresenta proximidade com a vida cotidiana e auxilia a contextualização do ensino da Química. Por meio desse tema de relevância social, pode-se abordar princípios da Química, Física e Biologia (Silva *et al.*, 2017) de modo interdisciplinar.

As plantas são constituídas por substâncias químicas que estão envolvidas com funções essenciais para sua existência e manutenção, e que podem ser divididas em metabolitos primários e metabolitos secundários. Dentre os últimos têm-se as substâncias fenólicas, terpenoides, substâncias nitrogenadas e ácidos graxos (Simões *et al.*, 2007).

Substâncias fenólicas e estudo da teoria ácido-base de Lewis

Substâncias fenólicas são aquelas derivadas de hidrocarbonetos aromáticos pela substituição de um ou mais átomos de hidrogênio por igual número de hidroxilas (Pazinato *et al.*, 2012). Podem ser classificadas como fenóis simples e fenóis compostos derivados de antraquinonas, flavonoides e taninos condensados e hidrolisáveis, entre outros. Diversas

propriedades medicinais de plantas são atribuídas a essa classe de substâncias (Simões *et al.*, 2007).

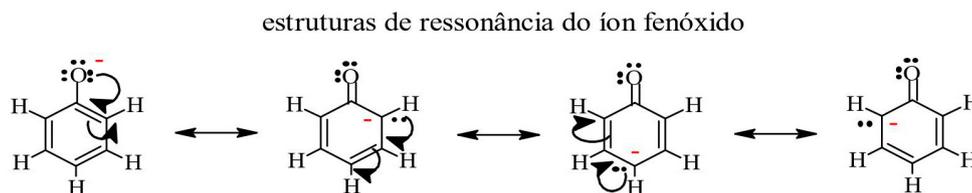
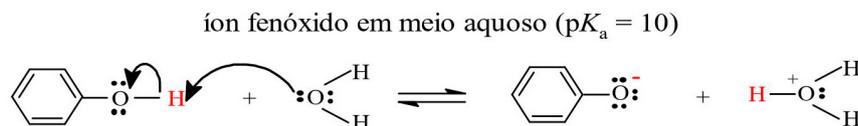
Na teoria ácido-base formulada por Gilbert N. Lewis (1875-1946), o ácido é uma espécie química que possui uma deficiência de elétrons e a base é uma espécie química que tem disponibilidade de elétrons. Desse modo, é dito que o ácido é toda espécie química que “recebe” os pares de elétrons e a base é toda espécie química que “doa” os pares de elétrons (Chagas, 1999) para formar uma ligação covalente coordenada.

O cloreto férrico (FeCl_3) é comumente utilizado em testes laboratoriais para detectar a presença de substâncias fenólicas em extratos vegetais (Shriver *et al.*, 2004). O FeCl_3 é um sal inorgânico cristalino de cor amarela

formado pelo cátion Fe^{3+} (férrico) e o ânion Cl^- (cloreto). Ele se comporta como um ácido de Lewis, pois o íon Fe^{3+} possui um orbital para acomodar um par eletrônico (Huheey *et al.*, 1993).

Algumas das principais características dos fenóis, e que os distinguem de outros compostos que contêm a hidroxila ligada diretamente na cadeia orgânica, como os álcoois, são sua acidez e solubilidade em água. Em meio aquoso, a

Substâncias fenólicas são aquelas derivadas de hidrocarbonetos aromáticos pela substituição de um ou mais átomos de hidrogênio por igual número de hidroxilas (Pazinato *et al.*, 2012). Podem ser classificadas como fenóis simples e fenóis compostos derivados de antraquinonas, flavonoides e taninos condensados e hidrolisáveis, entre outros.



12 Figura 1: Estabilidade do íon fenóxico em meio aquoso. 68

13 69

14 carga negativa do íon fenóxico é estabilizada por solvatação 70

15 e pela deslocalização do elétron no anel aromático (Carey 71

16 e Giuliano, 2011), o que pode ser representado por suas 72

17 estruturas de ressonância (Figura 1). 73

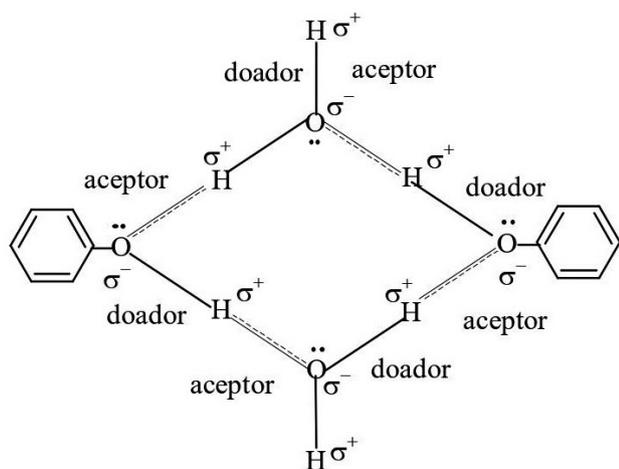
18 Sua solubilidade em água é explicada pelas ligações 74

19 de hidrogênio formadas entre o fenol e a água (Figura 2). 75

20 Embora seja limitada, devido ao elevado número de átomos 76

21 de carbono, é maior que a solubilidade de álcoois alifáticos 77

22 de tamanho/massa molecular similar (Martins *et al.*, 2013). 78



38 Figura 2: Ligações de hidrogênio formadas pelas moléculas de 94

39 fenol com a água. 95

40 96

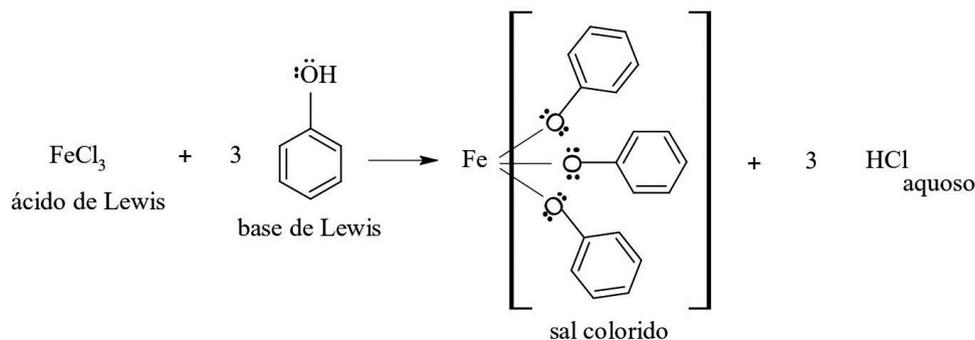
41 As substâncias fenólicas, embora tenham caráter ácido, 97

42 atuam também como base de Lewis, pois possuem pares de 98

43 elétrons disponíveis para compartilhar. 99

44 Substâncias fenólicas reagem com soluções aquosas de 100

45 101



56 Figura 3: Esquema de reação genérica entre cloreto férrico e substâncias fenólicas. 112

70 cloreto férrico formando sais coloridos, que variam da cor 71

72 vermelha (menor frequência) até a violeta (maior frequên- 73

74 cia), de acordo com os substituintes presentes no anel fenó- 75

76 lico (Pazinato *et al.*, 2012). A reação ocorre entre o cloreto 77

78 férrico, o ácido de Lewis, deficiente de elétrons, que aceita 79

79 um par de elétrons da substância fenólica, a base de Lewis, 80

80 que doa o par eletrônico (Chagas, 1999) formando, através 81

81 de ligação covalente, o sal colorido (Figura 3). 82

83 O experimento aqui relatado utiliza materiais de baixo 84

84 custo e fácil aquisição, não necessita de laboratórios nem 85

85 equipamentos especiais e as reações são realizadas em meio 86

86 aquoso. A metodologia aplicada foi de cunho investigativo, 87

87 com a finalidade de construir um experimento para despertar 88

88 o senso crítico do aluno e estabelecer relações com o que ele 89

89 já sabe de antemão, possibilitando obter resultados por desco- 90

90 berta do conhecimento. Utilizando plantas medicinais como 91

91 temática, pode-se abordar a Biologia, através da Botânica. É 92

92 possível, através do estudo da Química, e num contexto multi- 93

93 disciplinar, estudar a teoria ácido-base de Lewis para explicar 94

94 a formação de sais coloridos. É possível, ainda, realizar um 95

95 estudo da Física, explicando o fenômeno de formação da cor, 96

96 relacionando-o à luz, fótons e grupos cromóforos, permitindo 97

97 que tudo se correlacione. Por isso, é recomendável que seja 98

98 realizado na última série (3º ano) do Ensino Médio. Essas rela- 99

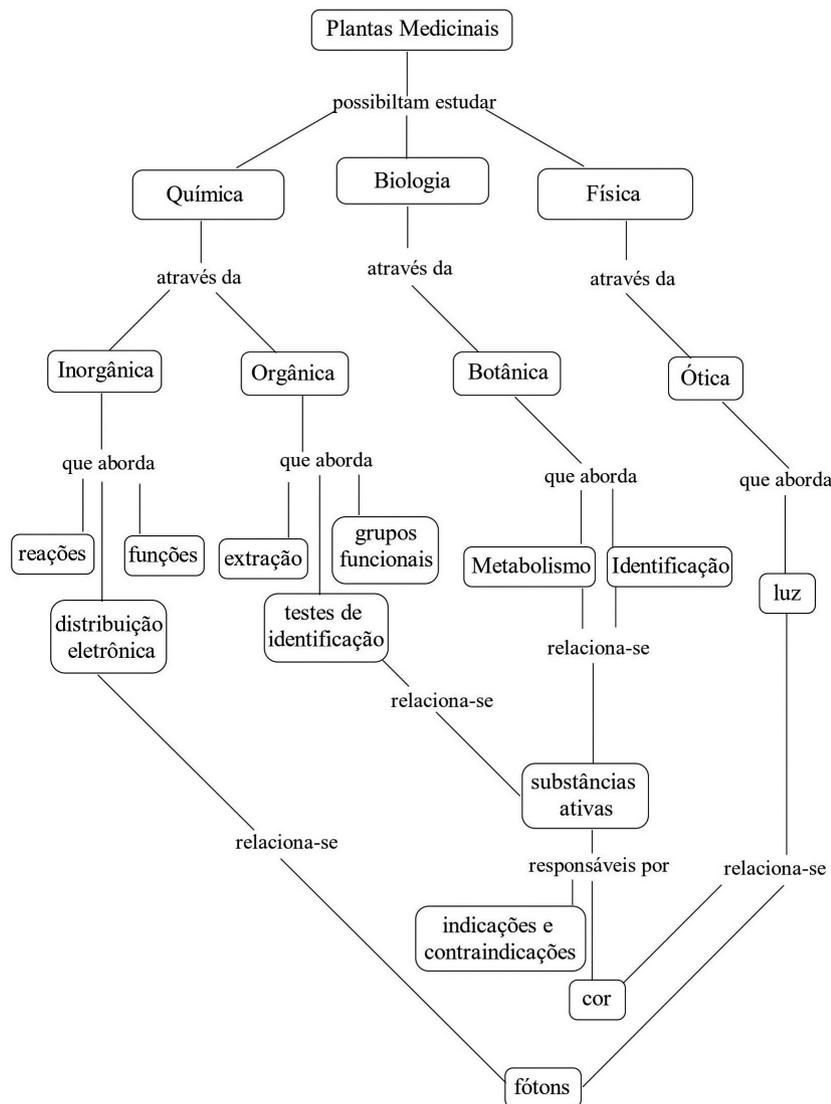
99 ções estão ilustradas no mapa conceitual elaborado (Figura 4). 100

101 Procedimento Experimental 102

103 Materiais necessários 104

105 Uma caneca de alumínio com capacidade para 1 litro de 106

106 água; 1 ebulidor do tipo mergulhão (110 V) ou outra fonte de 107



34 Figura 4: Mapa conceitual da relação entre as disciplinas envolvidas na temática plantas medicinais

36 calor para ferver a água; 1 proveta de 100 mL ou um copo
 37 medidor de cozinha; 6 pipetas de Pasteur de polietileno (5 mL)
 38 ou canudos de papel; 13 copos de vidro ou plástico rígido
 39 transparente; 50 mL de solução de cloreto férrico aquoso 1%.

41 *Preparação dos extratos vegetais*

42 Diversas espécies de plantas medicinais podem ser uti-
 43 lizadas. Podem ser usadas plantas frescas ou aquelas secas
 44 obtidas em casas comerciais especializadas. A extração é
 45 realizada por infusão. Disponha 6 copos de plástico e es-
 46 creva em cada um deles o nome da planta da qual será feito
 47 o extrato. Em seguida, coloque 2 g (ou 2 colheres de sopa)
 48 de cada planta medicinal seca e picada escolhida em seu
 49 respectivo copo. No presente experimento foram utilizadas
 50 cáscara sagrada, espinheira-santa, linhaça, camomila, bar-
 51 batimão e romã. Duplique o peso se for usar planta fresca.
 52 Ferva 300 mL de água e verta aproximadamente 50 mL de
 53 água quente em cada copo e espere esfriar. Transfira o infuso
 54 de cada planta e divida o seu conteúdo em frascos ou copos
 55 transparentes, de modo que ao final do processo se tenha
 56 um total de 12 copos.

92 *Teste com o Cloreto Férrico*

93 Ordene os copos em cada dupla de infusos correspon-
 94 dentes. Em um 13º copo adicione a mesma quantidade
 95 de água. Em cada copo, num total de 7 (6 com infusão e
 96 1 somente com água), adicione 5 mL de solução aquosa de
 97 cloreto férrico 1% (p/v). Observe a cor formada e compare
 98 com o extrato correspondente em que o reagente não foi
 99 adicionado, e com o “branco”, ou seja, o copo com água +
 100 cloreto férrico (Figura 5).

102 *Estudo das cores*

103 A luz pode ser decomposta em vários comprimentos de
 104 onda de cores distintas com o auxílio de um prisma ou utili-
 105 zando um disco CD como rede de difração (Catelli; Libardi,
 106 2010). Um experimento pode ser feito com soluções de
 107 sais de diferentes metais (Na, Cu, Li, K, etc.) numa chama
 108 de fogareiro feito de lata de refrigerante vazia (Gracetto *et*
 109 *al.*, 2006), no qual se observa que a chama produz cores
 110 específicas (amarelo, verde, vermelho, azul, etc.) conforme
 111 a estrutura eletrônica de cada metal.

112 Esse fenômeno também ocorre com as substâncias



Figura 5: **A:** Infusos vegetais sem o cloreto férrico. **B:** Infusos vegetais com o cloreto férrico. CS (cáscara-sagrada), ES (espinheira-santa), LH (linhaça), CM (camomila), BB (barbatimão), RM (romã), BR ("branco" = água + cloreto férrico). Observe a evolução das cores nos infusos depois da adição de cloreto férrico (legendas nos frascos).

químicas que contêm grupos eletrônicos que exibem cores de acordo com a absorção da luz em determinado comprimento de onda. Esses grupos são chamados de cromóforos, e quanto maior a quantidade e disposição estrutural desses grupos cromóforos maior será a absorção de energia e, conseqüentemente, a cor de maior energia será exibida (Pavia *et al.*, 2001).

A origem das cores geradas pela reação das substâncias de cada infuso com o cloreto férrico está na estrutura

eletrônica, e na disposição dos átomos das substâncias fenólicas (cromóforos) presentes em cada planta extraída (Pavia *et al.*, 2001). Assim, quanto mais grupos cromóforos forem observados nas estruturas, maior será a distribuição eletrônica ou densidade de elétrons. Isso é ilustrado, de modo hipotético, pelas estruturas correspondentes aos constituintes dos infusos de cada planta (Figura 6).

Sabe-se que a frequência e a energia absorvida aumentam de acordo com a seguinte seqüência de cores: vermelho <

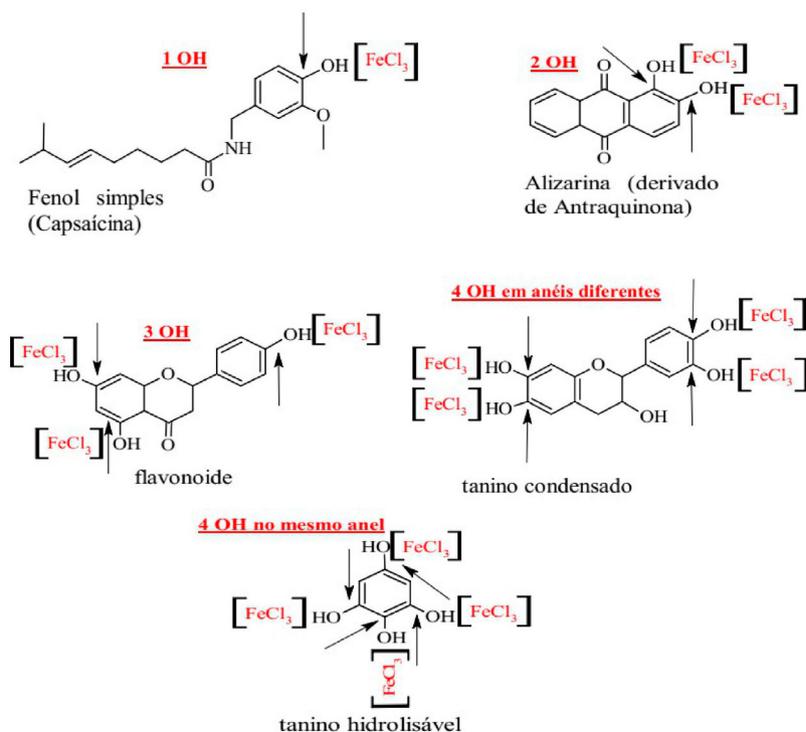


Figura 6: Diagrama que ilustra as estruturas fenólicas por número e posição de hidroxilas.

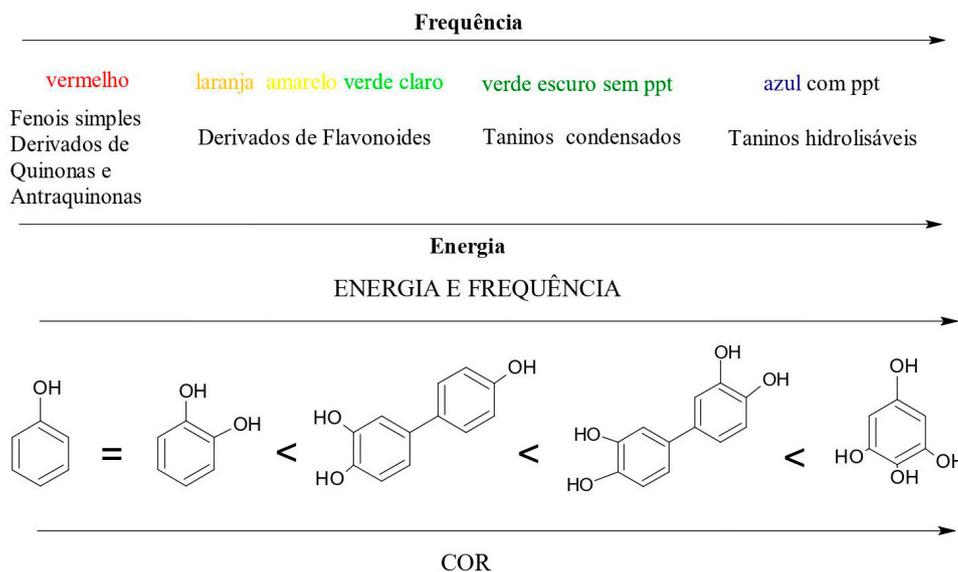


Figura 7: Diagrama que correlaciona as estruturas das substâncias fenólicas com a energia, a frequência e a cor dos sais formados após a reação com FeCl_3 aq. 1% (p/v).

Quadro 1: Plantas medicinais utilizadas no experimento, a cor do respectivo extrato vegetal após reação com o cloreto férrico (FeCl_3), a classe da substância fenólica e a parte da planta utilizada

Nome popular	Nome científico	Positivo cor	Classe de substância ativa	Parte utilizada
Cáscara-sagrada	<i>Frangula purshiana</i> Cooper	vermelho	Derivados de Antraquinona	Folhas e Cascas
Espinheira-santa	<i>Monteverdia truncata</i> (Nees) Biral	laranja	Flavonoides	Folhas
Linhaça	<i>Linum usitatissimum</i> L.	amarelo	Flavonoides	Sementes
Camomila	<i>Matricaria chamomilla</i> L.	verde claro	Flavonoides	Folhas e Flores
Barbatimão	<i>Stryphnodendron adstringens</i> (Mart.) Coville	verde escuro	Taninos condensados	Cascas
Romã	<i>Punica granatum</i> L.	azul escuro	Taninos hidrolisáveis	Cascas

laranja < amarelo < verde claro < verde escuro < azul; e que as cores formadas obedecem a mesma sequência de acordo com o número de hidroxilas presentes nas substâncias constituintes das plantas medicinais. A partir disso, é possível construir dois diagramas (estritamente para fins didáticos e respeitadas as suas limitações) correlacionando energia, frequência, estrutura fenólica do constituinte da planta, número de hidroxilas e cor do sal formado (Figura 7, Quadro 1).

Considerações finais

A reação da solução de cloreto férrico com substâncias fenólicas presentes em infusões de plantas medicinais é um teste simples e eficaz, que envolve um reagente e materiais de fácil aquisição e pode ser reproduzida em qualquer escola do Ensino Médio. A reação é explicada pela teoria ácido-base de Lewis e a geração de diferentes cores indica a variação na quantidade e posição das hidroxilas no anel fenólico nas diferentes estruturas das substâncias fenólicas. A realização

desse experimento em sala de aula pode ser utilizada como ferramenta de facilitação do ensino de Química e de outras disciplinas relacionadas, possibilitando a compreensão de conceitos químicos como funções orgânicas, grupos cromóforos e distribuição eletrônica, entre outros.

Wladimir Mattos Albano (mattosalbano@gmail.com), bacharel em Química (UFF) e mestre em Ensino de Ciências, Ambiente e Sociedade, pela Faculdade de Formação de Professores (FFP) da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, RJ – BR. **Marcelo Guerra Santos** (marceloguerrasantos@gmail.com), bacharel em Ciências Biológicas (UNIRIO), mestre e doutor em Ciências Biológicas – Botânica (Museu Nacional, UFRJ). É professor associado da Faculdade de Formação de Professores da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, lecionando nos cursos de Licenciatura em Ciências Biológicas, Especialização em Educação Básica – Ensino de Biologia e no Mestrado Acadêmico em Ensino de Ciências, Ambiente e Sociedade (PPGEAS). É também pesquisador do Núcleo de Pesquisa e Ensino de Ciências da FFP/UERJ (NUPEC). Rio de Janeiro, RJ – BR. **Wagner Gonçalves Bastos** (wgnutes@gmail.com), licenciado e bacharel em História Natural (FTESM), mestre em Educação e doutor em Educação em Ciências e Saúde (UFRJ). É professor adjunto da Faculdade de Formação de Professores da UERJ,

1 lecionando nos cursos de Licenciatura em Ciências Biológicas, Especialização em
2 Educação Básica – Ensino de Biologia, e no Mestrado Acadêmico em Ensino de
3 Ciências, Ambiente e Sociedade (PPGEAS). É também pesquisador do Núcleo de

Pesquisa e Ensino de Ciências da FFP/UERJ (NUPEC), do GERAES (NUTES/
UFRJ) e do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro.
Rio de Janeiro, RJ – BR.

4 Referências

5 CAREY, F.A. e GIULIANO, R. M. *Organic Chemistry*. 8ª ed.
6 New York: McGraw-Hill, 2011.

7 CATELLI, F. e LIBARDI, H. CDs como lentes difrativas.
8 *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 32, n. 2, p.
9 2307(1-6), 2010.

10 CHAGAS, A. P. Teorias ácido-base do século XX. *Química*
11 *Nova na Escola*, São Paulo, n. 9, p. 28-30, maio 1999.

12 GRACETTO, A. C.; HIOKA, N. e SANTIN FILHO, O.
13 Combustão, chamas e teste de chama para cátions: proposta de
14 experimento. *Química Nova na Escola*, São Paulo, n. 23, p. 43-
15 48, maio 2006.

16 HUHEEY, J. E.; KEITER, E. A. e KEITER, R. L. *Inorganic*
17 *Chemistry: Principles of Structure and Reactivity*. 4ª ed. New
18 York: HarperCollins, 1993.

19 MARTINS, C. R.; LOPES, W. A. e ANDRADE, J. B.
20 Solubilidade das Substâncias Orgânicas. *Química Nova*, São
21 Paulo, v. 33, n. 8, p. 1248-1255, 2013.

22 PAVIA, D. L.; LAMPMAN, G. M. e KRIZ, G. S. *Introduction*
23 *to Spectroscopy*. 3ª ed. Boston: Thomson Learning, 2001.

24 PAZINATO, M. S.; BRAIBANTE, T. S.; BRAIBANTE, M.
25 E. F.; TREVISAN, M. C. e SILVA, G. S. Uma abordagem
26 diferenciada para o ensino de funções orgânicas através da
27 temática medicamentos. *Química Nova na Escola*, São Paulo, v.
28 34, n. 1, p. 21-25, 2012.

29 SHRINER, R. L.; HERMANN, C. K. F.; MORRILL, T. C.;
30 CURTIN, D. Y. e FUSON, R. C. *The Systematic Identification*
31 *of Organic Compounds*. New Jersey: John Wiley & Sons,
32 2004.

33 SILVA, F. E. F.; RIBEIRO, V. G. P.; GRAMOSA, N. V. e
34 MAZZETTO, S. E. Temática chás: uma contribuição para o
35 ensino de nomenclatura dos compostos orgânicos. *Química Nova*
36 *na Escola*, São Paulo, v. 39, n. 4, p. 329-338, 2017.

37 SIMÕES, C. M. O.; SCHENKEL, E. P.; GOSMANN, G.;
38 MELLO, J. C. P.; MENTZ, L. A. e PETROVICK, P. R. (Org.).
39 *Farmacognosia: da planta ao medicamento*. Florianópolis:
40 Editora da UFSC, 2007.

41 **Abstract:** *The study of Lewis' acid-base theory from the reactions of phenolic substances in medicinal plants.* This study is a proposal for a simple execution
42 experiment, which uses easy to acquire, low cost materials, with the theme of medicinal plants, enabling approaches to Chemistry, Physics and Biology concepts.
43 By infusion, six phenolic substances were extracted from six medicinal plants, which were made to react with a 1% (w/v) aqueous solution of ferric chloride
44 to form salts of different colors, according to the number of hydroxyls present in their structures. The experiment enables a study of Chemistry, through the
45 approach of organic functions and the study of Lewis acid-base theory and correlating color, energy and light.

46 **Keywords:** Didactic practices; Acid-base theory; Study of colors.