

Capítulo VII

UPS estático Parte II

Por Luis Tossi e Lincoln Menezes*

Em continuidade ao capítulo anterior, este artigo discutirá o uso e a aplicação de UPS em instalações críticas, mais especificamente sobre boosters, redundância e autonomia (baterias).

A introdução do booster na indústria de UPS foi uma revolução, pois permitiu a eliminação dos transformadores de saída após os inversores. Esta eliminação permitiu a fabricação de UPS com menores dimensões e pesos, bem como com maior eficiência energética. Também foi um dos grandes responsáveis, junto ao uso de IGBTs e microcontroladores, do barateamento dos UPSs na sua relação R\$/KVA.

O circuito do booster em conjunto com retificadores mais simples e sem regulação também melhora as características de entrada do UPS. Nesta etapa de nossa história, passam a surgir os primeiros UPSs conhecidos como UPSs modulares, sobre os quais falaremos mais tarde.

A evolução seguinte ocorreu após alguns anos, quando os fabricantes espelharam os inversores com IGBTs para a entrada do UPS. Isso só foi possível com a melhoria dos controladores e dos processadores mais rápidos, pois o retificador tem o papel de retificar e manter a tensão DC constante independentemente das variações da rede. Uma vez

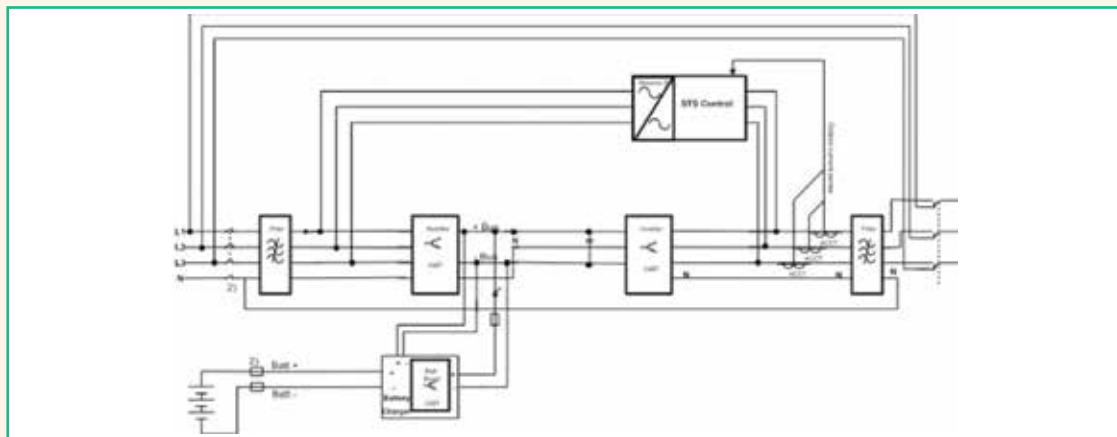


Figura 1 – Diagrama de bloco de um UPS com retificador e inversor a IGBT.

que os processadores são rápidos para medir e transformar as grandezas de entrada em vetores e agir no PWM do retificador de forma a absorver e regular as variações da rede, os UPSs tornaram-se mais leves, eficientes e geram menos interferência nas redes elétricas em que estão inseridos.

Nota-se que o UPS tem o neutro de entrada igual ao neutro de saída. Uma limitação da tecnologia que se utiliza de booster ou retificador com IGBT é que necessariamente o UPS necessita de neutro em sua entrada, pois o neutro é passante. Ou seja, o neutro de saída não é mais gerado no secundário do transformador isolador.

Alguns fabricantes também utilizam o neutro de entrada, como centro do banco de baterias. Ou seja, o elemento central do banco de baterias é conectado ao neutro de entrada/saída para servir como referência entre os semiciclos da senoide de saída da UPS.

Esta é a tecnologia vigente no mercado de UPS atual. Todos os grandes fabricantes de ponta utilizam esta tecnologia no momento, tendo em vista que é a única que permite eficiências no modo dupla conversão acima de 95% em dupla conversão e ocupa pequenos espaços, sendo muito compactos.

Além das vantagens já citadas, temos que os UPSs, com retificador a IGBT apresentam características elétricas de entrada muito interessantes, tais como:

- a) Fator de potência de entrada 0,99 para toda a faixa de consumo;
- b) baixo THDI de entrada, menor que 3,5%;
- c) alto rendimento do retificador, o que permite um rendimento do UPS maior que 94%;
- d) UPSs compactos, com baixa área ocupada, e com custo R\$/KVA mais baixo.

Assim, esta tecnologia hoje é a predominante no mercado de UPS e todos os fabricantes de ponta a utilizam. Graças à evolução tecnológica da utilização das configurações de UPS com booster e/ou retificadores a IGBT, nasceu a tecnologia de UPS modular. O UPS modular é um UPS composto de pequenos UPSs de potências fracionadas acondicionados em um frame único que soma as potências individuais. É o caso de um frame de potência final de 200 KVA. Ele comporta 10 UPSs completos de 20 KVA, totalizando 200 KVA. Esta tecnologia nasceu seguindo o conceito já muito utilizado e consagrado em fontes de corrente contínua para telecomunicações.

Estes UPSs individuais obrigatoriamente têm de ser "hot swap", ou seja, devem permitir a conexão e a desconexão a quente (sem necessidade de desligamento do sistema). Isso é mandatório para que o UPS modular mantenha a sua principal característica de uso que é a redundância.



Figura 2 – UPS modular com cinco módulos e um módulo destacado.

Na Figura 2, o módulo destacado é um UPS de dupla conversão completa, com retificador, inversor e chave estática dentro de cada módulo. Assim, um armário completo (frame) é composto apenas por conexões de força e chaves de manobra na potência total e cada módulo adicionado é um UPS completo entrando em paralelo entre si, somando a potência de saída instalada.

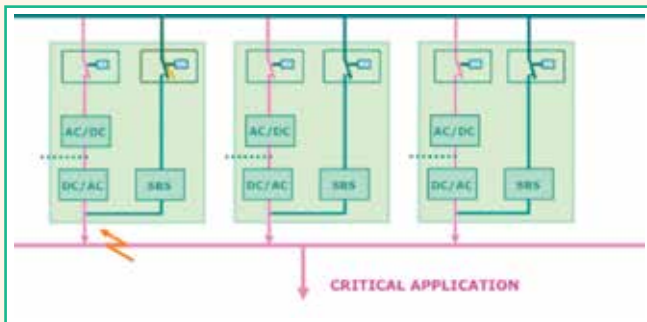


Figura 3 – Diagrama de blocos do conjunto, com três módulos instalados.

Podemos ver que cada bloco tem os conjuntos AC/DC e DC/AC e mais a SBS (Static By pass Switch). Esta configuração de UPS modular é a chamada DPA (Decentralized Parallel Architecture).

Entretanto, alguns fabricantes utilizam a arquitetura centralizada. Nesta configuração, o princípio da modularidade é o mesmo, mas cada módulo tem apenas os componentes retificador e inversor. A chave estática ou SBS é única com a potência total do frame e fica instalada fixa ou extraível no frame de conexões. Um exemplo é um frame de 200 KVA, com uma SBS de 200 KVA e dez módulos com retificador e inversor de 20 KVA.

A Figura 4 mostra este tipo de configuração, em que temos módulos de potência com retificador, inversor e uma chave estática apenas na somatória total do conjunto.

Independentemente da configuração adotada, o UPS modular tem algumas vantagens quando se pensa em

redundância, se comparado com o UPS stand alone (um UPS somente):

- permite redundância N+1 em pequenos espaços;
- permite que se utilizem bancos de baterias individuais para cada módulo, ou um único para todos os módulos;
- permite escalabilidade de crescimento, ou seja, instala-se um frame com a potência final desejada e adicionam-se módulos de potência somente com o crescimento da carga;
- tem um aumento de disponibilidade, pois apesar do MTBF do conjunto ser menor, o MTTR do conjunto é muito menor que o MTTR de um UPS Stand alone. Isto quer dizer que o tempo de substituição de um módulo com falha é muito pequeno.
- facilidade de padronização de spare parts em plantas com várias UPS com potências distintas instaladas;
- baixa footprint (área ocupada) se comparado ao UPS Stand alone.

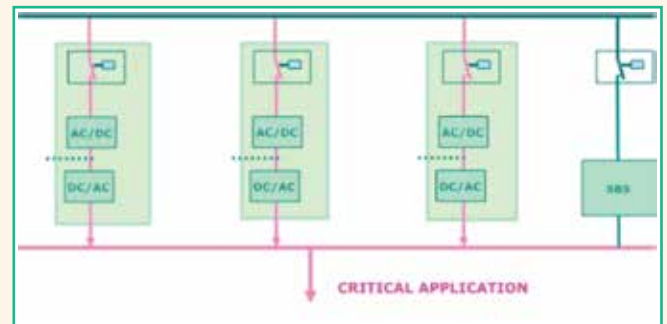


Figura 4 – Arquitetura centralizada: cada módulo conta com retificador e inversor.

Vale dizer, no entanto, que as soluções modulares têm suas desvantagens também em relação às soluções stand alone:

- o MTBF do sistema stand alone é muito superior ao modular;
- o custo do UPS modular é superior ao UPS Stand alone, quando comparamos potência total instalada;
- O sistema redundante N+ 1 do UPS não é igual a um sistema 1 +1 de um sistema redundante composto por UPS stand alone.

Vamos apresentar ao leitor o conceito de redundância de UPS (também aplicado a outros produtos). Redundância é o meio mais simples de se obter alta disponibilidade. Em sistema de energia para missão crítica, redundância significa ter um sistema de UPS alimentando a carga em que, em caso de falha de uma UPS (ou outro componente), ainda fica garantida a operação da carga.

O primeiro sistema mais utilizado para garantir a redundância de operação de uma carga é o sistema paralelo redundante. Neste sistema temos uma carga instalada, por exemplo, de 90 KA e utilizamos para sua operação, duas UPSs de 100 KVA. Em regime normal, cada UPS fornece 45 KVA. Em caso de falha de uma UPS, toda a carga é

instantaneamente assumida pela UPS ainda em operação, ficando com 90 KVA.

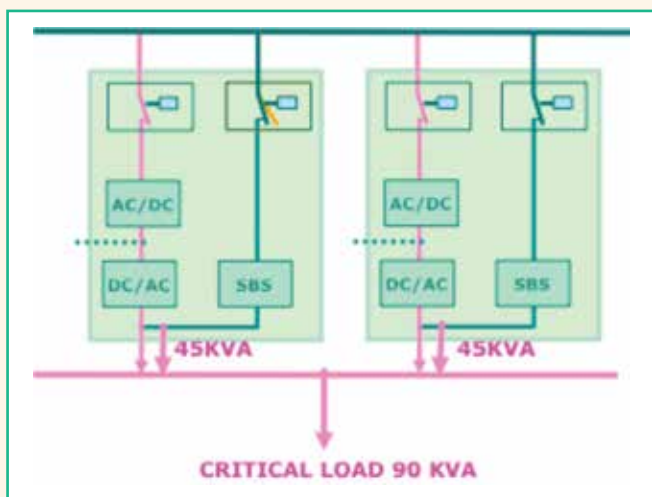


Figura 5 – Sistema paralelo redundante operando em regime normal.

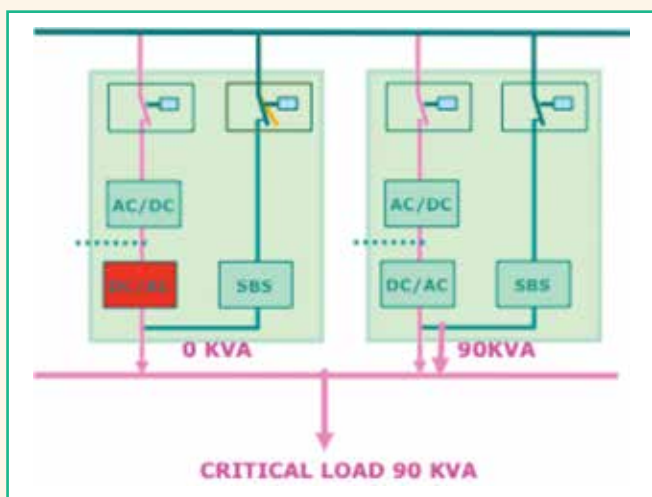


Figura 6 – Sistema operando em regime de falha de um UPS.

Hoje devido à tecnologia das cargas de TI utilizarem fontes duplas, ou seja, a redundância de fontes de alimentação dos computadores está no próprio computador. Assim, o modelo de alimentação de cargas críticas mudou de paralelo redundante para o sistema conhecido como dual bus, ou seja, barra dupla.

O sistema dual bus é composto por duas UPS que alimentam cada uma das fontes da carga, criando redundância não apenas de UPS, mas de todo o ramo de alimentação da carga.

Os sistemas UPSs utilizados para uma configuração Dual Bus são os mesmos que nos sistemas singelos ou paralelos e trata-se apenas de um arranjo diferente de como os UPSs são montados.

Não vamos entrar a fundo em arquiteturas para missão crítica, pois não é o objetivo deste artigo. Caso o leitor queira se aprofundar neste assunto, existe uma ampla gama de literatura e fontes de conhecimento, como o Up Time

Institut, ou pode-se consultar a norma TIA 942, que discorre sobre o que deve ser feito em termos de infraestrutura para aplicações de missão crítica.

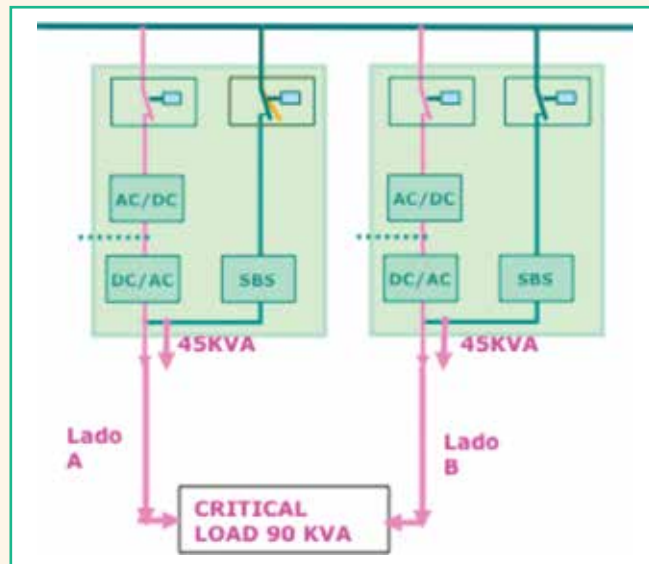


Figura 7 – Sistema dual bus em sua essência.

Baterias e dimensionamento

Ainda hoje o meio mais comum e que apresenta a melhor relação custo/benefício para armazenar energia DC para o uso quando sem energia de entrada da UPS presente são as baterias.

A bateria mais utilizada no mercado brasileiro são as baterias VRLA (Valve Regulated Lead Acid) que são erroneamente conhecidas como baterias seladas. Elas têm este nome, pois são baterias chumbo-ácidas, enclausuradas em um invólucro fechado para evitar o desprendimento de gases, mas que tem uma válvula de alívio caso a pressão ultrapasse um valor predeterminado.

Na essência, uma bateria chumbo-ácida é formada por placas de chumbo (Pb) que terão uma característica negativa e uma placa de óxido de chumbo (PbO₂) com característica positiva. Ambas as placas são imersas em uma solução de água (H₂O) + óxido de enxofre (H₂SO₄) que, juntos, deixam a solução condutiva.

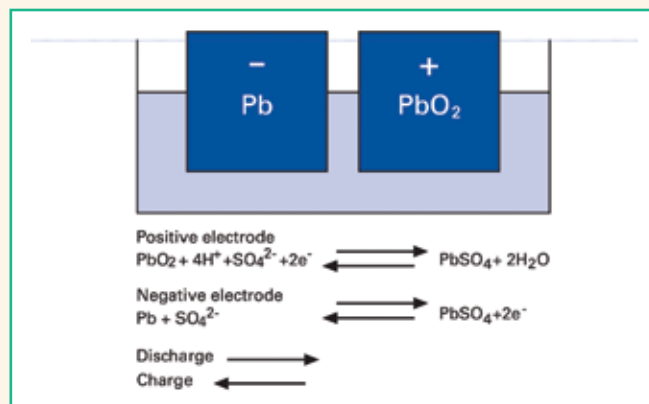


Figura 8 – Reações de carga e descarga de uma bateria de chumbo-ácido.

Vemos que sempre existirá o armazenamento de cargas positivas e negativas nas respectivas placas, de forma a armazenar energia elétrica. Na reação de descarga, estas cargas se soltam das placas ficando livres na solução e gerando a corrente elétrica quando o circuito é fechado.

Em uma bateria VRLA, quando está carregada e se mantém uma tensão aplicada sobre os eletrodos, é iniciado o processo de eletrólise da água. As moléculas de H₂O são quebradas em hidrogênio e oxigênio.

Acontece que o processo não ocorre simultaneamente na mesma velocidade, pois a recarga do eletrodo positivo não é tão rápida e eficiente como do negativo. Dessa maneira, o oxigênio envolve a placa positiva enquanto a placa negativa tem uma grande quantidade de chumbo esponjoso e o hidrogênio ainda não começou a ser produzido. O oxigênio disponível passa a ser atraído pela placa negativa onde passa a se recombinar com o hidrogênio produzido, resultando no produto final H₂O.

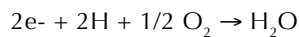


Figura 9 – Processo de eletrólise.

Este processo é chamado de recombinação e permite que a solução nunca seja perdida e não ocorra a liberação dos gases ao ambiente. É um processo altamente dependente da

temperatura ambiente, pois altera a densidade da solução.

Assim todas as baterias (VRLA) são especificadas para trabalho em uma temperatura ambiente de 25 °C.

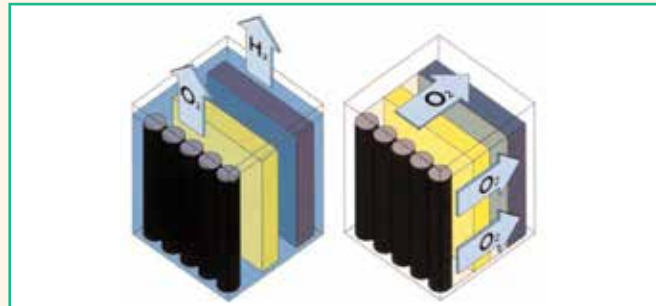


Figura 10 – Processo de recombinação, em que a solução não é perdida para não haver liberação de gases para o ambiente.

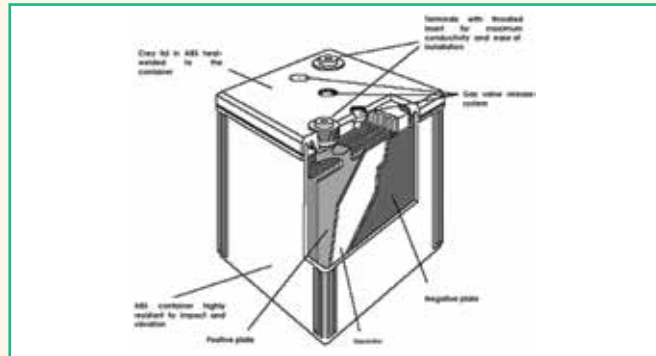


Figura 11 – Recorte da bateria VRLA.

Para dimensionar a autonomia do UPS, quando acaba a rede elétrica, é preciso conhecer algumas grandezas básicas do UPS, como número de células de baterias utilizadas no UPS (muda de acordo com o fabricante), fator de potência de saída do inversor (que mostra quantos KW poderão ser utilizados como carga) e rendimento do inversor, que mostra quantos KW precisam entrar no inversor para fornecer a potência de saída da carga.

A informação mais importante para o dimensionamento é o tempo que o usuário deseja em caso de uma queda de energia. Usualmente estes tempos variam entre 5 e 15 minutos. Entretanto, existem aplicações especiais que demandam tempos maiores.

É importante salientar que bateria custa caro e tem vida útil. O leitor deve sempre lembrar que, a cada cinco anos (se usar baterias VRLA), terá de investir novamente em novas baterias. Outro fator importante é lembrar que as autonomies são dimensionadas para potência nominal de saída, que raramente é utilizada. Em sistemas redundantes as UPSs normalmente trabalham com meia carga, o que leva ao dobro da autonomia projetada.

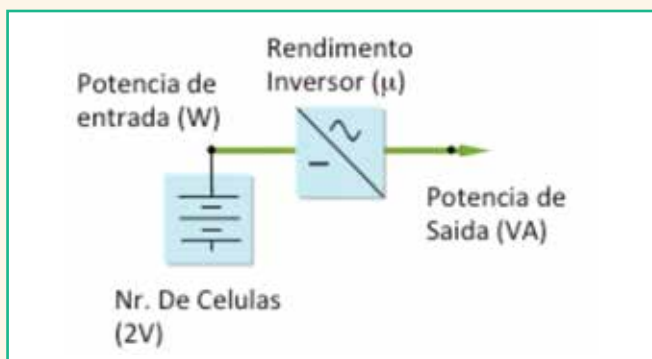


Figura 12 – Diagrama de blocos para explicar a composição da fórmula de cálculo de corrente de descarga.

A Figura 12 mostra que a potência que queremos alimentar por um tempo determinado é a potência de saída do inversor (carga), que usualmente é expressa em VA. Como vamos dimensionar a potência de energia armazenada nas baterias, temos de transformar esta potência aparente em VA em potência útil em watts. Empregamos o fator de multiplicação do fator de potência de saída do UPS.

Para um UPS de 100 KVA, com fator de potência de saída de 0,9, teremos:

$$P = S (100 \text{ KVA}) \times FP (0,9) = 90 \text{ KW}$$

O inversor é uma parte do UPS que chaveia a corrente contínua para transformar em uma fonte alternada de corrente. Por esta razão, ele tem um rendimento (μ), ou seja, para esta conversão ocorrer sempre existirão perdas.

O número de células muda de fabricante para fabricante

e estes dados estão no catálogo técnico do produto. Para UPSs trifásicos na faixa de 100 KVA, usualmente, este número varia em torno de 240 células. Para baterias VRLA de 12 V, temos em cada monobloco 6 células de 2 V. Então teremos 40 monoblocos.

Outra grandeza importante é até que tensão de corte a bateria poderá descarregar. Este parâmetro pode variar (usualmente) entre 1,65 V a 1,85 V, o que depende da duração e da intensidade da corrente de descarga. Quanto mais rápida e com maior corrente for a descarga, menor poderá ser a tensão de corte. Por exemplo, uma bateria de 100 A, que descarregue em cinco minutos com uma corrente de 300 A, pode ir até 1,65 V. A mesma bateria que descarregue com uma corrente 30 A, para um tempo de 1 hora, terá de ser cortada com 1,75 V.

A fórmula da Figura 13 é utilizada para se achar a corrente final de descarga e também pode ser feito o cálculo com a corrente média de descarga. Pega-se o valor inicial da tensão (2 V) e a tensão final (1,70 V) para se obter a média aritmética, como: $V_m = (2 + 1,70) / 2 = 1,85 \text{ V}$.

$$I (A) = \frac{S(VA) \times FP}{V_{\text{final}} \times n \text{ células} \times R_{\text{inv}}}$$

Figura 13 – Cálculo para se obter a corrente final de descarga.

Em que:

S = Potência de saída do inversor, ou carga a ser alimentada (VA);
 FP = Fator de potência do inversor (dado de catálogo);
 V_{final} = Tensão final de descarga a ser definida em função do tipo de descarga (V);
 n células = Número de células de baterias (dado de catálogo);
 R_{inv} = Rendimento do inversor (dado de catálogo).

No nosso exemplo vamos usar um UPS de 100 KVA, com FP de 0,9, que utiliza 40 monoblocos de 12 V (6 células por bloco), ou seja, (40x6 = 240 células) e um rendimento do inversor de 97%, isto é, 0,97. Será empregado um valor de corte de 1,70 V (que para um bloco com 6 células dá um valor de 10,2 V por bloco).

Voltando à fórmula, temos:

$$I (A) = \frac{100.000 \times 0,9}{1,70 \times 240 \times 0,97} = 227,41 \text{ A}$$

Para a linha de tensão de corte de 1,7V temos uma corrente final de 223 A, ou seja, se utilizarmos esta bateria (120 Ah), teremos uma autonomia de dez minutos. Independentemente do fabricante, a fórmula de cálculo é sempre a mesma.

As tabelas 2 e 3 mostram o catálogo de um fabricante de UPS de onde os dados de rendimento do inversor é retirado e de onde vem os dados de números de blocos.

TABELA 1 – TABELA DE DESCARGA DE UM FABRICANTE DE BATERIAS VRLA PARA UMA DESCARGA DE CORRENTE CONSTANTE A 25 °C

TABELA DE DESCARGA PARA CORRENTE CONSTANTE (A) À 25°C constant current (A) discharge table at 25°C													
TEMPO		10 MIN	15 MIN	30 MIN	45 MIN	1 h	2 h	3 h	4 h	5 h	8 h	10 h	12 h
1.60V	A	250	196	120	87,7	71,6	41,9	32,0	25,1	21,0	14,6	12,5	10,5
1.65V	A	245	195	116	86,1	71,1	41,4	31,5	24,9	21,0	14,5	12,3	10,5
1.70V	A	223	187	112	83,8	69,7	40,7	31,0	24,5	20,7	14,2	12,2	10,4
1.75V	A	210	179	108	81,0	67,5	39,8	30,5	24,0	20,0	14,0	12,1	10,3
1.80V	A	197	167	106	78,9	65,4	37,4	28,1	22,6	19,3	13,6	12,0	10,2

**TABELA 2 – DADOS DE NÚMEROS DE BLOCOS
(CATÁLOGO DE UM FABRICANTE DE UPS)**

INTERVALO PERMITIDO DA TENSÃO DE BATERIA (V)	396 A 700					
NÚMERO DE CÉLULAS RECOMENDADO:						
VRLA®	240	240	240	240	240	240
-WET	240	240	240	240	240	240
-NiCd	375	375	375	375	375	375
TENSÃO DE FLUTUAÇÃO PARA VRLA A 20°C (V/CEL)	2,27					
TENSÃO CÉLULA FINAL PARA VRLA (V/CEL)	1,65					

**TABELA 3 – DADOS DE RENDIMENTO DO INVERSOR
(CATÁLOGO DE UM FABRICANTE DE UPS)**

EFICIÊNCIA DO INVERSOR CC/CA EM CONDIÇÕES DE ENTRADA NOMINAL COM CARGA RESISTIVA NOMINAL							
- MEIA CARGA ≥ (%)	96,9	97,1	97,2	97,5	97,3	97,3	
- CARGA NOMINAL ≥ (%)	97,2	97,2	97,5	97,5	97,5	97,5	

*LUÍS VALÉRIO TOSSI SILVA é engenheiro eletricista pela Universidade Mackenzie. Atua no segmento de UPS estática desde 1986, passando pelas empresas Siemens SA, Masterfix Ltda., Masterguard do Brasil e Chloride do Brasil. Atualmente atua como diretor comercial da HDS Sistemas de Energia.

(REVISOR) LINCOLM MENEZES é tecnólogo em Mecatrônica, com especialização em Gerência de Manutenção. Já atuou nas áreas de manutenção de sistemas de energia e, atualmente, trabalha na Universidade Positivo lecionando na área de automação industrial.

Continua na próxima edição

Confira todos os artigos deste fascículo em www.osetoreletrico.com.br
Dúvidas, sugestões e comentários podem ser encaminhados para o e-mail redacao@atitudeeditorial.com.br