

**Uma questão ambiental, a sintetização de pilha com eletrólito a base de
cátion imidazólio, um despertar da consciência Ecológica**

Salvador

2020

ALEXANDRE FRANCO ARANHA JUNIOR

ANA CLARA MOREIRA DE SANTANA SANTOS

**Uma questão ambiental, a sintetização de pilha com eletrólito a base de
cátion imidazólio, um despertar da consciência Ecológica**

Orientação do Prof. Me. Gilney Tosta.

Coorientador Prof. Me. Alexandre Franco
Aranha

Resumo

Nesse trabalho demonstra-se a possibilidade de sintetizar uma pilha com o líquido iônico derivado do cátion imidazólio no papel de eletrólito, aproveitando-se ao máximo sua capacidade de biodegradabilidade, sua segurança no que tange a pressão de vapor desprezível, baixa inflamabilidade, estabilidade térmica, anticorrosivos, despertando assim a uma consciência Ecológica. Esse artigo tem como perguntas norteadoras: É possível sintetizar uma pilha em meio solvente de líquido iônico a base de cátion imidazólio considerando as questões ambientais? E como essa pilha se comporta com o potencial elétrico e desempenho comparada com as pilhas já existentes? Desenvolvendo hipóteses alicerçadas pela metodologia da pesquisa bibliográfica, chegando a repostas otimistas na geração de pilhas, apresentando líquidos iônicos derivados do cátion imidazólio, bem como a relação direta de condutibilidade elétrica e temperatura para os mesmos. O objetivo geral do estudo é analisar a viabilidade teórica de síntese de uma pilha e como os objetivos específicos estão: explicar o funcionamento dessa pilha a base de cátion imidazólio e analisar a capacidade da mesma de se degradar. Apresentando como conclusão para o objetivo geral um grande potencial para a sintetização dessas pilhas, visto que o eletrólito estudado funciona como um bom condutor eletrônico, porém apresenta dificuldades no que tange a captação de recursos, visto que muitos líquidos iônicos tornam-se custosos pela sua dificuldade de fabricação, bem como sua raridade; logo foram demonstrados outros derivados do cátion imidazólio que podem vir a baratear o processo como os sólidos de imidazólio derivados do ácido carboxílico. Os objetivos específicos foram contemplados ao demonstrar o processo histórico de formação da pilha analisando seus processos químicos e particularidades até alcançar o estudo e discussão da pilha discutida nas páginas deste artigo, foi apresentado também o estudo sobre sua capacidade de se degradar e demonstrou sua sinergia com o novo funcionamento do instrumento idealizado.

Palavras-chaves: Pilha. Questão ambiental, Líquido iônico. Eletrólitos biodegradáveis.

Resume

This work demonstrates the possibility of synthesizing a cell with the ionic liquid derived from the imidazolium cation in the electrolyte paper, making the most of its biodegradability, its safety with regard to negligible vapor pressure, low flammability, thermal stability, anticorrosive, thus awakening an ecological awareness. This article has the following guiding questions: Is it possible to synthesize a cell in a solvent medium of ionic liquid based on imidazolium cation considering environmental issues? And how does this battery behave with electrical potential and performance compared to existing batteries? Developing hypotheses based on the methodology of bibliographic research, arriving at optimistic responses in the generation of batteries, presenting ionic liquids derived from the imidazole cation, as well as the direct relationship of electrical conductivity and temperature for them. The general objective of the study is to analyze the theoretical feasibility of synthesis of a cell and how the specific objectives are: to explain the functioning of that cell based on imidazolium cation and to analyze its capacity to degrade. Presenting as a conclusion for the general objective a great potential for the synthesis of these batteries, since the studied electrolyte works as a good electronic conductor, however it presents difficulties in terms of fundraising, since many ionic liquids become costly due to their manufacturing difficulty, as well as its rarity; soon, other derivatives of the imidazolium cation were demonstrated, which can cheapen the process, such as imidazolium solids derived from carboxylic acid. The specific objectives were contemplated when demonstrating the historical process of formation of the pile analyzing its chemical processes and peculiarities until reaching the study and discussion of the pile discussed in the pages of this article, it was also presented the study on its capacity to degrade and demonstrated its synergy with the new operation of the idealized instrument.

Keywords: Stack. Environmental issue, Ionic liquid. Biodegradable electrolytes.

INTRODUÇÃO

Tendo-se em vista as questões energéticas das novas pilhas discutidas hoje pela vasta área da eletroquímica, e sobre a óptica da questão ambiental, pois percebe-se uma intrínseca relação entre a busca por um melhor desempenho e um menor impacto ambiental. Nessa perspectiva, esse estudo tem como finalidade a idealização de uma pilha que atenda as necessidades contemporâneas de durabilidade e menor degradação ambiental.

O líquido iônico é considerado uma das fronteiras tecnológicas contemporâneas, com interações iônicas em uma substância aquosa na temperatura e pressão ambiente, desperta a curiosidade e interesse de cientistas para seus usos. Nesse plano, os estudos de livros como “Physical Chemistry”, de David W. Ball e monografias como a de Marcelo Paulo Stracke “líquidos iônicos: síntese, caracterização, utilização como reservatórios moleculares de hidrogênio e aplicação em baterias”, de revistas como a “*Journal of Molecular Liquids*” e de artigos científicos como “*Historical series of chemical composition of alkaline and zinc-carbon batteries manufactured between 1991 and 2009*” de Bruno Oliveira da Silva; Sílvio Carrielo Câmara; Júlio Carlos Afonso; Reiner Neumann; Arnaldo Alcover Neto. Este artigo tem como perguntas norteadoras: é possível sintetizar uma pilha em meio solvente de líquido iônico a base de cátion imidazólio? E como essa pilha se comporta com o potencial elétrico e desempenho comparada com as pilhas já existentes? O projeto foi estruturado através da metodologia da pesquisa bibliográfica que foram de suma importância para a análise dos principais líquidos iônicos e suas características, dentre eles o mais estudado e que melhor se enquadra nos pré-requisitos é o líquido iônico a base de cátion imidazólio, uma vez que esses, além de atender as prerrogativas de segurança, apresentam um bom potencial elétrico assim como o fato de serem sais biodegradáveis.

Desde então com o desenvolvimento da eletroquímica foram desenvolvidas pilhas que dominem o mercado por sua durabilidade e potencial cada vez maior. Nessa linha de pensamento, esse estudo dedica-se a elaboração e análise comportamental do líquido iônico a base de cátion imidazólio no modelo adotado atualmente de pilhas a fim de gerar um resultado favorável ao ambiente e as necessidades modernas. O objetivo geral do estudo é analisar a viabilidade teórica de síntese dessa pilha e como os objetivos específicos estão:

explicar o funcionamento dessa pilha a base de cátion imidazólio e analisar a capacidade da mesma de se degradar.

Por décadas, vários debates têm sido realizadas pelo mundo, sobre a necessidade de se discutir a relação do homem com a natureza. A educação ambiental propõem mudanças de cultura em, relação ao meio ambiente, permitindo ações de gestão com políticas voltada para proteção e soluções para amenizar impactos ambientais. Segundo, ULBRA, (2010, p. 33)

Ao longo da década de 1970, tivemos várias conferências internacionais em que a educação ambiental passa a ter um peso relevante nas discussões: conferência internacional sobre ambiente humano em, Estocolmo (1972), Programa Internacional de Educação Ambiental em Belgrado (1975), e Conferência Intergovernamental sobre Educação Ambiental em Tbilisi (1977) . [...]

2. REFERENCIAL TEORICO E METODOLOGICO

2.1 Histórias das pilhas

A eletricidade é um fenômeno físico-químico que atiçava a curiosidade das pessoas desde a descoberta do eletromagnetismo com o filósofo grego Tales de Mileto, que se encantou com o poder de atração do âmbar, desde então os estudos e teorias não param de surgir, experimentos que revolucionaria o futuro da ciência como a descoberta dos elétrons no átomo - até este momento, maciço e indivisível.

A criação da informática, dos computadores, dos *smartphones*, todas essas tecnologias dependem do estudo da elétrica – seja em eletroquímica, eletrodinâmica, eletroestática ou em eletromagnetismo. Mas, só foi em 1791 que o físico italiano Alessandro Volta sintetizou a primeira pilha do mundo, feita de zinco e cobre embebida de ácido, sem dúvida uma descoberta revolucionária que se compara a descoberta do fogo. Segundo Bruno Oliveira da Silva et al, (2011, pg. 812)

As pilhas Alessandro Volta (1745-1827), físico italiano, repetiu os experimentos de outro físico italiano, Luigi Galvani (1737-1798), concluindo que as contrações da perna de uma rã se deviam ao contato entre dois metais diferentes e que o tecido animal atuava como um sensor de eletricidade, detectando uma corrente de fraca intensidade. Volta detectou em um eletrômetro uma corrente elétrica ao pôr em contato lâminas de prata e zinco superpostas. Em seguida, empilhou diversos discos

desses metais, separados por um papelão umedecido com solução salina. Ele notou que as tensões elétricas se somavam, surgindo assim a primeira pilha elétrica...

Sendo complementado por diversos cientistas como Jonh Frederich Daniell que sintetizou a mesma pilha de zinco e cobre em compartimentos diferentes e conseguindo resolver os problemas da eficiência da pilhagem de Volta, o qual devido ao fenômeno de polarização¹ ocorreu o surgimento de bolhas de gás (H₂) ao redor dos discos de cobre criando uma capa não condutora que inutilizava a mesma com o tempo. Como apresentado por Bruno Oliveira da Silva, et al, (2011, pg 812)

A pilha de Volta teve papel central no desenvolvimento experimental e teórico da física e da química modernas, principalmente no campo da eletroquímica. 4 Entretanto, a eficiência dessa pilha era limitada, devido ao fenômeno de polarização, resultante do surgimento de bolhas de gás (H₂) em torno dos discos de cobre, formando uma película não condutora sobre a superfície, reduzindo sua eficácia. Esse problema foi resolvido pelo químico John Daniell (1790-1845) em 1836...

Com estudos mais aprofundados sobre a eletroquímica de Volta, Jonh, Galvani, foi possível o estudo que lapidou ainda mais esse fenômeno da eletroquímica, o surgimento da pilha seca de George Leclanché (1866), o qual conseguiu além de compactar o que antes era separado por dois compartimentos diferentes com o zinco, em seu eletrólito, e o cobre com seu outro eletrólito, em recipientes diferentes ligados por um fio por onde passava a eletricidade – pilha de Jonh Frederich Daniell- conseguiu a diferença de potencial (DDP) desejada para o funcionamento da pilha, que era usada pelos estudos anteriores, porém com o diferencial de seu eletrólito não ser líquido e sim uma pasta úmida. Segundo Bruno Oliveira da Silva et al, (2011, pg. 821)

Em 1866, George Leclanché (1839-1882) desenvolveu uma pilha que possuía uma placa de zinco (anodo), um bastão de grafite inserido em um tubo poroso contendo carbono em pó, dióxido de manganês (MnO₂) como agente despolarizante (catodo) e uma solução de cloreto de amônio (NH₄Cl) como eletrólito.

2.1.1 Eletroquímica

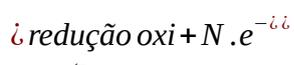
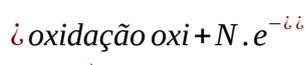
Não se sabe ao certo onde e quando surgiu o estudo formal da eletroquímica, o que se afirma é que esses estudos são frequentemente atribuídos para o final do século XVIII nos estudos do

1 Produção, num eletrolisador, numa bateria ou num acumulador percorridos por uma corrente, de uma força eletromotriz de sentido oposto àquele que produz a corrente. ~dicionário: www.dicio.com.br

anatomista Galvani, o qual estudou o comportamento “anômalo” da perna da rã que se mexia ao contato de dois metais diferentes, diz então que esse estudo abriu as portas para o surgimento de um novo ramo da ciência. Como descrito no livro “Electrochemistry The Basics, With Examples” (2012, pg 2): “The origins of electrochemistry in the history of science are rather difficult to determine. They are often attributed to the end of the 18th century with GALVANI’s work on animal electricity”. Para a fundamentação do estudo das pilhas, é necessário o embasamento na eletroquímica, o qual estuda os fenômenos elétricos sob uma ótica química dos elementos e suas interações. Nesse plano, vale salientar os fundamentos das teorias da célula galvânica e das pilhas convencionais. A oxirredução ou reação de redox é a teoria “mãe” da eletroquímica, a qual descreve o transporte de elétrons em reações total ou parcial, segundo o livro “Electrochemistry The Basics, With Examples” (2012, pg 8)

An oxidation-reduction reaction (redox reaction) involves transforming matter via electron shifts at the atomic level. When a species, or more exactly a chemical element of this species, loses one or more electrons, this species is said to undergo oxidation. When it gains electrons, it is said to undergo reduction. Such a transformation is called an oxidation-reduction half-reaction or a redox half-reaction [15]. It concerns two species for which a given element exists under two different forms. These two species are called the oxidant (or oxidizing agent) and the reductant (or reducing agent) denoted by Ox and Red respectively. They make up a redox couple usually denoted by Ox/Red.

Cujas equações gerais do par redox são descritas como:



Nesse plano o par redox é o que faz o funcionamento da pilha com a distribuição espontânea de elétrons, cria uma diferença de potencial, o qual gera o campo elétrico que terá maior ou menor energia (ddp), dependendo dos materiais usados como catodo² e anodo³, e seu eletrólito⁴.

Quadro 1: Ddp de algumas reações parciais redox em água (construção própria).

- 2 Quem doa elétrons, polo positivo.
- 3 Quem recebe elétrons, polo negativo.
- 4 Solução que intermedia o catodo e ou o anodo.

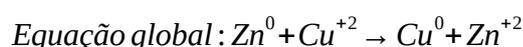
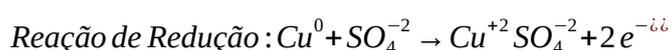
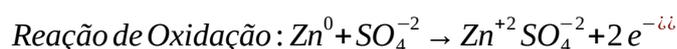
Ponto de oxidação	Reação	Ponto de redução
+3,04	$Li^{+} + e^{-}$	-3,04
+2,87	$Ca^{2+} + 2e^{-}$	-2,87
+1,66	$Al^{3+} + 3e^{-}$	-1,66
0,00	$2H^{+} + 2e^{-}$	0,00
-1,50	$Au^{3+} + 3e^{-}$	+1,50
-2,87	$F_2 + 2e^{-}$	+1,50

Fonte: Própria equipe.

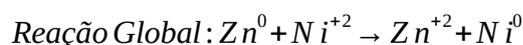
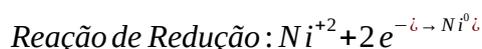
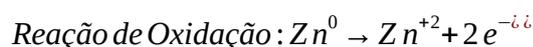
2.1.2 Eletroquímica nas pilhas

É fulcral ressaltar, a importância do conhecimento da eletroquímica nas pilhas de Volta em que a eletricidade pode ser produzida por dois metais. A pilha consiste em uma anilha de zinco galvanizada, uma moeda de cobre e um papel embebido com ácido sulfúrico, no ponto de vista da eletroquímica, para que ocorra uma corrente eletroquímica é necessário que tenha uma diferença de potencial. A anilha de zinco seria o polo negativo da pilha, haja vista, que ocorre a oxidação fazendo com que o zinco perca elétrons e se torne o ânodo, já o papel molhado de ácido sulfúrico seria o eletrólito da pilha e a moeda de cobre seria o polo positivo e o cátodo da pilha, onde ocorre a redução. Segundo Renata Saponara Boni, em seu artigo “A pilha de Alessandro Volta (1745-1827): diálogos e conflitos no final do século XVIII e início do século XIX”, (2007, pg 50)

Conhecido hoje como pilha de taças, ou seja, um conjunto de copos interligados com fios, aos quais estavam presas placas de zinco e prata. Volta sugeriu que os dispositivos fossem elaborados com discos de zinco e prata (condutores de 1 (primeiro) classe) intercalados com discos de papéis molhados com água salgada (condutores de 2 (segunda) classe), formando pares ZAP, ZAP (Zinco-Prata condutor úmido).

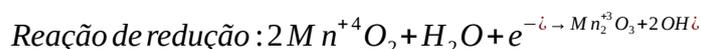
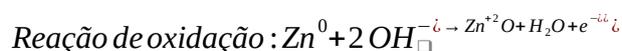


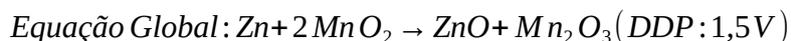
Em pilhas aquosas ou de Daniell é constituída por um polo negativo formado por zinco metálico mergulhado em uma solução aquosa de sulfato de zinco ocorrendo oxidação ao liberar elétrons e por um polo positivo formado por cobre metálico mergulhado em uma solução aquosa de sulfato de cobre, ambos ligados por uma ponte salina de cloreto de potássio, a fim de ocorrer um equilíbrio elétrico. Um bom exemplo disso é a pilha zinco-níquel:



Já as pilhas secas de Leclanché, são formadas por zinco metálico contido no polo negativo, uma pasta formada por sais ácidos (dióxido de manganês, cloreto de amônio e cloreto de zinco) e uma barra de grafita a qual conduz eletricidade. Entretanto, na oxidação do zinco, o amônio formaria amônia e gás hidrogênio, logo, a formação desses compostos se tornaria algo perigoso, haja vista que são gases capazes de explodir a pilha. Portanto, para solucionar esse impasse, o engenheiro químico Lewis Urry substituiu o cloreto de amônio por hidróxido de potássio que é uma base de metal alcalino, diferenciando a pasta úmida e sendo um composto que tornaria a pilha mais eficaz e durável. Segundo Bruno Oliveira da Silva et al, (2011, pg. 813)

Nos anos 1950, Lewis Urry (1927-2004) desenvolveu a pilha alcalina.15 Elas foram introduzidas no mercado no início da década de 1960 e lideram o segmento mundial das pilhas primárias. As pilhas alcalinas começaram a ser produzidas no Brasil em 1978. A diferença básica entre essa pilha e a de Zn-C é que a primeira emprega célula eletroquímica com materiais ativos de maior grau de pureza.7 O zinco (anodo) produzido por processos eletroquímicos ou por destilação com alto teor de pureza (99,85-99,00% m/m) possui grande área superficial e tamanho uniforme de partícula, diminuindo a resistência interna e gerando alta densidade de energia.15,19 O MnO2 de origem eletrolítica é misturado com grafite em pó19 (catodo), minimizando problemas de corrosão. O grafite em pó aumenta a condutividade do catodo, ampliando a faixa de temperatura de trabalho e o nível de descarga.20 Uma solução de KOH (~ 30%), com certa quantidade de ZnO (que retarda a corrosão do anodo), atua como eletrólito





2.1.3 Líquido iônico

Uma fronteira da ciência moderna e sem dúvida uma curiosa e intrigante ligação iônica, os líquidos iônicos são sais aquosos ou líquidos a temperatura ambiente, formados por ligações iônicas geralmente entre substâncias orgânicas⁵ volumosas como os cátions e ânions de diferentes tamanhos. A formação desses sais, de modo geral, deriva da utilização de cátions orgânicos com anéis aromáticos, com o intuito de dispersar a atração iônica evitando a formação de cristais, da mesma forma é selecionado o ânion o qual deve ser uma cadeia de alta simetria para suas cargas negativas se dispersarem pela cadeia evitando ainda mais a formação do cristal. A ideia primordial do líquido iônico era para o uso de baterias, mas por falta de conhecimento e recursos essa possibilidade foi deixada de lado, visto que perceberam a incrível função de solvente e catalisador bem como sua capacidade única de ser biodegradável. Segundo a monografia “Líquido iônico - alguns aspectos sobre as propriedades, preparações e aplicações” de Thiago Barcellos da Silva (2004, pg 7)

Os cátions comumente utilizados nos líquidos iônicos possuem anéis aromáticos que dispersam a carga positiva. Assim, o cátion apresenta uma baixa polarização em sua densidade de carga na superfície do cátion. A dispersão na polarização da carga, também é observada nos cátions quaternários de amônio e fosfônio, onde a carga positiva está fortemente localizada no átomo central (nitrogênio ou fósforo). Porém, esta carga não está acessível na superfície da molécula, e por essa razão a polarização da carga é dispersa sobre as cadeias alquílicas. Os ânions empregados nos líquidos iônicos devem ter uma alta simetria e sua carga negativa é dispersa sobre os quatro ou seis átomos ligados ao átomo central, como no BF₄ e PF₆, ou essa carga é dispersa por conjugação como no ânion bis(trifluorosulfânio)amida. Essas condições são necessárias para que, tanto o cátion como o ânion, não apresentem forte polarização da carga em sua superfície, não havendo assim a agregação dos íons e, conseqüentemente, a formação do cristal.

O primeiro a sintetizar tal composto foi o cientista Walden em 1914, criando o nitrato de etilamônio com o ponto de fusão de 12°C, mas só foi em 1980 que Wilkes empregou o 1,3-dialquilimidazólio para ser utilizado como eletrólito de baterias. Segundo a monografia

5 O estudo da orgânica é baseado no estudo do carbono e suas 4 ligações possíveis.

“Líquido iônico - alguns aspectos sobre as propriedades, preparações e aplicações “de Thiago Barcellos da Silva (2004, pg 3)

Como o cátion alquilpiridínio – base dos primeiros líquidos iônicos, é facilmente reduzido, no início da década de 1980 o grupo de Wilkes, em busca de um cátion com um potencial de redução menor que o Al(III), empregou o 1,3-dialquilimidazólio para ser utilizado como eletrólito de baterias.

2.1.4 Lis a base de derivados do cátion imidazólio

Dentre tantos Lis, um dos principais estudados é à base do cátion 1,3-dialquil-imidazolio, já que possui baixa temperatura de fusão, possuem pressão de vapor desprezível, baixa inflamabilidade, possuem a capacidade de ser biodegradável, bem como são anti-corrosivos. Segundo a tese de doutorado de Marcelo Paulo Stracke, “líquidos iônicos: síntese, caracterização, utilização como reservatórios moleculares de hidrogênio e aplicação em baterias” (2008, pg 43)

Os líquidos iônicos mais investigados e utilizados são aqueles baseados nos cátions 1,3-dialquil-imidazólio e têm despertado grande interesse de pesquisadores de diversas áreas devido às suas baixas temperaturas de fusão e por apresentarem grande diversidade de propriedades físico-químicas que são 20-22, 90-93: pressão de vapor desprezível; baixa inflamabilidade; estabilidade térmica; anti-corrosivos; líquidos em uma ampla faixa de temperatura; facilmente reciclável, e é um bom solvente para uma variedade de compostos orgânicos e inorgânicos.

Ainda nessa análise pode-se analisar que o cátion 1,3-dialquil-imidazolio produz uma gama de líquidos iônicos, porém muitas de suas características é compartilhado para todos os derivados do grupo imidazólio, como por exemplo, as prerrogativas de segurança e a capacidade de ser biodegradável, porém não são todos que são bons condutores elétricos, em sua grande maioria os derivados do grupo imidazólio são excelentes condutores protônicos. Nesse sentido, as pesquisas desses líquidos não condutores elétricos remetem ao estudo de catalisadores. Porém, no estudo de Stracke, foram revelados muitos sais líquidos a temperatura ambiente que cumprem esse papel de bons condutores elétricos, foi analisado que a condutibilidade elétrica depende, para esses sais, da temperatura, quanto maior a temperatura maior a condutibilidade então alguns líquidos iônicos se destacam por suportar

grandes quantidades de energia térmica sem perder suas propriedades, como é o caso dos $\text{Phs}(\text{CH}_2)_3\text{MI.NTf}_2$, $\text{Ph}(\text{CH}_2)_2\text{MI.NTf}_2$, $\text{Ph}_2(\text{CH}_2)_2\text{MI.NTf}_2$.

2.1.5 O desenvolvimento sustentável, deve ser entendido na perspectiva de uma econômica que baseia-se na sustentabilidade, uma produção sustentável, que tendo por objetivo: conservar e melhora bases de recursos, altear a qualidade do desenvolvimento, entre outras situações. Assim buscar o êxito em projetos com desenvolvimento de estudo sobre aplicação de pilhas biodegradáveis, associadas a estratégias de sustentabilidade perceberemos uma contribuição significativa para diminuição de impactos negativos no ambiente.

Para uma economia estar baseada na sustentabilidade, ela deve estar fundamentada na produção sustentável, isto é, deve estar baseada na sustentabilidade dos ecossistemas. Segundo, ULBRA, (2010, p. 57)

2.2 Referenciais metodológicos

A forma de pensar o tema foi através do “Método de Pesquisa Científica” para a confecção do artigo, os pesquisadores traçou um conjunto de procedimentos rígidos com a finalidade de entender a perspectiva estudada de uma forma ampla, para que possa ser submetida a uma verificação metodológica. O tipo de pesquisa utilizado pela equipe foi a pesquisa bibliográfica, uma vez que foi tomada como alicerce a metodologia exploratória em livros, artigos, revistas entre outras, com o objetivo de conhecer afundo o debate sobre o tema e analisar as contribuições teóricas existentes para apoiar no melhor entendimento do tema escolhido e desenvolver a capacitação técnica necessária para a resolução dos problemas temáticos. De acordo com Prof. Dr. James Luiz Venturi, no artigo “*Metodología de la investigación en Ciencias Sociales*”(2007, pg 11 e 19).

1-Metodologia de Pesquisa Científica: É um conjunto de procedimentos, fundamentados em um modo de pensar, amplo e geral; realizado pelo pesquisador, para conhecer uma realidade e que possa se submetido a uma verificação metodológica. (pg 11).

4.2-Pesquisa Bibliográfica: Metodologia exploratória, que busca conhecimento em livros e demais publicações. O objetivo é conhecer e analisar as contribuições teóricas existentes para responder a um determinado problema de pesquisa. (pg 19).

3. ANALISE

É notório a vasta área da eletroquímica e o potencial de empregabilidade da mesma no cotidiano. Nessa análise, a simples sintetização de uma pilha pode mudar a forma de interação do ser humano com o mundo - visto que esses engenhos eletroquímicos tendem a ser cada vez mais potentes e mais duradouros, da mesma forma que sutilmente, os processos de redox nos acompanham dia a dia na oxidação de metais, por exemplo. É nesse universo de possibilidades que os primeiros líquidos iônicos (1951) foram usados, porém logo foram redirecionados seus estudos para a parte de catalisadores. Todavia em 2008 o cientista Marcelo Paulo Stracke constatou uma grande descoberta, ele conseguiu em sua tese de doutorado, sintetizar uma pilha a base de SI's e LI's (sólidos iônicos e líquidos iônicos, respectivamente), funcional por 10 minutos com uma ddp de 1,47V que conseguiu fazer funcionar uma calculadora SONNIE. Em palavras de STRACKE (2008):

Uma calculadora operando com uma pilha (proporção da pilha: 50% em massa de líquido iônico; 50% em massa de sólido iônico C₂O₂MICI e adição de 12 mg de água a esta mistura). Potencial (E) de 1,47 V desta pilha elaborada. A bateria teve um tempo de meia vida de 20 dias sendo ligada diariamente por um tempo de 30 segundos(STRACKE, 2008: 140).

De acordo com Stracke, a sintetização da pilha era voltada para ser um reservatório de hidrogênio, nesse plano, o mesmo usou materiais que priorizasse essa reserva como descrito pelo mesmo, onde foram usados 50% em massa de LI's Ph(CH₂)₃MI.SO₃CH₃: hidrofílico e LIs Ph(CH₂)₃MI.NTf₂, Ph(CH₂)₂MI.NTf₂, Ph₂(CH₂)₂MI.NTf₂ e 50% em massa de SI's c₂o₂MICI (um Solido iônico à base do cátion imidazólio). Analisando-se a parte eletroquímica, chegamos a uma hipótese muito promissora, Stracke produziu a pilha para reservar hidrogênio, não para necessariamente criar uma pilha de potencial alto ou ainda duradoura, ele limitou-se ao hidrogênio, e na eletroquímica esse composta é considerado o marco zero em água (ponto de oxidação e redução 0,00V), logo os materiais para a

sintetização do reservatório é limitado pelo marco zero, volatilidade e características físico-químicas do gás hidrogênio; porém esse artigo tem como finalidade pensar uma pilha funcional (com uma boa durabilidade e bom rendimento), logo tem-se teoricamente, liberdade de escolher os melhores cátions e ânions para gerar os resultados necessários, visto que já foi provado que existe líquidos iônicos e sólidos iônicos a base de cátion imidazólio que funcionam como eletrólitos, além de ser aprovado pelas prerrogativas de segurança na utilização de pilhas. Como foi analisado por STRACKE em sua tese de doutorado “líquidos iônicos: síntese, caracterização, utilização como reservatórios moleculares de hidrogênio e aplicação em baterias” (2008):

Os líquidos iônicos mais investigados e utilizados são aqueles baseados nos cátions 1,3-dialquil-imidazólio e têm despertado grande interesse de pesquisadores de diversas áreas devido às suas baixas temperaturas de fusão e por apresentarem grande diversidade de propriedades físico-químicas que são 20-22, 90-93: pressão de vapor desprezível; baixa inflamabilidade; estabilidade térmica; anti-corrosivos; líquidos em uma ampla faixa de temperatura; facilmente reciclável, e é um bom solvente para uma variedade de compostos orgânicos e inorgânicos (STRACKE, 2008:43).

Neste trabalho demonstra-se pela primeira vez que estruturas moleculares, baseadas no cátion imidazólio contendo um grupamento cicloexil, podem ser empregadas como reservatórios de hidrogênio e satisfazem os requisitos de pressão de vapor desprezível, alta densidade, ausência de inflamabilidade e estabilidade térmica elevada. Os reservatórios de hidrogênio podem ser obtidos através de reações reversíveis de hidrogenação/desidrogenação de líquidos iônicos utilizando nanopartículas de irídio como catalisadores (STRACKE, 2008:XVII).

Em uma análise mais aprofundada, a viabilidade teórica é possível graças aos estudos e hipóteses eletroquímicas defendidas no artigo, porém quanto a viabilidade econômica, o custo da pilha torna-se elevado justamente pelo líquido iônico usado. Entretanto é possível que ocorra a substituição desses líquidos iônicos por outros de custo menor, visto que os LI's a base de cátions imidazólio tem, em geral, características semelhantes como, por exemplo, o respeito a todas as prerrogativas de segurança. Foram analisados outros sais líquidos que poderiam vir a baratear o processo como os sólidos de imidazólio derivados do ácido carboxílico, visto que o ácido 2-cloroacético (derivado do ácido acético) é mais rentável em comparação aos demais, devido a sua abundância. Em palavras de STRACKE em sua tese de doutorado “líquidos iônicos: síntese, caracterização, utilização como reservatórios moleculares de hidrogênio e aplicação em baterias” (2008):

O argumento geralmente apresentado contra o uso de líquidos iônicos é seu custo de produção elevado. Este custo realmente ainda é elevado, na configuração atual, mas não inclui os custos com a despoluição do Mercúrio que a população joga no lixo, que serão inevitavelmente pagos com impostos dos contribuintes que optaram por uma alternativa mais barata no imediato. Utilizando o líquido iônico de imidazólio derivado do ácido carboxílico o custo é diminuído drasticamente, pois o ácido 2-cloroacético (derivado do ácido acético) é extremamente barato comparado com os demais reagentes convencionais para a preparação dos líquidos iônicos. Além disso, estima-se que o custo dos líquidos iônicos diminuirá com a tecnologia incremental (STRACKE, 2008:143).

Em outro plano foi dado um enfoque na parte do estudo eletroquímico principalmente o que tange a ideia do potencial elétrico. É notória a necessidade de bons cátions e ânions para tal necessidade, como já foi apresentada, a teoria mãe da eletroquímica é o par redox o qual cria a DDP, que por sua vez mostra a verdadeira função de uma pilha. Para essa análise o quadro de redox é de suma importância (quadro 1) acrescida da fórmula de voltagem, usada para prever a DDP de uma pilha funcional em água. Encontrando resultados satisfatórios ao analisar que o projeto adotado nessas páginas é a viabilidade de uma pilha, com única restrição o uso de LI's como eletrólito como discutido por STRACKE em sua tese de doutorado "líquidos iônicos: síntese, caracterização, utilização como reservatórios moleculares de hidrogênio e aplicação em baterias" (2008):

Outra área importante dos líquidos iônicos de imidazólio é a eletroquímica, devido à estabilidade química e eletroquímica, larga janela eletroquímica e alta condutividade elétrica e mobilidade iônica^{90-93, 109-111}. Aplicações eletroquímicas de LIs à temperatura ambiente são, por exemplo, células de combustível¹¹², eletrodeposição¹¹³, capacitores¹¹⁴⁻¹¹⁶, células solares^{117, 118}, baterias¹¹⁹ e geração de hidrogênio pela eletrólise de água³² (STRACKE, 2008:143).

4. CONCLUSÃO

Este artigo teve como base nas prerrogativas: é possível sintetizar uma pilha em meio solvente de líquido iônico à base de cátion imidazólio? E como essa pilha se comporta com o potencial elétrico e desempenho comparada com as pilhas já existentes? Podem-se analisar agora respostas claras e objetivas, nesse artigo foi trabalhado todo o estudo histórico das pilhas e

dos líquidos iônicos, seus avanços científicos até chegar aos estudos mais recentes sobre os sub tópicos deste artigo no afã de responder com clareza essas perguntas. Nessa perspectiva, dentro deste estudo minucioso, houve a comprovação de líquidos iônicos a base de cátion imidazólio capazes de serem bons eletrólitos o que significa que a pilha é possível de serem geradas teoricamente, além de ser defendida a ideia que dependendo dos catodos e anodos as propriedades de durabilidade e potencial variam, foi demonstrado, com base em estudos, a biodegradabilidade dos líquidos iônicos a base do cátion imidazólio, é analisado a viabilidade financeira que infelizmente torna-se inviável para alguns eletrólitos possíveis de ser usado primeiro pela dificuldade de encontrar os materiais e depois pelo tempo para se completar as reações, mas também foram apresentados LI's e SI's de custo barato com quase as mesmas capacidades e propriedades que pode vir a substituir para a pilha teórica desenvolvida nessas páginas.

Como objetivo geral esse estudo tem de analisar a viabilidade teórica de síntese dessa pilha, como os objetivos específicos estão: Explicar o funcionamento dessa pilha a base de cátion imidazólio e analisar a capacidade da mesma de se degradar. Nesse sentido, a análise sobre a viabilidade teórica da pilha trouxe consigo uma resposta otimista e promissora, visto que as hipóteses do líquido iônico e sua capacidade de ser bioamigável e a capacidade de conduzir elétrons foram confirmadas ao passo que estudos aprovam essas hipóteses iniciais, e os objetivos específicos foram estudados a fundo os processos químicos e suas particularidades ao longo da história das pilhas no intuito de chegar a uma discussão sobre a nova tecnologia dos líquidos iônicos e seu comportamento na eletroquímica das pilhas, bem como uma apresentação sobre as características físico-químicas dos líquidos iônicos a base do cátion imidazolio, demonstrando sua biodegradabilidade. Assim contemplando todas as perguntas norteadoras com respostas promissoras e mais uma base para novos estudos nessa área visto que esse artigo é meramente teórico e seria de suma importância essa comprovação científica, logo, deseja-se que esse estudo dê prosseguimento e saia de linhas puramente teóricas para experimentos palpáveis e materiais.

A gestão ambiental permite associar políticas e prática administrativas para operacionalizar maior proteção ao meio ambiente, buscando uma qualidade em produtos e serviços.

REFERÊNCIAS

ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6023**: informação e documentação: referências: elaboração. Rio de Janeiro, 2002.

ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6028**: resumo: elaboração. Rio de Janeiro, 2002.

ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10520**: citações: elaboração. Rio de Janeiro, 2002.

ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14724**: formatação de trabalhos acadêmicos. Rio de Janeiro, 2002.

DA SILVA, Bruno Oliveira. *Et al.* **Série Histórica Da Composição Química De Pilhas Alcalinas E Zinco-Carbono Fabricadas Entre 1991 E 2009**, Artigo científico, Departamento de Química Analítica, Instituto de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.

DA SILVA, Thiago Barcellos. **Líquidos iônicos - alguns aspectos sobre as propriedades, preparação e aplicações**, monografia de conclusão de curso, instituto de química e geociências, Pelotas, 2004.

LEFROU, Christine. *Et al.* **Electrochemistry The Basics, With Examples**, Springer, France, 2012.

STRACKE, Marcelo Paulo. **Líquidos Iônicos: Síntese, Caracterização, Utilização Como Reservatórios Moleculares De Hidrogênio E Aplicação Em Baterias**, Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Químico Laboratório de Catálise Molecular, Porto Alegre, 2008.

ULBRA, Administração e Meio Ambiente. Curitiba. IBPEX, 2010;

VENTURI, James Luiz. **Metodología de la investigación em Ciências Sociales, Maestría em Gestión de Empresas, Programa de post Grado Stricto Sensu**, Assunción, 2007.