

REVISÃO DOS PRÓS E CONTRAS QUE AFETAM NO DESEMPENHO DE UMA BATERIA CHUMBO-ÁCIDO DECORRENTE DO PROCESSO DE RECICLAGEM DOS CONSTITUINTES PRINCIPAIS

Bruna Kattielly Costa Xavier (1); Isabella Targino Borges de Carvalho (2); Lucas León Silva Luna (3); Sávio José Pontes da Rocha Barros (4).

Universidade Federal de Campina Grande, brunacosta93@gmail.com¹, isabella-targino@hotmail.com²,
leon.lunna@gmail.com³, saviojose155@hotmail.com⁴.

Resumo: Por volta de 1859 foi desenvolvido por Planté o primeiro modelo de acumuladores, desde então tem sido utilizada a tecnologia da bateria chumbo-ácido para diversas aplicações, mesmo com inovações acerca de baterias, essa tecnologia de acumuladores eletroquímicos ainda é a preferida quando comparadas a outros tipos com igual potência. Com a preocupação presente nos últimos anos sobre o descarte de baterias chumbo-ácido, decorrente dos riscos à saúde humana e ao meio ambiente que estes sistemas eletroquímicos apresentam, a reciclagem tem sido uma alternativa bastante aplicada no ramo das indústrias do setor de baterias. Todos os constituintes de uma bateria chumbo-ácido apresentam potencial para reciclagem. Há um grande número de baterias que são recicladas, mais de 97%. Acumuladores chumbo-ácido atuais contêm 60 a 80% de chumbo reciclado e plástico (polipropileno). Fez-se, portanto, um levantamento na literatura sobre a reutilização dos principais componentes de uma bateria e o que poderia afetar no desempenho de uma nova. Foi visto que é vantajosa a recuperação do chumbo, pois este metal mantém todas as suas propriedades físico-químicas depois de purificado. O plástico reciclado é utilizado para a fabricação de caixas e tampas, também mostrando que é uma alternativa viável na fabricação de novas baterias sem prejudicar no seu desempenho. Porém, a reutilização das soluções de ácido sulfúrico em novas baterias tem sido questionada, pois quantidades críticas de certos contaminantes podem diminuir a eficiência da bateria, optando-se pela neutralização em água do ácido da bateria ou convertendo-se em sulfato de sódio ou detergente em pó.

Palavras-chave: baterias chumbo-ácido, reciclagem, desempenho de acumuladores, sistemas eletroquímicos.

Introdução

Desde 1859 tem sido utilizada a tecnologia da bateria chumbo-ácido para diversas aplicações, mesmo com inovações acerca de baterias, essa tecnologia de acumuladores eletroquímicos ainda é a preferida quando comparadas a outros tipos com igual potência, e possuem menor custo (FREITAS, 2015).

Com a preocupação presente nos últimos anos sobre o descarte de baterias chumbo-ácido, decorrente dos riscos à saúde humana e ao meio ambiente que estes sistemas eletroquímicos apresentam, a reciclagem tem sido uma alternativa bastante aplicada no ramo das indústrias do setor de baterias (BOCCHI, 2000).

Segundo o CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) Resolução N°257, a reutilização, reciclagem, tratamento ou a disposição final das pilhas e baterias deverão ser processados de forma tecnicamente segura e adequada, com vistas a evitar riscos à saúde humana e ao meio ambiente, e devem ser realizadas diretamente pelo fabricante ou por terceiros.

Todos os constituintes de uma bateria chumbo-ácido apresentam potencial para reciclagem. Uma bateria não reciclada representa uma importante perda de recursos econômicos, ambientais e energéticos e a imposição de um risco desnecessário ao meio ambiente e seus ocupantes. Há um grande número de baterias que são recicladas, mais de 97%. Baterias chumbo-ácido atuais contêm 60 a 80% de chumbo reciclado e plástico (polipropileno). O ácido sulfúrico é neutralizado com produto industrial semelhante ao carbonato de sódio, para neutralizar a bateria, ou conversão do ácido em sulfato de sódio que é usado em lavanderias e manufatura de vidros e têxteis (BOVOLENTA, 2012).

Porém, a reutilização das soluções de ácido sulfúrico em novas baterias tem sido amplamente questionada, pois quantidades críticas de certos contaminantes podem diminuir a eficiência da bateria, podendo assim ainda utilizar uma pequena quantidade diluída em uma nova solução.

Diante disto, este trabalho confere na pesquisa, o qual faz um levantamento de vantagens e desvantagens que o processo de reciclagem dos constituintes de uma bateria chumbo-ácido pode influenciar no desempenho da mesma.

Desenvolvimento

- Bateria Chumbo-ácido

O físico francês Raymond Gaston Planté (1834 - 1889) desenvolveu, em 1859, um modelo de bateria secundária formada por tiras de chumbo, separadas por borracha e mergulhadas em uma solução de ácido sulfúrico ligada a uma fonte de corrente externa. (ROCHA, 2004). Após o desenvolvimento deste dispositivo e as experiências realizadas por Planté, numerosas pesquisas foram realizadas tornando a bateria de chumbo ácido parecida com a de hoje. Dentre elas se destacam a aplicação de uma camada de pasta de óxido de chumbo sobre a grade (MACHADO, 2002).

No cenário atual é um acumulador de suma importância, devido à disponibilidade dos

componentes, do domínio do processo de fabricação, do baixo índice de auto-descarga e, principalmente, do baixo custo de produção. Todavia, devido à complexidade de seu modelo de funcionamento, é imprescindível o conhecimento de toda sua estrutura e todos os processos eletroquímicos que compõem este conjunto. A bateria de chumbo-ácido convencional é um sistema eletroquímico no qual os materiais ativos precursores são: chumbo (e os seus compostos) e eletrólito (ácido sulfúrico) (QUEIROZ, 2014).

- Componentes principais da bateria

Placas positivas e negativas

Denomina-se placa ao conjunto constituído pela grade e materiais ativos. As placas negativas possuem formato empastado; as positivas podem ser empastadas, planas ou tubulares. As placas empastadas são constituídas por grades de chumbo recobertas pela pasta de sulfatos básicos de chumbo. As placas tubulares são constituídas por vários tubos porosos feitos com fibras de plástico resistente ao ácido, preenchidos com a mesma pasta, contendo cada um, uma haste central de chumbo como coletor de corrente. As placas planas são produzidas pela oxidação eletroquímica de uma placa de chumbo metálico (LUCZKIEVICZ, 2011).

Material Ativo

Os materiais ativos servem para o processo de oxidação e redução para criar a circulação da corrente elétrica. O material ativo positivo, no elemento completamente carregado e em boas condições, tem cor castanha escuro, quase preta, tornando-se castanho claro ou vermelho tijolo quando o elemento é inteiramente descarregado. A cor do material ativo negativo é cinza, cor do chumbo metálico, tornando-se mais claro quando descarregado (CHAGAS, 2007).

Grade

A finalidade da grade é de transportar a corrente elétrica e suportar os materiais ativos, já que estes possuem pouca resistência física. São formadas de chumbo puro ou diferentes ligas de chumbo. Os elementos principais destas ligas são o chumbo, estanho e o cálcio. Traços dos outros elementos estão presentes na liga sob forma de impurezas, porém, estes elementos até certo nível não trazem prejuízos para a bateria em termos de resistência mecânica da grade e

desempenho elétrico (QUEIROZ, 2014). É desejável que a grade permaneça, durante toda a sua vida útil, com a forma e dimensões originais. Além disso, devem ser altamente resistentes a corrosão, devido às reações que podem causar sua deterioração.

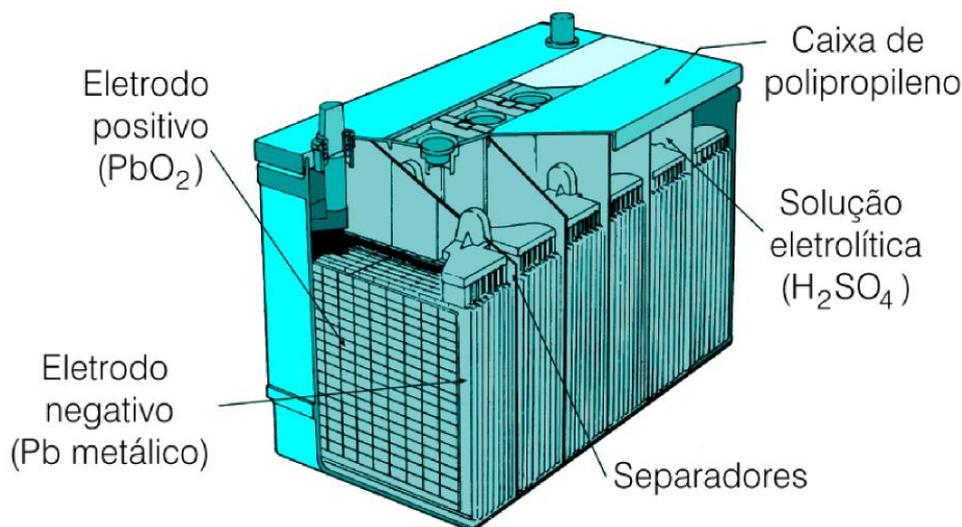
Separadores

São usados para evitar curto-circuito entre as placas com polaridades opostas e auxiliam no processo de condutância eletrolítica, permitindo que certa quantidade de solução ácida permaneça entre os eletrodos. Geralmente, eles ficam mais próximos da placa positiva por necessitar de uma maior quantidade de ácido (evidenciado na estequiometria da reação eletroquímica).

Solução eletrolítica

Solução eletrolítica ou eletrólito é a solução de ácido sulfúrico diluído em água deionizada, que conduz a corrente elétrica entre os eletrodos. É o elemento indispensável, pois é o meio onde ocorrem todas as reações eletroquímicas. A concentração do eletrólito depende de diversos fatores, como a temperatura de trabalho, tipo de bateria e a quantidade de disponível de ácido para a reação de descarga, uma vez que o H_2SO_4 é consumido na reação (LUCZKIEVICZ, 2011).

Figura 1: Visão geral dos componentes de uma bateria.



Fonte: BOCCHI, 2000.

- Processos eletroquímicos presentes na bateria chumbo-ácido

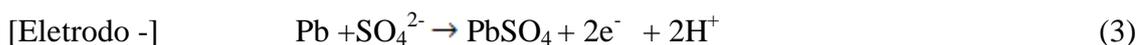
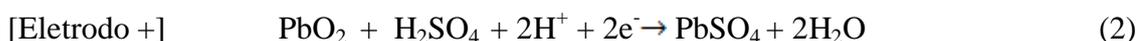
Uma bateria armazena energia na forma de energia química. Se uma bateria carregada é ligada a um circuito externo e é permitida a remoção de carga elétrica, a bateria transforma a energia química armazenada em energia elétrica e realiza um trabalho elétrico.

Os acumuladores elétricos são associações em série ou em paralelo de células unitárias, usadas para aplicações que requerem alta potência. Restringindo os estudos aos acumuladores chumbo-ácido automotivos, baterias VRLA, possuem seis conjuntos de eletrodos na forma de placas, contidos em vasos independentes. Um vaso pode conter, por exemplo, seis ânodos e cinco cátodos arranjados de forma alternada, começando e terminando com um anodo. Estes onze eletrodos são conectados em paralelo e, portanto, cada vaso fornece um potencial de cerca de 2 V. Os seis vasos são então conectados em série e a bateria fornece um potencial de aproximadamente 12 V (BOCCHI,2000).

A bateria de chumbo-ácido tem como materiais ativos o dióxido de chumbo (PbO₂) na placa positiva e o chumbo metálico (Pb) na placa negativa, e como eletrólito utiliza uma solução aquosa de ácido sulfúrico (H₂SO₄). Segundo a teoria do duplo sulfato, a reação que representa o processo de carga e descarga da bateria de chumbo-ácido é:



Desmembrando a equação de acordo com as semi-reações que ocorrem em cada eletrodo, são obtidas as Equações 2 e 3.



Processo de Descarga

Iniciando o processo de descarga, o eletrodo positivo busca potenciais mais catódicos, causando a redução do material ativo (PbO₂ → PbSO₄), ao passo que o eletrodo negativo busca potenciais mais anódicos, oxidando seu material ativo (Pb → PbSO₄). A partir do momento em que as reações não conseguem manter a corrente solicitada, o eletrodo positivo busca reações a potenciais mais catódicos e o eletrodo

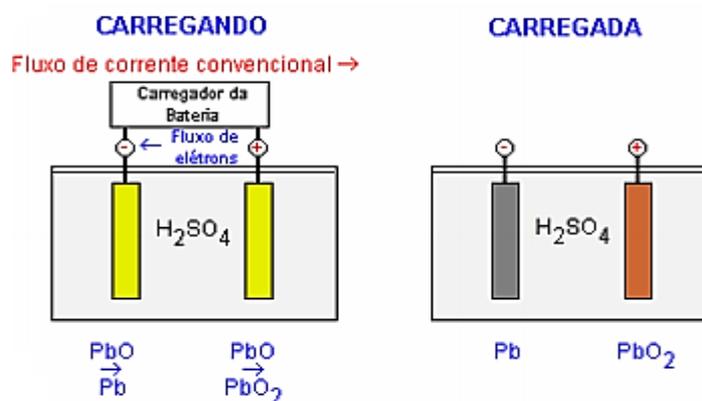
negativo busca reações a potenciais mais anódicos, fazendo com que a voltagem da célula diminua. Considera-se que a descarga chegou ao final quando a voltagem da célula é inferior a 1,75 V (LUCZKIEVICZ, 2011).

Processo de Carga

Iniciando o processo de carga, o eletrodo positivo busca potenciais anódicos, que conseqüentemente, implica na oxidação do $PbSO_4$ a PbO_2 . Em contrapartida, o eletrodo negativo busca potenciais catódicos, ocasionando a redução do $PbSO_4$ a Pb .

Durante a carga do acumulador diminui a quantidade de água no eletrólito e aumenta a do ácido sulfúrico. Assim, a densidade do eletrólito aumenta, até que todo o sulfato de chumbo se torne substância ativa. No instante final do processo de carga, a densidade do eletrólito é igual à densidade no princípio da descarga (CARDOSO, 2005).

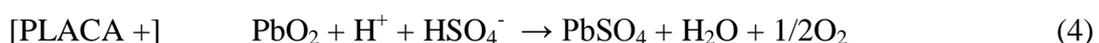
Figura 2: Ilustração representando o processo de carga da bateria.



Fonte: LUCZKIEVICZ, 2011.

Essa etapa demanda uma quantidade muito maior de energia, devido ao deslocamento das reações durante o carregamento que impedem que a eficiência seja 100%, ou seja, precisa-se de mais energia para que a bateria retorne as condições iniciais. Na placa positiva, as reações paralelas favorecem a oxidação da água, desencadeando a liberação do oxigênio. Na placa negativa, ocorre a redução do H^+ e o desprendimento do gás hidrogênio (LUCZKIEVICZ, 2011).

As Equações 4 e 5 descrevem o que ocorre quando o processo de carga prolonga-se:





- Reciclagem dos constituintes da bateria

Os acumuladores elétricos são constituídos por plástico, metais e ácidos, desta forma quando chegam ao final de sua vida útil devem ser coletadas e enviadas para unidades de recuperação e reciclagem, transformando-se em novos bens de consumo. Segundo dados de 2011, todo o chumbo produzido no mundo, cerca de 60% é provido da reciclagem, pois além do fato de que o chumbo sucata é mais barato do que o chumbo extraído, se tornando o processo financeiramente interessante (BOVOLENTA, 2012). O Quadro 1 mostra a composição, em massa, de uma bateria.

Quadro 1: Composição média de uma bateria de chumbo-ácido para automóveis.

Componentes	Massa (%)
Chumbo	61,2
Água	13,3
Ácido sulfúrico puro	9,6
Caixa de polipropileno	8,2
Grelha metálica (Sb, Sn, As)	2,1
Polietileno (separadores)	2,0
Conexões (Cu)	0,3
Outros materiais (plásticos, papel, madeira, PVC)	3,3

Fonte: KREUSCH, 2005.

Uma típica sucata de bateria chumbo-ácido contém mistura de várias substâncias: chumbo metálico, óxido de chumbo (PbO), sulfato de chumbo (PbSO₄) e outros metais, como cálcio, cobre, prata, antimônio, arsênio e estanho. A porção metálica de chumbo das baterias pode ser fundida em temperaturas relativamente moderadas e em seguida refinada. A fração constituída pelo sulfato de chumbo, óxido de chumbo e chumbo metálico pode ser recuperada por via eletrometalurgia, hidrometalurgia e fusão alcalina, em substituição aos tradicionais processos pirometalúrgicos, que possuem a desvantagem da emissão de dióxido de enxofre (SO₂) e de partículas de chumbo para o meio ambiente, gerando também até 25% de escória e

resíduos da quantidade de chumbo produzida, dificultando o sistema de tratamento e disposição final desta linha de produção (CARNEIRO et al, 2017).

Logo no processo de recuperação do chumbo pelas grades de acumuladores chumbo-ácido não só é vantajoso economicamente, principalmente para o Brasil que importa 100% do seu chumbo e tem como fonte principal as sucatas, como também fica claro que a utilização desse material reciclado não influencia no desempenho das baterias novas, pois o chumbo mantém todas as suas propriedades físico-químicas depois de purificado.

O polipropileno é separado das baterias automotivas abertas, depois passa por uma etapa de limpeza, seleção e separação. O plástico é reciclado fundindo-o e reformando-o em pastilhas de plástico, que serão novamente utilizadas para a fabricação de caixas e tampas para novas baterias, sendo assim mais um item vantajoso no processo de reciclagem de uma bateria chumbo-ácido (KREUSCH, 2005).

A reutilização de soluções eletrolíticas de sucatas de baterias tem sido questionada quanto a sua viabilidade econômica sem afetar no desempenho de uma nova bateria. Porém há uma diminuição da vida-útil da bateria em virtude de fatores como aumento na produção de gás hidrogênio com consequente diminuição no nível de água da solução eletrolítica (LAM et al., 2009). Com ênfase no aumento indesejado da produção de gases, sabe-se que esse fenômeno ocorre devido à presença de íons metálicos contaminantes que funcionam como eletrocatalisadores diminuindo a sobretensão em que ocorre a dissociação da molécula de água aumentando a produção de hidrogênio. A contaminação é decorrente do desprendimento de íons metálicos presentes nas grades de chumbo que compõem a bateria. Logo, em soluções eletrolíticas recicladas, há consideráveis concentrações de íons contaminantes que podem interferir consideravelmente no desempenho da bateria, o que não é economicamente atrativo para indústria de acumuladores. Portanto atualmente, opta-se pela neutralização em água do ácido da bateria ou convertendo-se em sulfato de sódio ou detergente em pó, ou usando-o na fabricação de vidro e têxtil (KREUSCH, 2005).

Considerações Finais

As baterias chumbo-ácido, como foram visto acima, tem em sua composição metais pesados altamente tóxicos, como chumbo, antimônio ou arsênio, que representam, consequentemente, sérios riscos ao meio ambiente. A destinação apropriada desses acumuladores e a reciclagem

do mesmo, não só minimizam os impactos causados ao meio ambiente como também a saúde humana. Pode-se dizer que o uso dos acumuladores chumbo-ácido, seja em automóveis ou em outras aplicações é bem expressivo devido custo operacional baixo decorrente ao processo de reciclagem de quase todos os componentes da bateria. O que por sua vez apresentou-se em maiores vantagens do que desvantagens na fabricação de novos acumuladores, não prejudicando diretamente o desempenho destes.

Referências

BOCCHI, N.; FERRACIN, L. C.; **Biaggio, s.r. pilhas e baterias: funcionamento e impacto ambiental.** Química Nova na Escola, N° 11, 2000.

BOVOLENTA, M. A. **Purificação do chumbo proveniente da reciclagem de baterias.** Trabalho de conclusão de Curso. Fundação Educacional do Município de Assis- FEMA-Assis, 2012.

CARDOSO, P. E. R. **Estudo da correlação de parâmetros elétricos terminais com características de desempenho em baterias.** Dissertação (Faculdade de Engenharia Elétrica e Computação) Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

CARNEIRO, R. L.; MOLINA, J. H. A.; ANTONIASSI, B.; MAGDALENA, A. G.; PINTO, E. M. **Aspectos essenciais das Baterias Chumbo-Ácido e Princípios Físico-Químicos e Termodinâmicos do seu Funcionamento.** Revista Virtual de Química, Vol 9, No. 3- p. 889-911, 2017.

CHAGAS, M. W. P. **Novas tecnologias para avaliação de baterias.** Dissertação (Programa de Pós Graduação em Desenvolvimento de Tecnologia). IEP/LATEC, Curitiba, 2007.

FREITAS, D.C.C. LIMA, A.M. N; SILVA, H.S., MORAIS, M.R.A. **Otimização da escolha dos pontos de medição usados na estimação de parâmetros de modelos de baterias de chumbo-ácido.** Simpósio Brasileiro de Automação Inteligente, vol.1. Natal- RN, 2015.

KREUSCH, M. A. **Avaliação com propostas de melhoria do processo industrial de reciclagem do chumbo e indicação de aplicabilidade para a escória gerada.** Dissertação, (Programa de Pós-graduação em Engenharia de Materiais e Processos) Universidade Federal do Paraná, Curitiba – 2005.

LAM, L. T.; CEYLAN, H.; HAIGH, N.P.; LWIN, T.; RAND, D.A.J. **Influence of residual elements in on oxygen- and hydrogen- gassing rates of lead-acid batteries.** CSIRO Energy Technology, Journal of Power Sources, Elsevier, Austrália, 2009.

LUCKIEVICZ, F. R. G. **Determinação do estado de saúde da bateria chumbo-ácido.** Dissertação (Programa de Pós Graduação em Química Aplicada) Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava-PR, 2011.

MACHADO, I. P. **Avaliação ambiental do processo de reciclagem de chumbo.** Dissertação. Universidade Estadual de Campinas – Faculdade de Engenharia Mecânica, Campinas – São Paulo, 2002.

QUEIROZ, M. B. **Estudo comparativo da corrosão em grades utilizadas em bateria chumbo-ácido, formadas em processos de fundição e laminação.** Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química) Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2014.