

	<p>06 a 10 de Outubro de 2008 Olinda - PE</p>
---	---

<b>Envelhecimento Acelerado de Baterias Chumbo-ácidas Estacionárias para Diagnósticos de Falhas e Expectativa de Substituição</b>		
<b>Gilcinea R. Pesenti</b>	<b>Maria de Fátima N.C. Rosolem</b>	<b>Glauco Ribeiro dos Santos</b>
<b>Light</b>	<b>CPqD</b>	<b>CPqD</b>
gilcinea.pesenti@light.com.br	mfatima@cpqd.com.br	glauco@cpqd.com.br
<b>Luiz Antonio Soares</b>	<b>Pamela Tobias Frare</b>	<b>Raul Fernando Beck</b>
<b>CPqD</b>	<b>CPqD</b>	<b>CPqD</b>
lsoares@cpqd.com.br	pamela@cpqd.com.br	raul@cpqd.com.br
	<b>Vitor Torquato Arioli</b>	
	<b>CPqD</b>	
	vitor@cpqd.com.br	

**PALAVRAS CHAVE:**  
**Baterias chumbo-ácida ventilada**  
**Baterias chumbo-ácida regulada por válvula**  
**Medições de Condutância**  
**Medições de Impedância**  
**Degradações**

**DADOS DA EMPRESA:**  
Nome: CPqD  
Endereço: Rod. Campinas Mogi-Mirim – km118  
Telefone/fax: 19 37057124/19 3705 6120  
E-mail: mfatima@cpqd.com.br

## RESUMO

As baterias são elementos vitais nas Subestações de Energia Elétrica, pois na eventual falta da energia comercial, são as baterias que mantém os serviços auxiliares em operação. Para tanto é necessário ter metodologias confiáveis que avaliam o real estado de degradação das baterias. Em parceria o CPqD e a Light está desenvolvendo um projeto de pesquisa e desenvolvimento de um sistema para gestão de baterias. Um dos objetivos desta pesquisa é obter diagnósticos precoces de falhas das baterias através da medição de resistência interna da bateria, bem como estimativa de sua substituição. Para se alcançar este objetivo foi realizado nos laboratórios do CPqD ensaios acelerados de envelhecimento de baterias chumbo-ácidas ventiladas e reguladas por válvula (VRLA) de diferentes fabricantes. Estes ensaios foram acompanhados através de medições de condutância, impedância e teste de capacidade.

## 2 OBJETIVOS

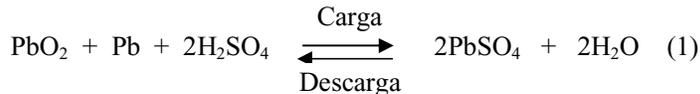
Este trabalho tem como objetivo apresentar os resultados dos ensaios acelerados de envelhecimentos de baterias chumbo-ácidas ventiladas e reguladas por válvula. O processo de degradação foi acompanhado através das medições de condutância, impedância e teste de capacidade. Este estudo é parte de um projeto de P&D (Pesquisa e Desenvolvimento) realizado entre Light e CPqD.

## 3 INTRODUÇÃO

A bateria chumbo-ácida foi descoberta por Planté em 1860 e, até o momento, continua sendo a solução dominante em aplicações estacionárias, do ponto de vista técnico e financeiro, na utilização como reserva de energia para ocasiões de falha ou transitório no suprimento da energia em corrente alternada, tornando-se elemento vital na confiabilidade e disponibilidade dos sistemas de supervisão e controle e demais equipamentos eletroeletrônicos dos serviços auxiliares existentes nas subestações das empresas de energia elétrica.

Até o início da década de 90 o mercado brasileiro era dominado exclusivamente pelas baterias chumbo-ácidas ventiladas. Entre 1995 e 1998 começou a ser introduzida em algumas empresas do setor elétrico a bateria chumbo-ácida regulada por válvula (VRLA - Valve Regulated Lead Acid), a qual possui patente desde 1973 e cuja fabricação comercial iniciou-se em 1980 nos EUA.

A bateria chumbo-ácida regulada por válvula (VRLA) possui a mesma composição da bateria ventilada, no entanto o ácido sulfúrico (eletrólito) não se encontra na forma líquida, sendo mantido imobilizado por meio de uma matriz gelificante (bateria tipo Gel) ou utilizando separadores à base de microfibras de vidro (bateria tipo AGM). As baterias reguladas por válvula, por serem do tipo chumbo-ácido, apresentam o mesmo princípio de funcionamento das baterias ventiladas, baseado na teoria do sulfato duplo que, na sua essência, indica que durante o processo de descarga ocorre a formação de sulfato de chumbo em ambas as placas, conforme mostrado na Equação 1.



Da mesma forma que na bateria ventilada, na bateria VRLA também ocorrem algumas reações indesejáveis em paralelo à reação principal, como por exemplo, o processo de eletrólise da água, que provoca a evolução de oxigênio e hidrogênio nas superfícies das placas positivas e negativas. No entanto, a imobilização do eletrólito na bateria VRLA cria micro-canais que facilitam o transporte do oxigênio (que é gerado na superfície da placa positiva) até a superfície da placa negativa, reagindo com o chumbo e gerando água como produto final de reação conforme apresentado a seguir:



O ciclo do oxigênio, além de consumir o oxigênio gerado internamente retornando-o à forma de água, diminui sensivelmente a evolução do hidrogênio em relação à bateria ventilada. Este processo é conhecido como ciclo interno de recombinação do oxigênio. Devido a este processo, a bateria VRLA não necessita de reposição de água, pode operar no mesmo ambiente que outros equipamentos eletrônicos, bem como posicionada na posição horizontal ou vertical.

Isto significa dizer que, nas condições normais de flutuação os acumuladores regulados por válvula, apesar de continuarem gerando hidrogênio, o fazem aproximadamente 1 a 2 ml de H<sub>2</sub> por hora para cada 100 Ah, contra os 5 a 14 ml dos acumuladores ventilados. Como não é possível um "ciclo de hidrogênio" similar ao do oxigênio, a perda deste gás significa perda de água da bateria. Esta perda é intensificada sob condições desfavoráveis de operação, como por exemplo: temperatura elevada,

sobrecarga, tensão de flutuação elevada, etc. Desta forma não é recomendado o uso deste tipo de baterias em ambientes herméticos, sob risco de ocorrência de explosões.

### 3.1 Processos de Degradação

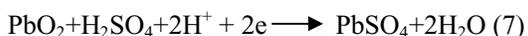
#### 3.1.1 Autodescarga das Placas Positivas e Negativas

No processo de estocagem da bateria, as placas negativas (Pb – chumbo metálico) e positivas (PbO<sub>2</sub> – peróxido de chumbo) reagem com o eletrólito (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> - ácido sulfúrico) formando sulfato de chumbo (PbSO<sub>4</sub>), conforme descrito nas equações 6 e 7:

Placa Negativa



Placa Positiva



Este processo é conhecido como autodescarga, isto é quando a bateria é mantida em condições de circuito aberto (sem aplicação de tensão) há uma alteração de suas características iniciais devido à ocorrência das reações descritas acima, isto é a bateria sofre um processo espontâneo de descarga. Na prática, um dos parâmetros que será alterado é a capacidade da bateria, haverá uma perda de capacidade, uma vez que parte dos materiais ativos das placas (chumbo e peróxido de chumbo) se transforma em sulfatado de chumbo (os materiais ativos são consumidos). A intensidade da velocidade da autodescarga depende de vários fatores tais como: fabricação, pureza dos materiais, tipo de liga, aspectos construtivos, tecnologia e fatores externos como temperatura do ambiente de estocagem e aplicação de recargas periódicas.

#### 3.1.2 Corrosão da Grade Positiva

A corrosão da grade positiva da bateria chumbo-ácida é inevitável e sempre irá ocorrer. Sua corrosão significa a conversão do chumbo (Pb) em dióxido de chumbo (PbO<sub>2</sub>), de acordo com a equação 8:

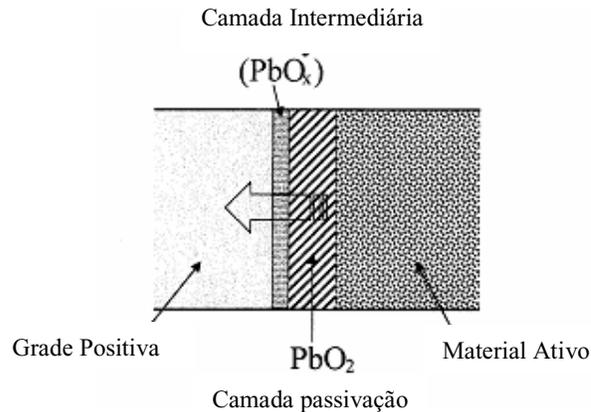


Inicialmente quando a placa é fabricada, entre a grade de chumbo (Pb) e o material ativo da placa positiva - dióxido de chumbo (PbO<sub>2</sub>) é formada uma densa camada também de dióxido de chumbo (PbO<sub>2</sub>) que inicialmente protege a grade de corrosões futuras. Na FIGURA 1 a área à esquerda representa a grade positiva, enquanto o material ativo é mostrado à direita. Por baixo dos poros do dióxido de chumbo que constitui o material ativo, uma densa camada, também de dióxido de chumbo, cobre a superfície da grade. Esta camada é formada pela corrosão do chumbo e protege a grade positiva. Entretanto, o dióxido de chumbo (camada protetora ou de passivação) e chumbo (grade) não podem coexistir ao lado um do outro por razões termodinâmicas, e uma fina camada de um material oxidado (PbO<sub>x</sub>) sempre será formada entre a grade e a camada protetora (dióxido de chumbo). A proteção da grade contra corrosão deixa de existir quando a camada de PbO<sub>x</sub> entra em contato com o ácido e forma PbSO<sub>4</sub>. A camada de PbO<sub>2</sub>/PbO<sub>x</sub> gradualmente penetra dentro da grade positiva conforme ilustrado na Figura 1, (a velocidade desta reação em estado sólido é muito lenta). No entanto, quando a espessura desta camada protetora excede um determinado valor (o dióxido de chumbo ocupa um volume maior do que o chumbo), forma-se pequenas fissuras, permitindo novamente o início do processo corrosivo. Como resultado, em condições normais de flutuação, a corrosão prossegue a uma velocidade constante de 0.005 e 0.05 mm por ano, a qual nunca será paralisada, e um fluxo contínuo de corrente anódica, a corrente de corrosão, é necessária para estabilizar novamente a camada de corrosão. Assim no final de vida útil da bateria, sua grade positiva estará totalmente corroída, isto é o chumbo se transforma em peróxido de chumbo e a placa perde a sustentação. Quando a bateria permanece em circuito aberto, nenhuma corrente flui na placa positiva e a camada protetora de dióxido de chumbo (PbO<sub>2</sub>) é dissolvida, provocando a corrosão do chumbo da

grade positiva que se transforma em  $PbO$  ou  $PbO_x$ , compostos estes que são bastante instáveis na presença de ácido sulfúrico, isto é reagem rapidamente com o ácido sulfúrico formando sulfato de chumbo, segundo a equação 9:



Desta forma quando a bateria está armazenada em circuito aberto, além da autodescarga das suas placas positivas e negativas irá ocorrer a corrosão da grade positiva.



**Figura 1: Esquema Representativo da Corrosão da Grade Positiva**

### 3.1.3 Dryout (Perda de água)

O “dryout” é um fenômeno característico da bateria VRLA que constitui a perda excessiva de água do eletrólito levando a bateria ao estado de “dryout”. Como neste tipo de bateria não é possível a reposição de água, se a bateria é submetida a qualquer evento que provoque uma perda de água maior do que a projetada (temperatura elevada, tensão alta, etc), há a ocorrência do processo de “dryout”, o que afetará seu desempenho elétrico.

## 4 METODOLOGIA

Para este estudo foram selecionadas 64 amostras compostas por baterias chumbo-ácidas estacionárias ventiladas (com ligas de chumbo-antimônio e chumbo-cálcio) e reguladas por válvula (tipos gel e AMG) as quais abrangem os 4 fabricantes nacionais de baterias, sendo selecionados 8 modelos (8 amostras de cada modelo, divididos em 4 lotes, com duas amostras cada) que representam a maior parte do parque de baterias das Subestações da Light. Os 8 modelos de baterias são compostos por 4 baterias ventiladas e 4 VRLA. Das baterias ventiladas três possuem grades com ligas de chumbo-antimônio e a outra a liga é de chumbo-cálcio. As baterias VRLA duas são do tipo gel e as outras duas do tipo AGM.

Foram realizados os seguintes ensaios de envelhecimento acelerado:

- Estocagem em temperatura elevada
- Operação em temperatura elevada
- Ciclos de carga/descarga

Por questões de confidencialidade não será revelado o nome dos fabricantes, as amostras foram nomeadas da seguinte forma:

- Fabricante 1 – Modelo A (VRLA/Gel): Fab1-A
- Fabricante 1 – Modelo B (ventilada/antimônio): Fab1-B
- Fabricante 1 – Modelo C (ventilada/cálcio): Fab1-C
- Fabricante 2 – Modelo A (VRLA/AGM): Fab2-A
- Fabricante 3- Modelo A (ventilada/antimônio): Fab3-A
- Fabricante 3 – Modelo B (VRLA/AGM): Fab3-B
- Fabricante 4 – Modelo A (VRLA/Gel): Fab4-A

- Fabricante 4 – Modelo B (ventilada/antimônio): Fab4-B

#### 4.1 *Estocagem em temperatura elevada*

O ensaio de autodescarga tem como objetivo submeter à bateria a um processo de degradação provocado pela sua estocagem em circuito aberto. A temperatura é utilizada como um agente para aumentar a velocidade deste processo de degradação. No ensaio de autodescarga, as amostras do Lote 1, após estarem plenamente carregadas, serão armazenadas em circuito aberto, na temperatura de 35°C, durante um período total de 10 meses. Para avaliar a perda de capacidade da bateria provocada pelo processo de estocagem, após os períodos de armazenagem de 1, 4 7 e 10 meses, as amostras foram submetidas a um ensaio de descarga em regime nominal. A armazenagem na temperatura de 35°C foi realizada pela utilização de um banho termostático.

A perda percentual da capacidade  $r$  é obtida a partir da equação 10:

$$r = ((C_{r10} - C_p) / C_{r10}) \times 100 \quad (10)$$

onde:

$C_{r10}$ : capacidade real em regime nominal.

$C_p$ : capacidade obtida na descarga após  $X$  dias de repouso.

#### 4.2 *Operação em temperatura elevada*

Este ensaio tem como objetivo a acelerar o processo de degradação principalmente da placa positiva da bateria, provocando uma aceleração da corrosão da sua grade positiva (liga de chumbo) e partes complementares (pólo e barra de conexão) positivas. No caso das baterias VRLA este ensaio contribuirá para o desequilíbrio do ciclo interno do oxigênio, provocando perda excessiva de água, corrosão da grade positiva e autodescarga da placa negativa. A temperatura será utilizada como um agente para acelerar a ocorrência deste processo.

No ensaio de operação em temperatura elevada as amostras do Lote 3 foram mantidas em carga com uma tensão de 2,45 V na temperatura de 45°C. Ao final de 1, 4, 7 e 19 meses as amostras foram retiradas do banho, após atingirem a temperatura ambiente de 25°C foram descarregadas em regime nominal. Neste ensaio a temperatura também foi mantida a 45°C utilizando um banho termostático. Após a descarga, as amostras foram recarregadas retornando as condições de operação descritas inicialmente neste parágrafo.

#### 4.3 *Ciclos de carga/descarga*

O ensaio de ciclagem, tem como objetivo acelerar o processo de degradação das placas positivas e negativas da bateria devido ao stress provocado pela aplicação de consecutivos ciclos de carga e descarga. O processo de ciclos de carga/descarga provocará um desgaste acelerado do material ativo das placas positivas (peróxido de chumbo) e negativa (chumbo-metálico esponjoso), bem como uma aceleração da corrosão da grade positiva e partes complementares (pólo e barra de conexão) que são confeccionados de materiais a base de ligas de chumbo. Na descarga será aplicada intensidade de corrente mais elevada do que nos ensaios recomendados nas normas nacionais e internacionais a fim de acelerar o processo de degradação.

No ensaio de ciclos de carga/descarga as amostras do Lote 2 foram submetidas a ciclos de carga/descarga com duração de 12 horas, sendo 11 horas de carga e 1 hora de descarga. A carga foi realizada com tensão e corrente limitadas em 2,45 V e 0,20C<sub>10</sub> (20% da capacidade em regime nominal). A descarga foi realizada com a aplicação de uma corrente constante a ser definida entre os regimes de 3 e 1 hora. A cada 30 ciclos será realizado um ensaio de capacidade em regime nominal.

#### 4.4 *Medições e avaliações*

Durante a execução dos ensaios acelerados, a degradação das baterias serão acompanhadas através das medições de condutância, impedância, tensão e teste de capacidade. A FIGURA 1 apresenta o equipamento utilizado para a realização dos ensaios de capacidade.

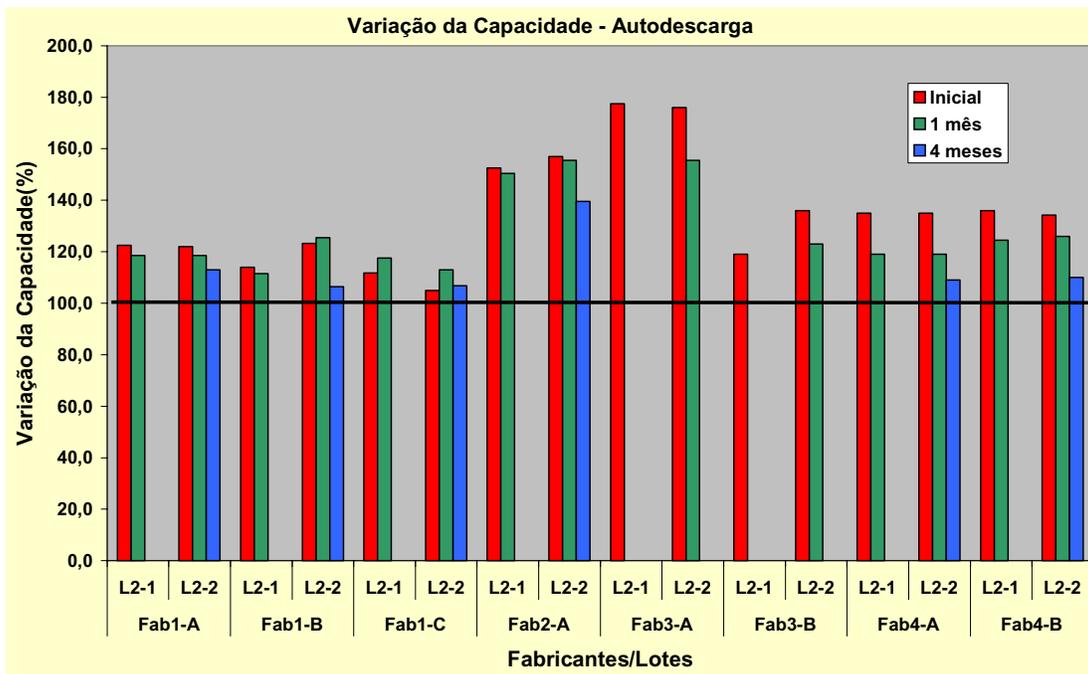


**Figura 1: Equipamento para Ensaio de Capacidade**

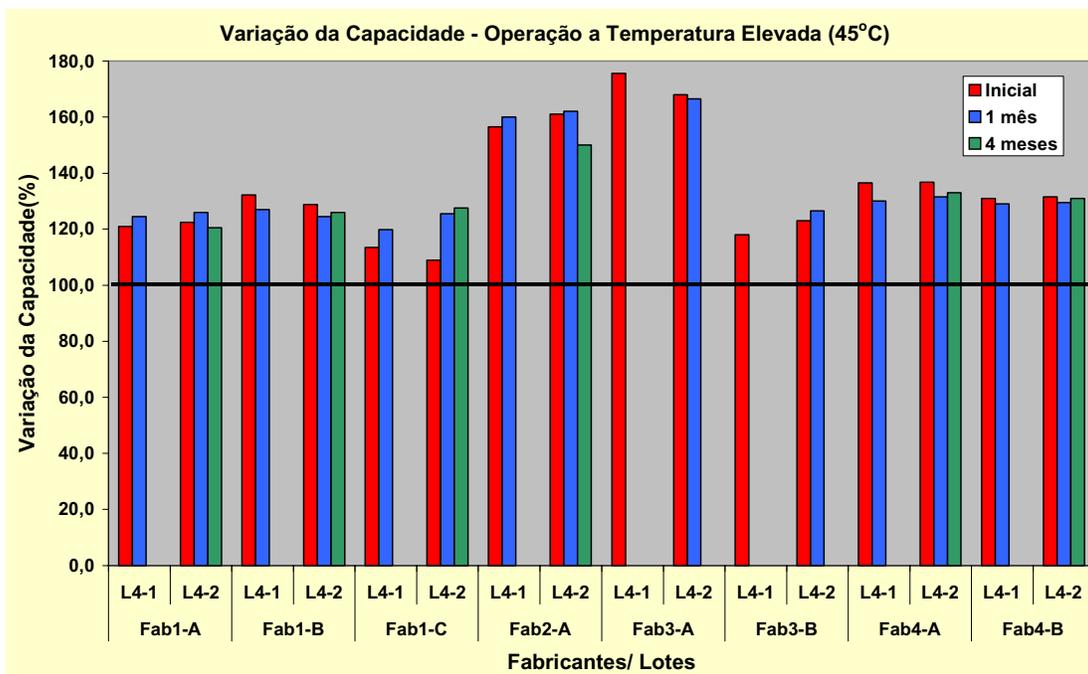
## **5 RESULTADOS**

### *5.1 Capacidade*

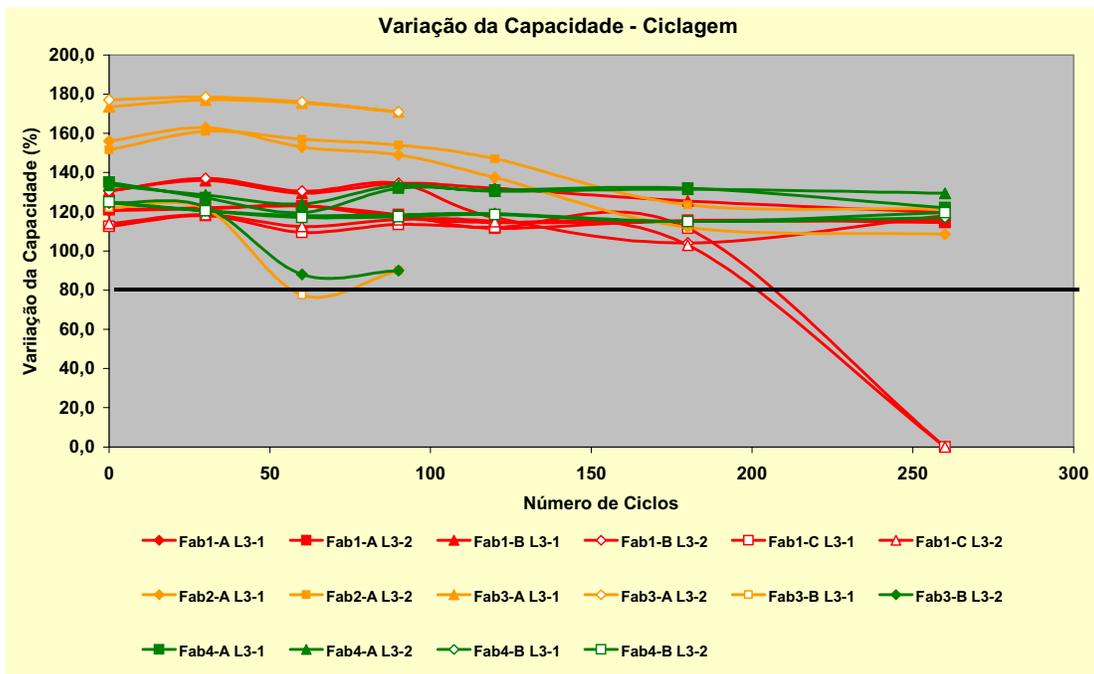
As FIGURAS 2, 3 e 4 apresentam as variações das capacidades nos ensaios de envelhecimentos acelerados (autodescarga, operação em temperatura elevada e ciclos de carga/descarga). Como pode-se, todas as amostras apresentaram capacidade inicial superior a 100%, fato este bastante comum de acontecer em baterias novas, geralmente as baterias saem da fábrica com valores de capacidades superiores a capacidade nominal. Decorridos 4 meses de estocagem (o ensaio de capacidade após 4 meses foi realizado somente em uma amostra, a outra ficará estocada ininterruptamente até o final deste ensaio), praticamente todos os modelos de baterias apresentaram diminuição da capacidade. De todas as amostras, as Fab4-A e Fab4-B apresentaram maiores perdas de capacidade (23%), seguida da amostras Fab2-A e Fab1-B (17%) e da amostra Fab1-A(9%) (não foi possível apresentar os resultados para todas as amostras, pois alguns ensaios estão em andamento). Já no ensaio de operação em temperatura elevada, decorridos 4 meses de ensaio, a diminuição das capacidades foram inferiores ao constatado no ensaio de autodescarga. As amostras apresentaram uma perda de capacidade na faixa de 0,5 a 11%. Até o momento foram realizados 260 ciclos de carga/descarga, como pode ser observado na FIGURA 4, as amostras do modelo Fab1-C, após 200 ciclos apresentaram uma acentuada queda de capacidade, sendo que no final dos 260 ciclos não foi possível realizar o ensaio de capacidade, observou-se à ocorrência de sedimentação no fundo do vaso provavelmente oriunda da degradação de suas placas (FIGURA 5). Vale a pena destacar que no 90 ciclos as amostras Fab3-B apresentaram capacidade de 90%, já as demais amostras até o 260º apresentaram capacidades superiores a 100%. Cabe ressaltar que segundo a NBR 14204 a bateria atinge o final de sua vida útil quando sua capacidade atinge o valor de 80% em relação ao valor nominal.



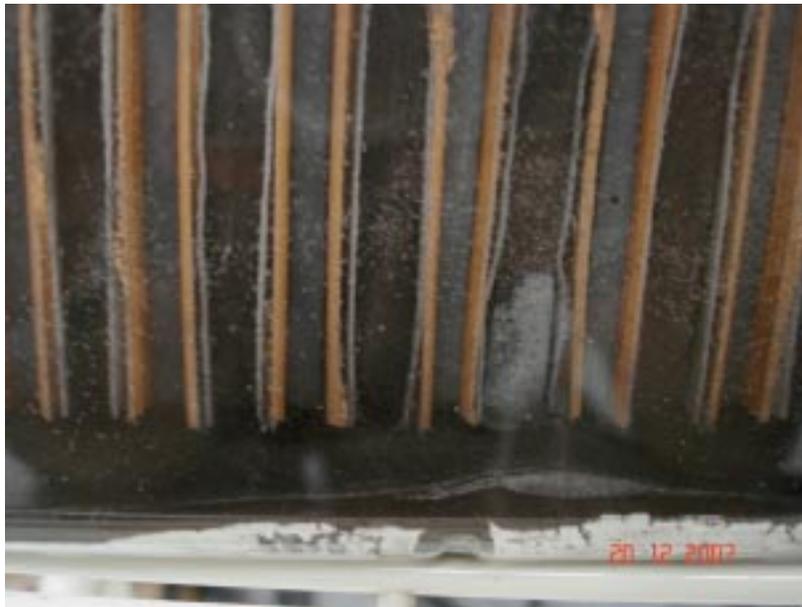
**Figura 2: Variação da Capacidade – Autodescarga**



**Figura 3: Variação da Capacidade – Operação em Temperatura Elevada**



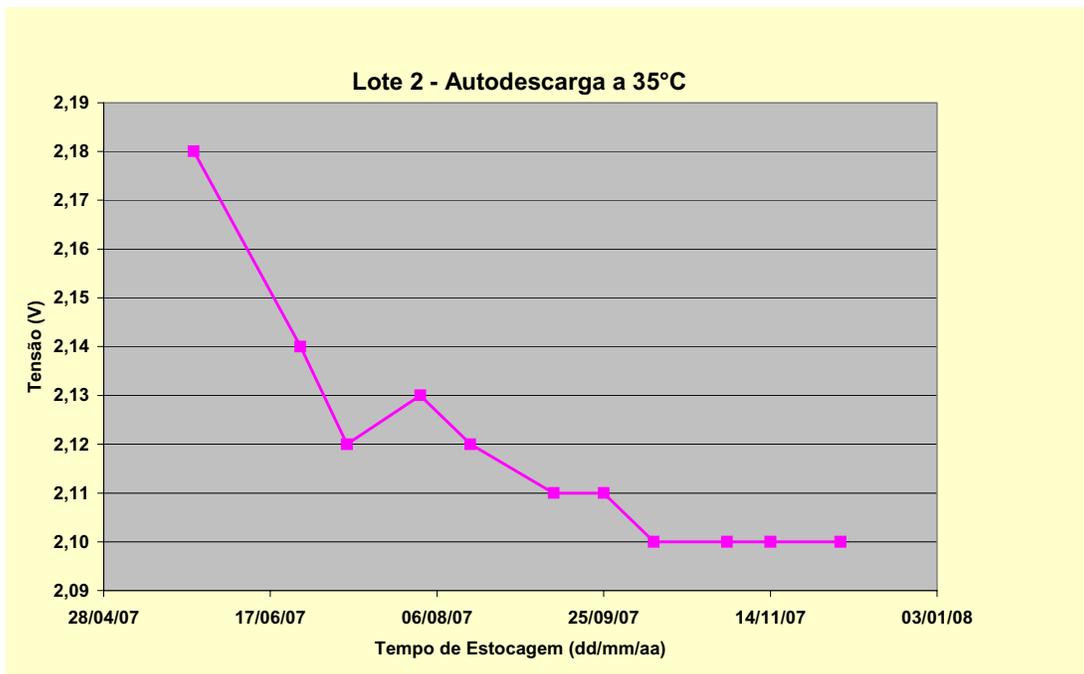
**Figura 4: Variação da Capacidade – Ciclos de Carga/Descarga**



**Figura 5: Bateria com Degradação**

### 5.2 *Medições de tensão, condutância e impedância*

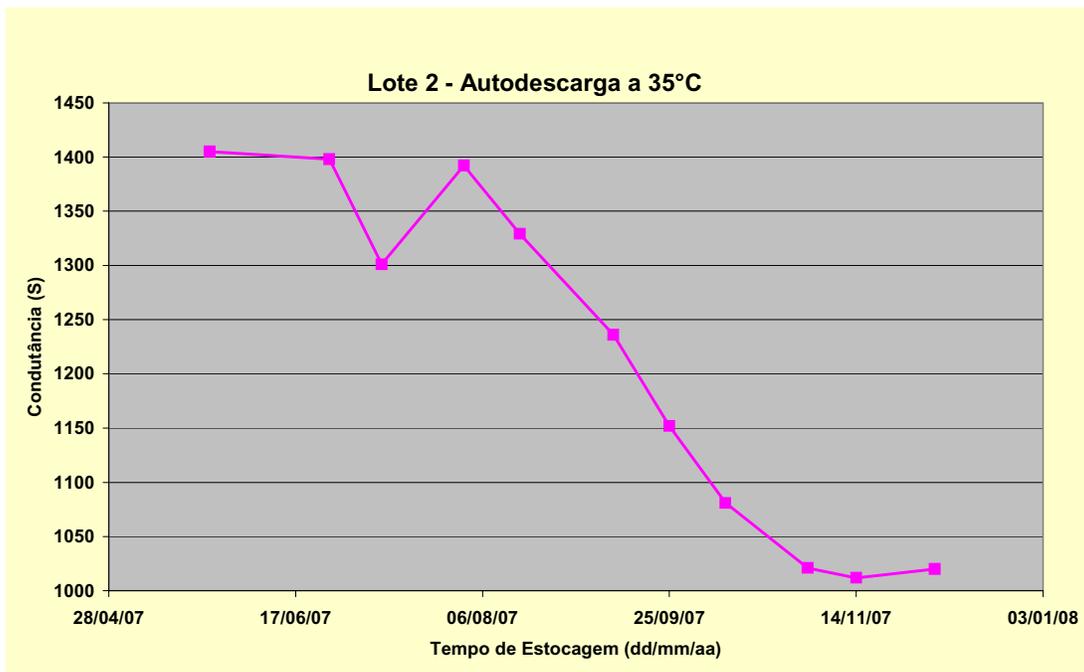
A tensão de circuito aberto depende da concentração do ácido sulfúrico. No processo de estocagem tanto a placa negativa (Pb – chumbo metálico) como a positiva (PbO<sub>2</sub> – peróxido de chumbo) reage com o eletrólito (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> - ácido sulfúrico) formando sulfato de chumbo (PbSO<sub>4</sub>), na prática este processo provocará uma alteração na tensão de circuito aberto. A FIGURA 6 apresenta um gráfico típico da tensão de circuito aberto durante a estocagem, com o aumento do tempo de estocagem há uma diminuição gradativa da tensão, fato este observado para todos os fabricantes.



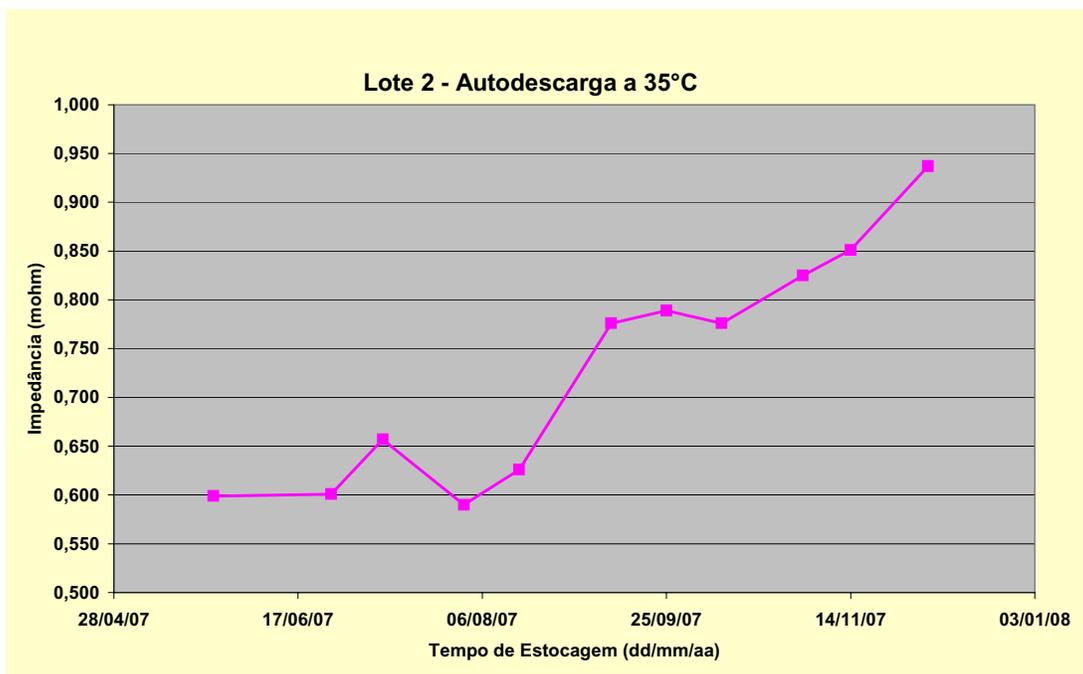
**Figura 6: Variação da Tensão Durante a Estocagem**

Quanto maior a diminuição da tensão de circuito aberto em relação à bateria totalmente carregada, significará que o processo de autodescarga está ocorrendo numa velocidade mais acentuada, com conseqüente maior perda de capacidade.

Como mostram As FIGURAS 7 e 8, com o aumento do tempo de estocagem a condutância das amostras diminui e a impedância aumenta, comportamento este esperado, uma vez que a estocagem da bateria chumbo-ácida provocará um processo de degradação interna de suas placa, alterando sua resistência interna.



**Figura 7: Variação da Condutância Durante a Estocagem**



**Figura 8: Variação da Impedância Durante a Estocagem**

As medições de condutância e impedância apresentaram comportamentos semelhantes para os ensaios de operação a temperatura elevada e ciclos de carga/descarga, isto é como estes ensaios provocam um desgaste dos materiais interno da bateria, conseqüentemente há um aumento da sua resistência interna refletindo assim nas medições destas grandezas.

## 6 CONCLUSÕES

Os ensaios de envelhecimento serão conduzidos durante um período de 12 meses, prazo este que se completará nos meses entre maio e julho. O objetivo principal da realização destes ensaios é a partir de seus resultados elaborar algoritmos específicos para cada modelo de bateria, de maneira que através de medições de condutância ou impedância seja possível prever o estado de degradação futuro da bateria. Esta previsão irá contribuir de forma substancial nos processos de manutenção e operação de baterias chumbo-ácidas estacionárias utilizadas pela Light, pois através do mesmo será possível programar a substituição de baterias, realizar ações preventivas e ou corretivas nas baterias tornando o sistema de energia da subestação mais confiável, comparar o desempenho entre as baterias, fabricantes, etc.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1- BERNDT, D. - "Maintenance-Free Batteries" - A Handbook of Battery Technology, 3<sup>rd</sup> edition, 2001;
- 2- SOUZA, Francisco.S.; ROCHA, José R.A. & ROSOLEM, Maria .F.N.C. - "Medidas de Impedância como Método de Avaliação de Baterias Chumbo-Ácidas Reguladas por Válvulas"; CININTEL'97 – Fortaleza
- 3- SOUZA, Francisco.S.; Silva, .ROCHA José.R.A. & ROSOLEM, Maria.F.N.C. - "Avaliação de Desempenho de Baterias VRLA das Estações Experimentais da Telesp"; CININTEL'98 – Fortaleza
- 4- ROSOLEM, Maria.F.N.C.; BECK, Raul.F. & JÚNIOR, Martos.G.R. - "Evaluation Tools for Batteries Employed in Outdoor Cabinets - An Experience of a Brazilian Telecom Company"; INTELEC 2000 - Phoenix/EUA

- 5- ROSOLEM, Maria.F.N.C.; BECK, Raul .F & SOARES, Luiz A. - "Failure Detection of Stationary Lead-acid Batteries in Service in Various Regions of Brazil", INTELEC 2002 - Montreal/Canadá
- 6- ROSOLEM, Maria F.N.C.; BECK, Raul.F.; JUNIOR, Tenório J.& ROZA, Paulo.M. - Metodologias Alternativas para Avaliação de Baterias: Uma Experiência na Light; SNPTEE 2003 - Uberlândia, MG;
- 7- ROSOLEM, Maria, F.N.C.; BECK, Raul F.; CARDOSO, Paulo E.; SOARES, Luiz A & YAMAGUTI, Francisco - Stationary VRLA Battery Evaluations: Internal Measurements and Capacity Test - an the Claro Celular Mobile Company; BATTCON 2004 - Florida, USA;
- 8- ROSOLEM, Maria.F.N.C.; BECK, Raul F.; CARDOSO, Paulo.E; SOARES, Luiz.A. - Evaluation of the Relationship Between Conductance and Capacity Measurements of VRLA Batteries in Brazil; INTELEC 2004 - Chicago, USA;
- 9- PENA, Medina, TRAJANO, Carlos. A, ROSOLEM , Maria F.N. C., BECK, Raul F., CARDOSO, Paulo .E.R. & SOUZA, Luiz S., Metodologia Alternativa para Determinação da Expectativa de Vida Útil de Baterias Chumbo-Ácidas", XVII Sendi - 2006 - Belo Horizonte, Brasil.
- 10- ROSOLEM , Maria F.N. C, BECK, Raul F, CARDOSO & SOARES, Luiz.A, "Análise Evolutiva de Baterias para Aplicação Estacionária" - I SESIE - 2006 - Campinas/SP, Brasil.
- 11- ROSOLEM , Maria F.N. C, BECK, Raul F, CARDOSO & SOARES, Luiz.A, "Avaliação de Baterias por Resistência Interna:10 anos de Pesquisas e Resultados" - I SESIE - 2006 - Campinas/SP, Brasil.
- 12- ROSOLEM , Maria F.N. C, BECK, Raul F, CARDOS, SOARES, Luiz.A, HURTADO, Maria R.F.& OKOSHI, Mario Estudo para Análise e Diagnóstico Técnico de Bateria Chumbo-ácidas Reguladas por Válvula (VRLA) instaladas na Brasil Telecom - I SESIE - 2006 - Campinas/SP, Brasil
- 13- PENA, Medina, TRAJANO, Carlos. A, ROSOLEM , Maria F.N. C., BECK, Raul F., CARDOSO, Paulo .E.R. & SOUZA, Luiz S. Metodologias de Baixo Risco para Avaliação de Baterias Chumbo-Ácidas Estacionárias Reguladas por Válvula Instaladas em Subestações da Chesf, XIX SNPTEE – 2007 – Rio de Janeiro/RJ, Brasil
- 14- ROSOLEM , Maria F.N. C, BECK, Raul F, CARDOSO & SOARES, Luiz.A, Sistema de Monitoração Remota de Bateria Chumbo-Ácida, XIX SNPTEE – 2007 – Rio de Janeiro/RJ, Brasil
- 15- IEEE Std 1188-2005 – IEEE Recommended Practice for Maintenance, Testing, and Replacement of Valve – Regulated Lead-Acid (VRLA) Batteries for Stationary Applications , emissão 2005