

TESTE DE RESERVA DE CAPACIDADE DE BATERIAS CHUMBO-ÁCIDO 145S2 E LEITURA COM ELETRODO DE CÁDMIO METÁLICO

Tiago Favero¹ & Edilson da Silva Ferreira²

1-Tecnólogo em Química Industrial (UTFPR), com atuação Profissional em Baterias Pb-Ácido; 2-Professor da UTFPR, Coordenação de Química - COQUI

Resumo - No intuito de investigar o comportamento individual da bateria Pb-ácido 145S2 foi realizado o teste de reserva de capacidade. Juntamente com esse teste foi feito o monitoramento individual dos eletrodos (+) e (-) da bateria com um eletrodo de cádmio metálico. Foram obtidos diagramas de voltagem versus tempo que mostraram o comportamento da bateria. Quatro baterias foram montadas e sete descargas foram feitas para cada uma obtendo cinco resultados úteis. Foi usado o eletrodo de cádmio primeiro na formação e depois nos teste de reserva de capacidade para as baterias 145S2, criando valores de referência nas condições de análises realizadas. Verificou-se que a reserva de capacidade variou de $304,4 \pm 2,41\%$ até $318,8 \pm 2,84\%$ dado em minutos, superando o valor indicado pela ABNT que é de 250 minutos. Os valores de Cd (+) em formação variaram de 2,10 a 2,35 V, em descarga variaram de 2,17 a 1,98 V. Os valores de Cd (-) variaram de -0,19 a 0,04 voltando para -0,19V ao final da formação. Em descarga os valores variaram de -0,15 a -0,28 V. desta forma temos valores de referência para leitura com eletrodo de cádmio, com importância industrial no monitoramento de baterias chumbo-ácido.

Palavras-Chave: Bateria chumbo-ácido, reserva de capacidade, eletrodo de cádmio, formação.

TRYOUT OF RESERVE OF CAPACITY OF LEAD-ACID 145S2 AND READING WITH ELECTROD OF CADMIUM METALIC

Abstract- In order to explore the way individual from battery lead-acid 145S2 was realized the tryout of reserve of capacity. Along with this test has been made the individual monitoring from the electrodes (+) & (-) from battery with a electrode of cadmium metallic. Were obtained diagrams of voltage versus time what they showed the way from battery. Four battery have been assembled and seven discharges have been off the rack for each only one getting five results useful. Was used the electrode of cadmium first on formation and after on the test of reserve of capacity about to the batteries 145S2, creating reference values on the conditions of analyzed realized. Verifies what the reserve of capacity varies of $\pm 2,41\%$ but also $\pm 2,84\%$ given em minutes supering the worth indicative by ABNT what is of 250 minutes. The values of Cadmium electrode (+) disk in formation vary of 2,10 to 2,35 V, and to discharge vary of 2,17 to 1,98 V. The values of Cadmium electrode (-) vary of 0,19 the 0,04 round about to 0,19V the end from formation. In discharge the values vary of 0,15 to 0,28 V. From this forms we've reference values about to reading with cadmium electrode, with importance industry into the monitoring of battery lead - acid.

KeyWord: Pb-acid battery, capacity reserve, cadmium electrode, formation

1. INTRODUÇÃO

As baterias chumbo-ácido possuem uma grande importância tecnológica em nossa sociedade, principalmente quando a sua aplicação é automotiva. Impulsionada por um mercado tão vasto como o automotivo, o interesse de pesquisa em torno das baterias chumbo-ácido é crescente. Neste trabalho foram realizados testes para acompanhar a descarga de baterias do tipo 145S2, correspondente a uma bateria 145 Ah,

usadas em máquinas como ônibus, tratores, máquinas agrícolas, etc. (BUCHMANN, 2001, NOLL, 2006)

O teste a ser realizado foi o de reserva de capacidade, uma descarga à corrente constante, com leituras auxiliares de tensão entre os pólos e tensão medida com eletrodo de cádmio, permitindo traçar um perfil dessas baterias. Os objetivos do trabalho foram: a) realizar testes com eletrodo de Cd metálico; b) obter curvas de descarga em baterias 145S2 e c) obter valores de referência para leituras de tensão com eletrodo de cádmio na formação e

em descargas das baterias 145S2. A proposta do uso do eletrodo de cádmio foi baseada em estudos de Riu (1970).

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Montagens das Baterias de Teste

As características elétricas da bateria 145S2 denominada 42BBC pelo fabricante Urio Industrial de Baterias LTDA são as seguintes: tensão nominal = 12 V; capacidade de partida = 450 A ± 10%; reserva de capacidade = 250 min ± 10%, conforme normas da ABNT.

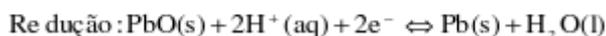
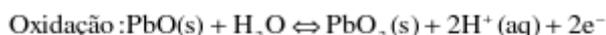
A grade para fabricação dos eletrodos é constituída de uma liga de chumbo, cuja composição básica desta grade fundida é Sb 2,42%, Sn 0,60%, As 0,11%, Se 0,035%, com peso da grade 55,9 g. As características físico-químicas dos precursores de material ativo nos eletrodos estão descritos na tabela 01.

Tabela 01 Características físico-químicas dos precursores do MAP e do MAN usado na montagem das baterias de teste.

Parâmetros	Unidade	MAP	MAN
Pb livre no PbO de manufatura	%	23,2	24,0
Densidade aparente	g . cm ⁻³	4,4	4,7
Umidade no empaste	%	8,62	8,35
Umidade pós-cura	%	1,17	2,33
Pb livre pós-cura	%	2,79	2,73
Peso médio da placa M ₂ (+)	g	166,5	164,0
Peso médio do MAP/ placa seca	g	106,3	102,7

Os separadores utilizados foram de polietileno, conforme especificado por DARAMIC (2003), que também são denominados envelopes, por envolverem parcialmente um dos eletrodos. A partir desses dados foram montadas quatro baterias para os testes.

Uma bateria de Pb-ácido apresenta reações típicas de formação, que são as reações principais envolvidas nos eletrodos da bateria, pois nas placas não temos apenas o PbO, mas sim uma ampla variedade de óxidos e sulfatos de chumbo (KOTZ, 1998, YEH, 2001.).

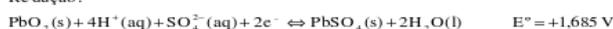


E descarga (para as reações de recarga as reações se processam da direita para a esquerda):

Oxidação:



Re dução:



Equação Global:



Estudos recentes PAVLOV (2004) mostrou a influência da concentração do eletrólito H₂SO₄, no eletrodo positivo, na tensão produzida pela Eq. de Nernst. (D ALKAINÉ, 1997) Para uma bateria com densidade inicial de 1,265

g.cm⁻³, a 80°F, conforme as reações globais de descarga da bateria temos:

$$E_{\text{pilha}} = 2,041 - \left(0,0296 \log \frac{1}{(9,04)^4} \right) \quad E_{\text{pilha}} = 2,15 \text{ V}$$

2.2. Procedimento do Teste RC

A bateria inteiramente carregada deve ser descarregada com uma corrente de intensidade igual a 25 A, à temperatura de 80°F até que a tensão seja 1,75 V por pilha (ou 10,50 V entre os pólos). Este teste deve ser realizado mantendo-se a temperatura do eletrólito constante ou aplicar o fator de correção ao resultado final:

$$\underline{Mc = Mr(1 - 0,01(Tf - 80))}$$

Onde: MC = minutos corrigidos; Mr = minutos de funcionamento; Tf = temperatura final do eletrólito no final da descarga em °F; 0,01= ordem do fator de correção (10⁻²); Resultados cuja temperatura final for abaixo de 70 ou acima de 90°F, não são significativos.

2.3. Tensão e Leitura com Eletrodo de Cádmio

O monitoramento da tensão da bateria a ser descarregada é constante e pode ser realizado por um voltímetro conectado aos terminais da bateria.

Os valores da leitura de cádmio representam à voltagem específica do eletrodo positivo (+) e do eletrodo (-) da bateria. Denominamos Cd (+) e Cd (-) devido ao fato da leitura ser realizada com um voltímetro cuja extremidade de medição é constituída por um eletrodo de cádmio metálico. Nesse tipo de medição o voltímetro mede a tensão que passa pelo eletrólito a uma temperatura específica.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1. Análises Estatísticas

Para cada uma das baterias de teste realizamos sete descargas de forma a obter ao menos cinco descargas com resultados válidos. Dois resultados para cada bateria foram descartados em função das descargas terem sido realizadas a temperaturas muito distantes da temperatura padrão (80°F) para o teste de reserva de capacidade.

Como após cada descarga as baterias necessitavam de nova carga, denominaremos cada replicata de teste como ciclo, numerando-os de 1 a 5 conforme a tabela 02, que ainda mostra a média aritmética entre as replicatas e o coeficiente de variação (CV) para cada teste. Os valores da tabela já estão corrigidos conforme a recomendação da metodologia.

Conforme as normas da ABNT, a reserva de capacidade para uma bateria do tipo 145S2 deveria ser de 250 min ± 10%, e o que observamos é que as quatro baterias superaram a norma em todos os testes de descarga,

mostrando que as baterias obtiveram alto desempenho nos testes, dessa forma o produto está aprovado neste quesito. Além disso, o coeficiente de variação (CV) ficou abaixo dos 10% indicado pela ABNT.

Tabela 02 Resultados de reserva de capacidade em minutos para cinco ciclos válidos.

Teste	Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 3	Ciclo 4	Ciclo 5	Média	CV (%)
1	301	305	319	310	318	310,6	2,54
2	295	294	319	314	325	309,4	4,57
3	308	325	310	327	324	318,8	2,84
4	297	305	297	313	310	304,4	2,41

3.2. Tensão e tempo

Todas as baterias de teste apresentam o mesmo comportamento de descarga, o que já era esperado para uma taxa de descarga tão elevada como a que foi realizado. Se tratássemos de um rateio, teríamos algo próximo de um C6.

As curvas de descarga variam em função da densidade inicial do eletrólito e da temperatura de descarga, contudo, as curvas possuem comportamentos análogos e sendo assim podemos definir que este comportamento é padrão para as baterias Pb-ácido 145S2.

Entre as quatro baterias de teste também não há uma diferença significativa no comportamento das curvas, portanto percebemos que realmente estas tendem a ter um comportamento padronizado.

O gráfico da figura 01 corresponde a bateria do teste 03. Para as outras baterias de teste as curvas obtidas são muito semelhantes por isso optamos por mostrar o digrama da bateria de melhor desempenho.

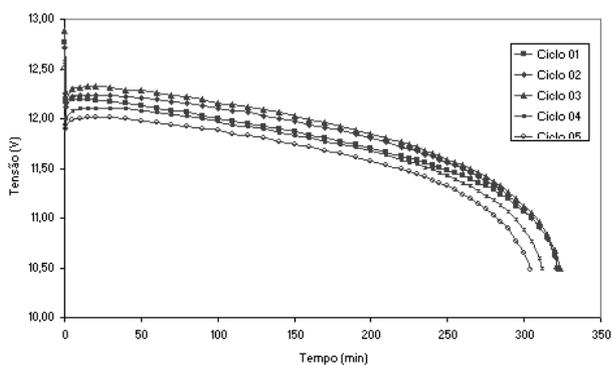


Figura 01 Diagramas típicos de descarga para baterias 145S2 obtidas nos testes 03.

3.3. Leituras Com Eletrodo de Cádmio

Neste item vamos apresentar valores obtidos para leituras com eletrodo de cádmio para formação das baterias usadas nos testes e também valores obtidos na descarga destas baterias, criando valores de referência para este tipo de leitura nas condições metodológicas já apresentadas.

Na figura 02 temos o potencial (+), (-) e a DDP, medidos no processo de formação da bateria do teste 03. Os

valores para Cd (+) variam de 2,10 V no início da formação e sobe até 2,35 V no término. Para o Cd (-), no início temos -0,19 V, sendo que este se eleva até 0,04 V e novamente cai para -0,19 V no final da formação. A faixa de temperatura para tais medições na formação é de 20 a 45°C.

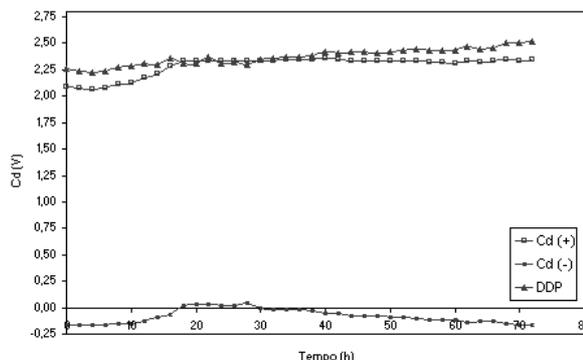


Figura 02 Linhas de formação da bateria 03.

Estando as baterias bem carregadas, as placas positivas possuem um potencial maior que o do eletrólito e por isso temos um potencial positivo. Por sua vez as placas negativas possuem um potencial levemente inferior ao do eletrólito, isto na hipótese do eletrólito possuir potencial zero. Graficamente as placas positivas apresentam uma queda no potencial semelhante à queda de tensão da própria bateria. Percebemos isso comparando a figura 01 com a figura 03 deste trabalho. Para todas as baterias de teste a placa positiva apresentou um comportamento semelhante. Na figura 09 utilizamos um ciclo de cada bateria de teste com temperatura mais próxima possível de 26,7°C.

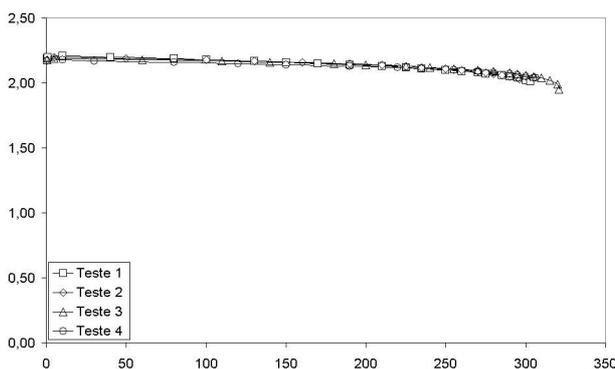


Figura 03 Tensão medida com eletrodo de cádmio para placa (+) em faixa de temperatura de 20 a 30°C.

No caso da figura 04, temos a leitura de cádmio para as placas negativas que o gráfico nos mostra é que nas baterias com 11 placas (-), não houve queda brusca de potencial como mostra os testes 1 e 2 deste gráfico. Provavelmente se o potencial se manteve com características lineares é por que temos excesso de MAN. O que reforça a teoria de que podemos reduzir as

quantidades de material ativo e fazer um novo estudo a fim de encontrar um novo ponto ótimo com a vantagem da redução de custos. O material ativo que possui maior excesso é na placa negativa como mostra da figura abaixo, cujas linhas de descarga são praticamente lineares.

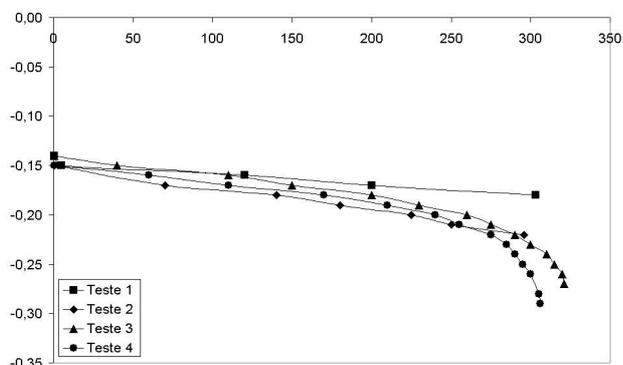


Figura 04 - Tensão medida com eletrodo de cádmio para placa (-) em faixa de temperatura de 20 a 30°C.

Nas figuras 03 e 04, temos os valores de referência obtidos nos testes de reserva de capacidade. Esses valores têm uma importância industrial, pois com eles podemos monitorar as baterias em teste, e conferir se existe qualidade para a bateria montada.

4. CONCLUSÕES

O comportamento de tensão versus tempo é bem característico para as baterias Pb-ácido. No início da descarga temos o *coup de fouet*, em seguida um patamar

regular de descarga até uma queda bem acentuada no final da descarga. (ROCHA, 2004)

Outro parâmetro que acompanhou os testes de descarga foi a leitura com eletrodo de Cd. Conseguimos obter valores de referência para os quatro testes. Esses valores têm uma importância industrial, pois podem ser aplicados ao monitoramento de baterias Pb-ácido tanto na formação quanto na descarga.

5. REFERÊNCIAS

BUCHMANN, I. A Handbook on Rechargeable Batteries for Non-engineers. 7. ed. Cadex Electronics Inc. 2001, p.13-15.

D ALKAINÉ, C. V.; CORUBELLI, A.; LOPES M. C. The Kinetic Mechanism of the PbO₂ Discharge of the Lead-Acid Positive Plates. *Journal Power Sources*, n.64, p.111-115, 1997.

DARAMIC Product Line of Lead-acid Battery Separators. Disponível em: <http://www.daramic.com/products/daramic_products>. Acesso em: 18 out. 2006.

KOTZ, J. C. Química e Reações Químicas. 3.ed. Rio de Janeiro: LTC, 1998, v.02, p.635-642.

NOLL, V. Fontes de Alimentação Primárias. Disponível em: <http://www.cefetsc.edu.br/~mussoi/conversores_estaticos_arquivos/BATERIAS.pdf>. Acesso em: 22 out. 2006.

PAVLOV, D. ET. AL. Influence of H₂SO₄ Concentration on the Electrochemical Activity of the Pb/PbO₂/PbSO₄ Electrode. *Journal Power Sources*, n.137, p.288-308, 2004.

RIU, A. Tratado Practico de Acumuladores Eléctricos. 7.ed. Buenos Aires: Agustín Riu, 1970.

ROCHA, J. R. Mecanismos de Reações de Descarga das Placas Positivas em Baterias Chumbo-ácido. Curitiba, 2004. 41p. Pós-graduação (Engenharia e Ciência dos Materiais) Universidade Federal do Paraná (UFPR).

YEH, C. H.; WAN, C. C.; CHEN, J. S. Physical and Electrochemical Characterization of PbO₂ Electrode Prepared at Different H₂SO₄/H₂O/PbO Ratios. *Journal Power Sources*, n.101, p.219-225, 2001.