

INVESTIGAÇÃO DE REAÇÕES QUÍMICAS ATRAVÉS DA CONSTRUÇÃO DE UM CIRCUITO EM SÉRIE, EMPREGANDO MAÇÃS COMO REPRESENTAÇÃO DE UMA CÉLULA GALVÂNICA.

Giovana Xavier¹
Natalia Damasceno¹
Paolla Melo¹
Danilo Garcia Castelani¹
Prof^a. Dra. Ana Lúcia Bassi²

Resumo: O presente trabalho visa demonstrar, empiricamente, a partir dos materiais selecionados, a construção de uma pilha, com base nos estudos elaborados pelo físico e químico britânico John Frederic Daniell (1790 - 1845). De acordo com os princípios da Eletroquímica, pilhas eletroquímicas (bateria ou célula galvânica) podem ser definidas como sistemas que produzem corrente contínuas e, baseiam-se nas diferentes tendências para doar e ganhar elétrons das espécies químicas. O processo é considerado espontâneo no qual a energia química é transformada em energia elétrica. O objetivo do experimento foi investigar sobre a reação em cadeia que é uma sequência de reações provocadas por um elemento ou grupo de elementos que gera novas reações entre elementos possivelmente distintos, tal como ocorre durante a fissão nuclear. Essas reações são provocadas por uma tensão ou diferença de potencial (ddp). A metodologia aplicada consistiu em construir um circuito empregando maçãs como fonte de energia. A maçã é uma das frutas que possibilita a passagem de energia, uma vez que a solução dentro da maçã é ácida e, portanto, possui íons de hidrogênio (H^+) em solução, ao inserir os dois metais, por meio da utilização de filamentos de cobre e condutores galvanizados de zinco (prego), origina a formação dos dois polos da pilha, os polos positivo e negativo, respectivamente. Os testes foram realizados, empregando-se uma associação em série através de fios condutores de cobre e pregos, possibilitando passagem de energia de uma fruta para a outra, para assim, concentrá-la no final da cadeia. Dependendo da quantidade de maçãs, é possível ter um resultado maior na tensão do meio eletrolítico. Este trabalho está fundamentado em leituras bibliográficas, análise de textos de autores renomados, busca em base de dados, periódicos e artigos científicos. Nesse contexto, espera-se que o uso da experimentação como alternativa para ensinar os conteúdos de eletroquímica, e também propiciar nos discentes uma aprendizagem efetiva e principalmente significativa.

Palavras-chave: Pilha. Reação química de oxidorredução. Meios eletrolíticos. Diferença de potencial (ddp). Maçã.

¹Engenharia de Produção graduando pelo *Uni-FACEF Centro Universitário Municipal de Franca*.

²Professora Doutora do Curso de Engenharia de Produção e Engenharia Civil do *Uni-FACEF Centro Universitário Municipal de Franca*.

1 INTRODUÇÃO

Novas tecnologias são vistas como mais uma ferramenta de auxílio ao processo de educação, como dinamizadora do processo de ensino e como instigadoras para a melhoria da aprendizagem, refletindo na evolução humana ao longo da história. Sabe-se que o desenvolvimento de novos métodos e técnicas exerce um papel importante na melhoria dos processos de ensino e de aprendizagem. Atualmente, é imprescindível a busca por conhecimentos.

A ciência ao longo dos anos vem ganhando importância. Embora ela exista desde os primórdios da civilização, a ciência não era essencial para qualquer finalidade técnica até o século XVI, quando se tornou indispensável à navegação. Entretanto, continuou não tendo muitas aplicações até o século XIX, quando então se tornou necessária, à química e à engenharia.

Com o avanço científico e tecnológico possibilitou a Revolução Industrial. As oportunidades que o mercado oferecia para a obtenção dos lucros fizeram com que o desenvolvimento científico-tecnológico ocorresse em grande velocidade. A criação de novo processo, nova máquina, ou novo princípio científico, como por exemplo, a produção de energia elétrica por magnetismo (Faraday), proporcionou uma modificação nas condições de produção e novas oportunidades de transformação econômica.

Pilhas e baterias são os dispositivos nos quais uma reação espontânea de oxidação-redução produz corrente elétrica. As pilhas recebem esse nome porque o primeiro dispositivo desse tipo era formado por discos metálicos empilhados. Atualmente, um conjunto de pilhas é denominado bateria (USBERCO & Salvador, 2010, p. 402).

De acordo com os princípios da Eletroquímica, conforme descreve Russel (1994), uma pilha (bateria ou célula galvânica) é um dispositivo que utiliza reações de oxidação-redução para produzir a interconversão de energia química em elétrica. As pilhas, utilizadas comumente na atualidade, baseiam-se em um princípio elaborado pelo físico e químico John Frederick Daniell (1790 - 1845). Em seus estudos, ele investigou metais (condutores de eletricidade) e soluções eletrolíticas (meios que possuem espécies químicas

com cargas positivas e negativas). O intuito do experimento era gerar corrente elétrica.

Na pilha de Daniell, os dois eletrodos metálicos são unidos externamente por um fio condutor, e as duas semicelas são unidas por uma ponte salina, contendo uma solução saturada de sulfato de potássio K_2SO_4 (aquoso). Inicialmente, o fluxo de elétrons pelo fio condutor externo é o responsável em conduzir corrente elétrica.

As duas soluções são ligadas por uma ponte salina (barreira porosa) que tem a função de separar as duas semicelas, permitindo a migração de íons e mantendo a neutralidade elétrica das soluções (BROWN, 2016, p. 904).

O metal que apresenta maior potencial de redução (agente oxidante) atrairia os elétrons. Enquanto, o que possuísse menor potencial de redução (agente redutor) deslocaria os elétrons. Por definição, o eletrodo em que ocorre a oxidação é chamado ânodo (polo negativo), e o eletrodo em que ocorre a redução é chamado cátodo (polo positivo). Constatou-se que os elétrons circulam do ânodo para o cátodo. Ou seja, no caso da pilha de Daniell, os elétrons vão do zinco para o cobre.

Desta forma, o presente trabalho visa demonstrar, a partir dos materiais selecionados, a formação de um circuito de uma pilha, com base nos estudos elaborados por Daniell. Por consequência, visa-se investigar a eficiência de geração de energia elétrica em diferentes meios eletrolíticos, sendo eles: água, água sanitária, refrigerante e maça. Em outras perspectivas, têm-se o intuito de investigar os potenciais hidrogeniônicos (pH) e os potenciais hidroxiliônicos (pOH) das soluções selecionadas, assim como os fenômenos químicos envolvidos na prática. É válido salientar que a formação de uma pilha e a sua funcionalidade, representa um olhar investigativo, tendo como objetivo o avanço técnico-científico e a busca constante pela melhora da vida humana.

2 ELETROQUÍMICA: REAÇÕES ESPONTÂNEAS E A CÉLULA GALVÂNICA

A eletroquímica trata da conversão de energia elétrica em energia química nas células eletrolíticas, assim como da conversão de energia química em energia elétrica nas pilhas galvânicas ou voltaicas. Em uma célula eletrolítica, ocorre um processo chamado eletrólise, no qual a passagem de eletricidade, através da solução, fornece energia suficiente para promover, desse modo, uma reação não espontânea de oxidorredução. Uma pilha galvânica, porém, é uma fonte de eletricidade resultante de uma reação espontânea de oxidorredução que ocorre em uma solução (BRADY, 1983, p. 594).

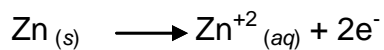
Brady (1983) discorre sobre a importância da eletroquímica na contemporaneidade. O autor salienta que a eletrólise é utilizada para fabricar diversas substâncias químicas, como a soda cáustica (NaOH), usada na produção do sabão, e a água sanitária, hipoclorito de sódio (NaClO). Em acréscimo, ele enfatiza que as pilhas galvânicas, tais como a pilha seca e as baterias de níquel-cádmio, alimentam aparelhos, como: lanternas, rádios, calculadoras eletrônicas, relógios de pulso, máquinas fotográficas e brinquedos. Brady, ainda, cita diferentes utilidades das células galvânicas, tema que permeia este trabalho.

A bateria de chumbo, tão familiar, tem uma variedade enorme de aplicações, especialmente na indústria automobilística. Mais recentemente, as pilhas de combustível, nas quais a energia liberada pela combustão dos combustíveis é convertida diretamente em eletricidade, têm encontrado muita aplicação, particularmente em veículos espaciais. A eletroquímica tem ajudado os cientistas na produção de equipamentos modernos para a análise de poluentes e pesquisas biomédicas. Com a ajuda de pequenas sondas eletroquímicas, os cientistas estão começando a estudar as reações químicas que ocorrem nas células vivas. (BRADY, 1983, p. 894).

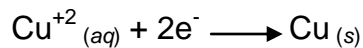
Tendo em vista os conceitos mencionados, pode-se inferir que o circuito de pilha elaborado por Daniell utiliza semirreações simultâneas. Como discutido, para a montagem de uma célula voltaica é necessária à utilização de dois metais (espécies de alta condutividade elétrica) com potenciais de redução distintos. No exemplo explicitado, a placa de Zinco (Zn), o ânodo, não estará

em contato direto com o Cobre (Cu), o cátodo. O zinco metálico estará em contato com íons Zn^{+2} (aq) em um compartimento, enquanto o cobre metálico estará em contato com íons Cu^{+2} (aq). Ao conectar os dois eletrodos por meio de um fio condutor, haverá, por consequência da reação de oxidorredução, o descolamento de elétrons. Esse fluxo constitui uma corrente elétrica. À medida que a reação prossegue, o eletrodo de Zinco (Zn) sofre corrosão gradualmente e o de cobre (Cu) sofre deposição de elétrons. Essas transformações são mostradas na Figura 1.

A reação de oxidorredução entre o zinco e o cobre pode ser explicitada pelas reações abaixo.



O eletrodo onde ocorre a oxidação é o ânodo

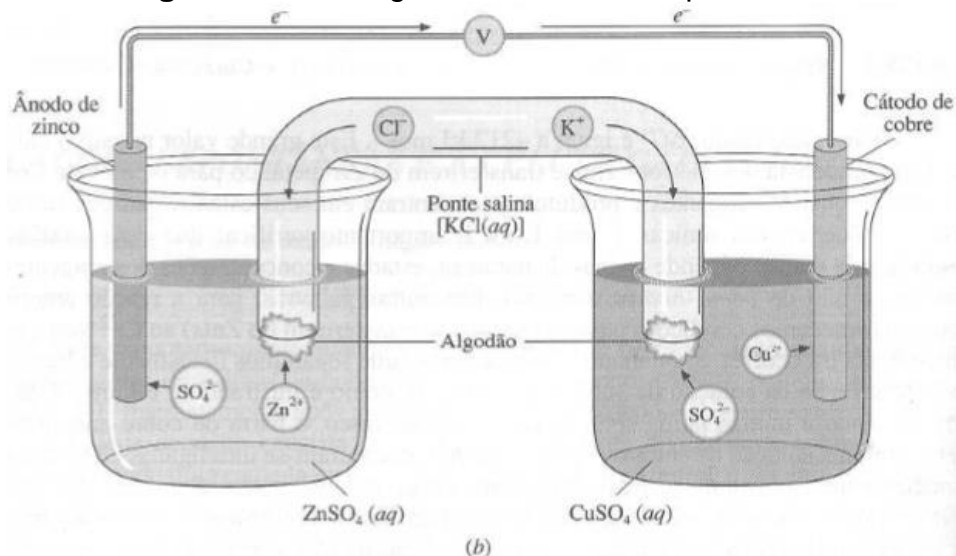


O eletrodo onde ocorre a redução é o cátodo

A reação Global:



Figura 1 – Célula galvânica idealizada por Daniell



Fonte: Salvador & Usberco, 2010, p.403.

3 ÁCIDOS E BASES: CONCEITOS FUNDAMENTAIS

Os ácidos e bases estão fortemente presentes no cotidiano. Os ácidos e bases estão entre as substâncias mais importantes da química. As uvas, por exemplo, contêm vários ácidos que contribuem com o seu sabor característico. Assim como o sabor inconfundível do vinagre ocorre em razão do ácido acético. Em acréscimo, o sabor azedo de laranjas, limões, maracujá, maçã verde e outras frutas se deve ao ácido cítrico ($C_6H_8O_7$) (Maeda, 2007).

Eles não estão presentes apenas nos alimentos, mas também são partes essenciais dos sistemas vivos, como os aminoácidos, utilizado para sintetizar proteínas, e os ácidos nucleicos, que codificam informações genéticas. Tanto o ácido cítrico quanto o málico estão entre os vários ácidos envolvidos no ciclo de Krebs (também chamado de ciclo do ácido cítrico), utilizado para gerar energia em organismos aeróbicos. A aplicação ácido-base também teve um papel fundamental no desenvolvimento da sociedade moderna, inclusive nas atividades humanas, como a fabricação industrial, a criação de produtos farmacêuticos avançados e muitos aspectos ambientais (BROWN, 2016, p. 706).

Os cientistas conhecem ácidos e bases por causa de suas propriedades características. Os ácidos têm um sabor azedo e fazem com que certos corantes mudem de cor, enquanto as bases têm um sabor adstringente e são escorregadias ao toque, como o sabão, por exemplo Brown (2016, p. 708),

O conceito de ácidos e bases foi estabelecido na década de 1880 pelo químico sueco Svante Arrhenius (1859 - 1927). A partir de seus estudos, definiu-se que um ácido é uma substância que, quando dissolvida em água, aumenta a concentração de íons H^+ . Enquanto, uma base é uma substância que quando dissolvida em água, aumenta a concentração de íons OH^- .

Em 1923, os químicos Johanness Brønsted (1879-1947), dinamarquês, e Thomas Lowry (1874-1936), inglês, propuseram, separadamente uma definição mais geral de ácidos e bases. Segundo eles, um ácido é uma substância (molécula ou íon) que doa um próton para outra substância. Já uma base é uma substância que aceita um próton (BROWN, 2016, p. 708).

Brady (1983, p. 512) destaca algumas propriedades características gerais de ácidos e bases, como: Neutralização (ácidos e bases reagem um

com o outro para cancelar ou neutralizar suas propriedades). Reações com indicadores (certos corantes orgânicos, chamados indicadores, possuem cores diferentes, dependendo do meio onde estejam, se ácido ou básico). Catálise (muitas reações químicas são catalisadas pela presença de ácidos ou bases).

Em abordagem sobre a propriedade de neutralização, Brown (2016, p. 136) descreve que a reação de neutralização ocorre quando a solução de um ácido e a solução de uma base são misturadas. Esta reação, além de formar sal, gera água. De acordo com os princípios de Arrhenius, sais são compostos iônicos, que em solução aquosa dissociam-se liberando um cátion diferente do hidrônio (H^+), e um ânion diferente de hidroxila (OH^-).

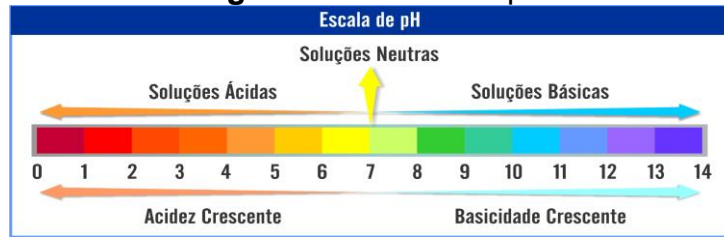
Mediante as definições dos autores citados, este trabalho tem o intuito de investigar sobre a reação em cadeia que é uma sequência de reações provocadas por um elemento ou grupo de elementos que gera novas reações entre elementos possivelmente distintos, tal como ocorre durante a fissão nuclear. Essas reações são provocadas por uma tensão ou diferença de potencial (ddp).

4 ÁCIDOS, BASES E SAIS: POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (pH)

De acordo com o químico dinamarquês Soren Peter Lauritz Sorensen (1909), pH (potencial hidrogeniônico) é uma escala logarítmica que mede o grau de acidez, neutralidade ou alcalinidade de uma determinada solução. (SALVADOR & USBERCO, 2010)

A escala de pH compreende valores de 0 a 14, sendo 7 um valor neutro. O valor 0 (zero) representa a acidez máxima e o valor 14 a alcalinidade máxima. As substâncias são consideradas ácidas quando o valor de pH está entre 0 e 7, e alcalinas (básicas) entre 7 e 14. Estes conceitos podem ser visualizados na Figura 2 e na Figura 3.

Figura 2 – Escala de pH



Fonte: BLOG MCIENTÍFICA, 2013, online.

Figura 3 – Concentrações de H^+ e OH^- , e os valores de pH e pOH de algumas substâncias comuns a 25 °C.

	$[H^+]$ (M)	pH	pOH	$[OH^-]$ (M)	
	$1 (1 \times 10^0)$	0,0	14,0	1×10^{-14}	
Ácido do estômago	1×10^{-1}	1,0	13,0	1×10^{-13}	
Limonada	1×10^{-2}	2,0	12,0	1×10^{-12}	
Cola, vinagre	1×10^{-3}	3,0	11,0	1×10^{-11}	
Vinho	1×10^{-4}	4,0	10,0	1×10^{-10}	
Tomates	1×10^{-4}	4,0	10,0	1×10^{-10}	
Café preto	1×10^{-5}	5,0	9,0	1×10^{-9}	
Chuva	1×10^{-6}	6,0	8,0	1×10^{-8}	
Saliva	1×10^{-7}	7,0	7,0	1×10^{-7}	
Leite	1×10^{-7}	7,0	7,0	1×10^{-7}	
	1×10^{-8}	8,0	6,0	1×10^{-6}	Sangue humano
	1×10^{-9}	9,0	5,0	1×10^{-5}	Água do mar
	1×10^{-9}	9,0	5,0	1×10^{-5}	Bórax
	1×10^{-10}	10,0	4,0	1×10^{-4}	Água de cal
	1×10^{-11}	11,0	3,0	1×10^{-3}	
	1×10^{-12}	12,0	2,0	1×10^{-2}	Amônia doméstica
	1×10^{-13}	13,0	1,0	1×10^{-1}	Alvejante doméstico
	1×10^{-14}	14,0	0,0	$1 (1 \times 10^0)$	

$pH + pOH = 14$
 $[H^+][OH^-] = 1 \times 10^{-14}$

Fonte: BROWN, 2016, pg. 717.

Assim, quanto maior a concentração de íons H^+ , menor será o pH e, quanto maior a concentração de íons OH^- , maior a basicidade da solução.

5 METODOLOGIA

O trabalho foi realizado por meio de levantamento bibliográfico referente ao assunto proposto e de pesquisas em livros e trabalhos de autores renomados, busca em base de dados, periódicos e artigos científicos. Os testes práticos foram realizados no Laboratório de Química das Engenharias do Uni-FACEF.

Nesse estudo investigou a eficiência de geração de energia elétrica utilizando maçãs. A maçã é uma das frutas que possibilita a passagem de energia usando os corretos materiais. Nesse trabalho foram utilizados fios condutores, lâmpadas de Leds (Diodo Emissor de Luz) de três volts, calculadora sem pilha, maçãs e também pregos. Os fios, juntamente com os pregos, ligados a maçã, possibilitam que haja uma passagem de energia de uma fruta para a outra, para assim, concentrá-la no final da cadeia. Dependendo da quantidade de maçãs, é possível se ter um resultado maior.

Todos os testes foram realizados empregando-se uma associação em série através de maçãs. Em sequência, mediu-se a tensão obtida com um multímetro e, também verificou-se a produção de energia com uma calculadora (sem pilhas).

A maçã é uma das frutas que possibilita a passagem de energia, uma vez que a solução dentro da maçã é ácida e, portanto, possui íons de hidrogênio (H^+) em solução, ao inserir os dois metais, por meio da utilização de filamentos de cobre e condutores galvanizados de zinco (prego), origina a formação dos dois polos da pilha, os polos positivo e negativo, respectivamente. Os testes foram realizados, empregando-se uma associação em série através de fios condutores de cobre e pregos, possibilitando passagem de energia de uma fruta para a outra, para assim, concentrá-la no final da cadeia. Dependendo da quantidade de maçãs, é possível ter um resultado maior na tensão do meio eletrolítico.

Além disso, testou-se a eficiência da energia gerada (brilho luminoso), por meio de lâmpadas LEDs (Diodo Emissor de Luz) de três volts.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir do estudo, foi possível verificar que quanto maior a capacidade de ionização ou dissociação do meio eletrolítico, maior a tensão obtida.

Em continuidade, os metais formaram os eletrodos, como previsto. Observou-se a presença das semirreações da célula galvânica. O

Zinco (Zn) metálico oxidou-se, perdendo massa, enquanto o Cobre (Cu) metálico reduziu-se, acumulando massa. Por não ter sido utilizada uma ponte salina, notou-se que a reação não se manteve eletricamente neutra, havendo perda de carga gradativamente. Igualmente, a fiação pode não ter permitido a instabilidade de carga, reduzindo assim a potência adquirida. Desta forma, as lâmpadas de LED não atingiram o brilho máximo.

O meio ácido (maça), por sua vez, obteve diferenças de potenciais a partir de seu grau de ionização. Ou seja, quanto maior a solubilidade de íons H^+ nos meios aquosos, maior foi a diferença de potencial (ddp). A maçã verde ou gala possui pH de aproximadamente 4,0 e tem em sua composição uma concentração que varia entre 6% e 8% de ácido cítrico ($C_6H_8O_7$), além de uma concentração baixa de ácido ascórbico (vitamina C). O ácido cítrico, após ingestão, não permanece em forma ácida, não obstante transforma-se em sais alcalinos (TRUMOM, 2005). Por ser um ácido orgânico fraco, junto aos demais componentes da maçã, possui baixa capacidade de ionização em meio aquoso. Além disso, a carga gerada se manteve estável, fornecendo uma tensão de 3,0 volts. A Figura 4 demonstra o circuito de pilha de maçãs realizado neste trabalho.

Também conhecido como citrato de hidrogênio, o ácido cítrico é um ácido orgânico fraco de fórmula $C_6H_8O_7$. De um modo geral, o ácido cítrico preserva o sabor de bebidas e alimentos industrializados, regulando o pH, mascarando o gosto desagradável de alguns compostos, neutralizando o paladar doce e acidificando o sabor (CARDOSO, 2006).

Figura 4 – Circuito de pilha de maçãs: lâmpadas de LED (três volts) acesa.



Fonte: Fotografias feitas por um dos autores na apresentação do trabalho na Feira de Ciências do Uni-FACEF Centro Universitário de Franca.

CONCLUSÃO

O presente trabalho obteve êxito ao aplicar os princípios da Eletroquímica para a formação de um circuito de pilha. Os estudos elaborados por Daniell e as obras de autores renomados, tais como Russell e Brown, contribuíram com a análise científica das soluções aquosas selecionadas, assim como viabilizou as possíveis constatações em torno das tensões obtidas nos testes realizados.

Nesse sentido, constatou-se que o experimento gerou tensão, como previsto, empregando o circuito de maçãs. A partir do estudo, a solução dentro das frutas é, obviamente, ácida e, portanto, possui H^+ em solução, ao inserir os dois metais, criou-se os dois pólos da pilha. O zinco é um metal muito reativo e vai reagir com a solução ácida da fruta produzindo elétrons que serão conduzidos até o cobre através da lâmpada. Verificou-se, ainda, que quanto maior a capacidade de ionização ou dissociação do meio eletrolítico, maior a tensão obtida.

Em outras perspectivas, o estudo pode ser avaliado como positivo, uma vez que foi possível investigar as propriedades ácido – base das soluções selecionadas, assim como sua composição intergado aos fenômenos químicos envolvidos na prática. Em acréscimo, investigou-se, por meio de práticas laboratoriais, os conceitos referentes a potencial hidrogeniônico (pH) e a potencial hidroxiliônico (pOH). Por fim, é válido salientar que a formação de uma pilha e a sua funcionalidade, representa um olhar investigativo, característico da contemporaneidade, tendo como objetivo o avanço técnico-científico.

REFERÊNCIAS

ATKINS, P. W.; JONES, L. **Princípios da química: questionando a vida moderna e o meio ambiente**. 5 ed. Porto Alegre: Ed Bookman, 2012.

BRAD, James E.; HUMISTON, Gerard E. **Química Geral**. 2. ed. v. 2. Rio de Janeiro: Livros técnicos e científicos editor, 1986.

BROWN, Theodore; et al. **Química: a Ciência Central**. 13 ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 1188 pags. 2016.

COCA-COLA BRASIL. **Conheça os ingredientes da Coca-Cola sabor original.**, . Disponível em: <<https://www.cocacolabrasil.com.br/nos-respondemos/conheca-os-ingredientes-da-coca-cola-sabor-original>>. Acesso em 03 de abril de 2018.

Maeda, R.N., Pantoja, L., Yuyama, L.K.O., Chaar, J.M. (2007) Estabilidade de ácido ascórbico e antocianinas em néctar de camu-camu (*Myrciaria dubia* (H. B. K.) McVaugh), *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 2007, 27(2): 313-316.

RUSSEL, John Blair. **Química Geral: tradução e revisão técnica Márcia Huekezian. et al.** 2ed. vol1 e vol2. 540 pags. São Paulo: Makron Books, 1994.

TRUMON, Conceição. **Os componentes ácidos do limão**. Disponível em: <<https://www.somostodosum.com.br/artigos/corpo-e-mente/os-componentes-acidos-do-limao-4641.html>>. Acesso em 25 de maio de 2018.

USBERCO, J.; SALVADOR, E. **Química Geral**. 12 ed. São Paulo: Saraiva, 2010. 1