



**XXIII SNPTTE
SEMINÁRIO NACIONAL
DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE
ENERGIA ELÉTRICA**

FI/GMI/08
18 a 21 de Outubro de 2015
Foz do Iguaçu - PR

GRUPO – XII

GRUPO DE ESTUDO DE ASPECTOS TÉCNICOS E GERENCIAIS DE MANUTENÇÃO - GMI

**DIMINUIÇÃO DOS CUSTOS DE MANUTENÇÃO COM A SUBSTITUIÇÃO DE BATERIAS POR
SUPERCAPACITORES**

**LOURIVAL LIPPMANN JUNIOR(*)
INSTITUTOS LACTEC**

**RAFAEL WAGNER
INSTITUTOS LACTEC**

**ELIANE SILVA CUSTODIO
INSTITUTOS LACTEC**

**DIEGO FERNANDO DE ARAUJO
PRAEX TECHNOLOGY**

**JOÃO GUSTAVO CESCHIN
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ-UFPR**

RESUMO

É apresentado o resultado do desenvolvimento de uma alternativa para alimentação contínua de equipamentos eletroeletrônicos de forma autossustentável, com vida útil superior a 20 anos e livre de manutenção, utilizando supercapacitores. Um problema para as empresas de energia elétrica é a manutenção de sistemas operando com baterias, pois frequentemente estas apresentam vida útil limitada. As trocas de baterias acarretam despesas de: materiais, mão-de-obra, uso de veículo, combustível e tempo de deslocamento. A viabilidade técnica de supercapacitores ficou comprovada em testes de campo. A viabilidade econômica pode ser comprovada pela redução de despesas em viagens a campo para manutenção.

PALAVRAS-CHAVE

Energy Harvesting, Manutenção, Smart Grid, Supercapacitor, Sustentabilidade

1.0 - INTRODUÇÃO

Os equipamentos eletroeletrônicos utilizados na operação das concessionárias de energia devem operar mesmo em condições adversas de energização. Por isso, geralmente possuem fontes auxiliares de energia. Estas fontes auxiliares, normalmente são oriundas de conjuntos de baterias que devem apresentar a capacidade suficiente para manter os equipamentos em seus estados de operação contínua, até o restabelecimento das fontes de energia primárias que alimentam os equipamentos eletroeletrônicos ou serviços auxiliares. Um grande problema para as empresas de energia elétrica é a manutenção das baterias responsáveis pela alimentação em corrente contínua dos equipamentos, pois as baterias apresentam vida útil de poucos anos em uso, ou o equivalente a aproximadamente 600 ciclos de carga e descarga necessitando, portanto serem substituídas a partir deste período.

Em locais distantes ou de difícil acesso, este custo para troca obrigatória das baterias dos equipamentos se torna ainda mais representativo pois, além do material em si (a própria bateria), deve-se acrescentar os custos da mão de obra (homens/hora), gastos com veículo, combustível e tempo de deslocamento.

Para validar a aplicação de supercapacitores em substituição às baterias, foi desenvolvido um meio de comunicação composto por equipamentos eletrônicos capazes de funcionar com disponibilidade de 100% sem a necessidade de fonte de energia oriunda da rede elétrica. Este sistema ecologicamente correto de alimentação contínua não utiliza baterias, não necessita de manutenção, apresenta elevada confiabilidade, funcionando sob quaisquer condições atmosféricas, de dia ou de noite, com sol ou chuva ou tempo nublado, 24 horas por dia.

Os resultados práticos foram obtidos através da instalação em campo destes equipamentos autossustentáveis desenvolvidos. A viabilidade técnica ficou comprovada a partir dos registros de medição contínua, obtidos pela observação durante meses e sob diversas condições atmosféricas. Foi verificado não somente o funcionamento dos equipamentos eletroeletrônicos em si, mas também os níveis de carga e recarga dos supercapacitores, que não fizeram uso durante todo o período de testes de nenhuma fonte de energia elétrica da rede. Ou seja, são dispositivos autossustentáveis. A viabilidade econômica é comprovada pela redução nos custos de troca de baterias em campo, pois os supercapacitores apresentam elevada vida útil, aproximadamente 10 vezes maior que a das baterias tradicionais.

Neste trabalho foi utilizado o conceito de “*Energy Harvesting*”, no qual toda a energia necessária para o funcionamento de um sistema é retirada do meio ambiente de forma autossustentável e ecologicamente correta, pois os supercapacitores não fazem uso de materiais nocivos ao meio ambiente.

2.0 - DESENVOLVIMENTO

A metodologia utilizada neste desenvolvimento se baseou na utilização de supercapacitores de camada dupla tipo EDLC (*Electrochemical Double Layer Capacitors*) e células fotovoltaicas monocristalinas encapsuladas em vidro. Os supercapacitores (ou ultracapacitores) de camada dupla armazenam energia eletrostaticamente polarizando uma solução eletrolítica. Os capacitores convencionais separam suas placas com material dielétrico tipo plástico, papel ou filme cerâmico. Quanto mais fino é o dielétrico, maior área pode ser criada dentro de um mesmo volume.

Por outro lado, é a espessura do dielétrico que limita a superfície e, portanto, limita a capacitância máxima alcançada por volume. Os supercapacitores criam sua área de placa através de materiais com carbono poroso. A estrutura altamente porosa deste material faz com que sua área atinja cerca de 2000 metros quadrados por grama, várias vezes maior que as placas utilizadas nos capacitores convencionais. Nos supercapacitores, a separação entre as cargas é determinada pelo tamanho dos íons no eletrólito, que são atraídos para os eletrodos. Esta separação de carga costuma ser de somente 10 angstroms (10×10^{-10} m), o que é muito menor do que a espessura dos dielétricos utilizados nos capacitores convencionais. Esta combinação de área muito grande com a baixíssima separação de cargas é o segredo que permite a construção dos supercapacitores.

Neste projeto, foi desenvolvido um sistema autossustentável para alimentação de energia contínua, 24 horas por dia, para roteadores de comunicação com vida útil elevada, acima de 20 anos, sem a necessidade de manutenção. O cálculo da energia necessária e a escolha criteriosa de componentes gerou um sistema de roteadores de comunicação para ambientes de Redes Elétricas Inteligentes (*Smart Grids*) capazes de funcionar sem a necessidade de fonte de energia da rede elétrica.

2.1 O painel fotovoltaico

O painel fotovoltaico proposto foi o de tecnologia monocristalina. Em testes de laboratório, este painel se mostrou mais eficiente em baixas luminosidades em relação a outras tecnologias de painéis, o que se mostrou muito favorável para o projeto proposto, sendo possível gerar energia elétrica com a menor quantidade de luz solar disponível.

A tecnologia do painel é bem consolidada e conhecida, sendo muito vantajoso utilizar este conceito, pois elimina uma preocupação de projeto. Os elementos fotovoltaicos têm durabilidade aproximada de 25 anos, garantindo alta confiabilidade ao produto.

2.2 Os supercapacitores

Os supercapacitores são basicamente eletrodos de carbono porosos imersos em eletrólito e separadores, que impedem as cargas de se moverem entre eletrodos de polaridades diferentes. A Figura 1 apresenta uma ilustração da característica construtiva de um supercapacitor.

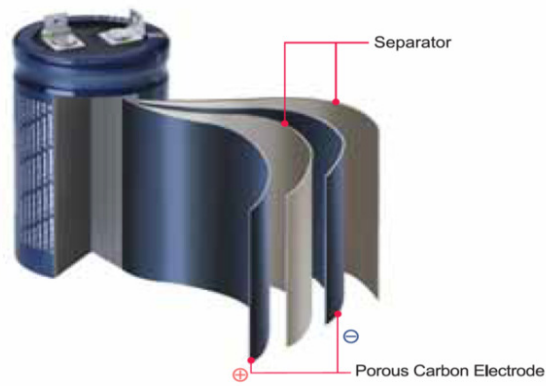


FIGURA 1 – Construção do supercapacitor.

O princípio de funcionamento de um supercapacitor é o de dupla camada, em que cargas eletrostáticas se formam na interface entre eletrodo e eletrólito, e íons distribuídos aleatoriamente se movem para as superfícies de carga oposta. Esta reação é puramente física, sem reações químicas, sendo um processo altamente reversível, resultando em alta capacidade de potência, alto número de ciclos de carga e descarga, sem a necessidade de procedimento específico de manutenção. A Figura 2 apresenta o princípio de funcionamento de um supercapacitor.

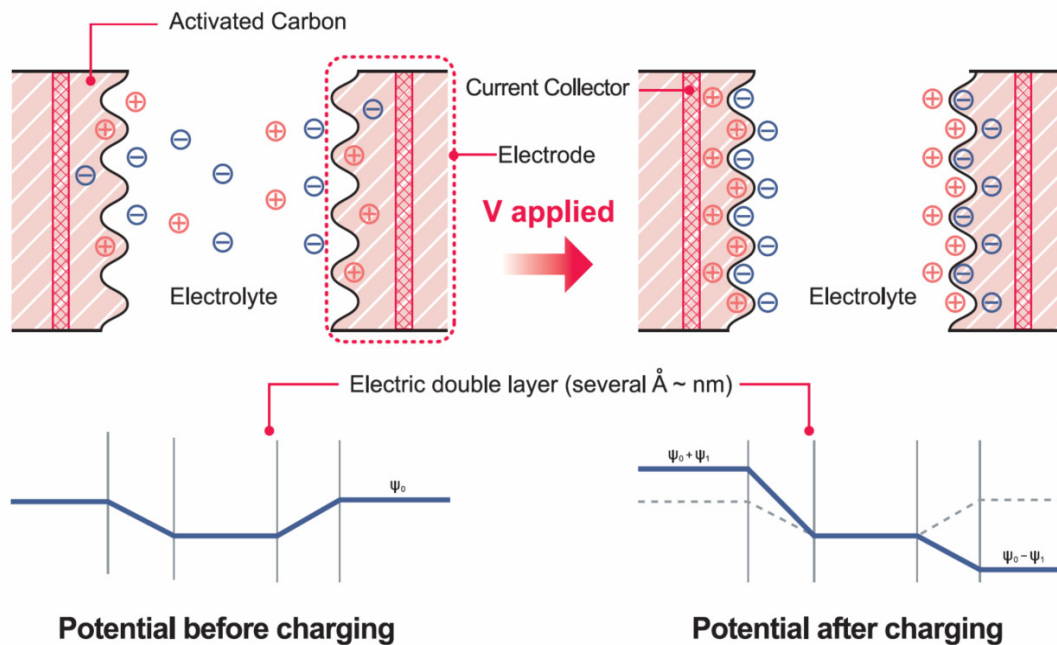


FIGURA 2 – Princípio de funcionamento do supercapacitor.

Os supercapacitores apresentam alta confiabilidade. A maioria dos fabricantes garantem uma vida útil plena de 15 anos, sendo que no final da vida útil a capacitância ainda estará em 80% da inicial, com um risco muito baixo de tornar o sistema inoperante, pois este elemento dificilmente perderá sua funcionalidade por completo.

Como ilustrado na Figura 3, a grande dificuldade na utilização dos supercapacitores como substituto direto de baterias para alimentação contínua de componentes ou módulos eletrônicos está no fato da descarga dos supercapacitores ser extremamente linear, ou seja, a tensão fornecida não é fixa e decai continuamente em função do tempo em operação, mesmo com uma carga fixa, ao contrário das baterias em que a tensão de fornecimento permanece praticamente a mesma até o fim de sua autonomia, quando então cai bruscamente.

Pelo exposto acima, para que possa ser utilizada a energia armazenada em um supercapacitor como fonte de tensão contínua para um módulo ou componente eletrônico, é necessária a transformação deste perfil de descarga de tensão linear em um perfil semelhante ao de uma bateria.

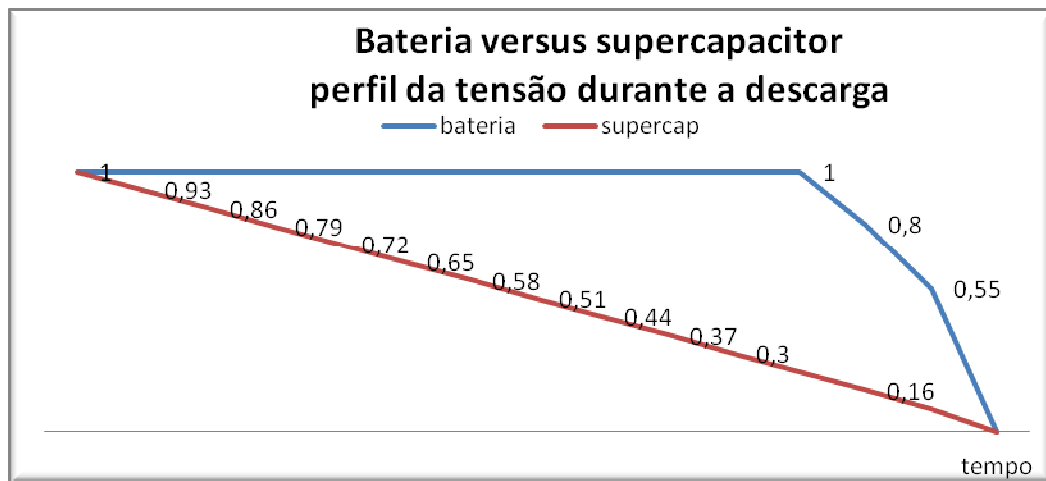


FIGURA 3 – Dificuldade para uso direto de supercapacitores como substituto de baterias.

2.3 Projeto eletroeletrônico

O sistema desenvolvido utiliza uma fonte solar com um carregador que funciona como um conversor DC/DC, ou seja, uma eletrônica que vai adaptar a tensão do painel solar para a tensão dos capacitores. Posteriormente ao capacitor, o sistema incorpora um conversor para manter a tensão DC regulada e constante para a aplicação. Vê-se na Figura 4 o diagrama em blocos do projeto eletroeletrônico da fonte de alimentação DC, de controle de carga e descarga do sistema com supercapacitores, e a saída regulada para a aplicação.

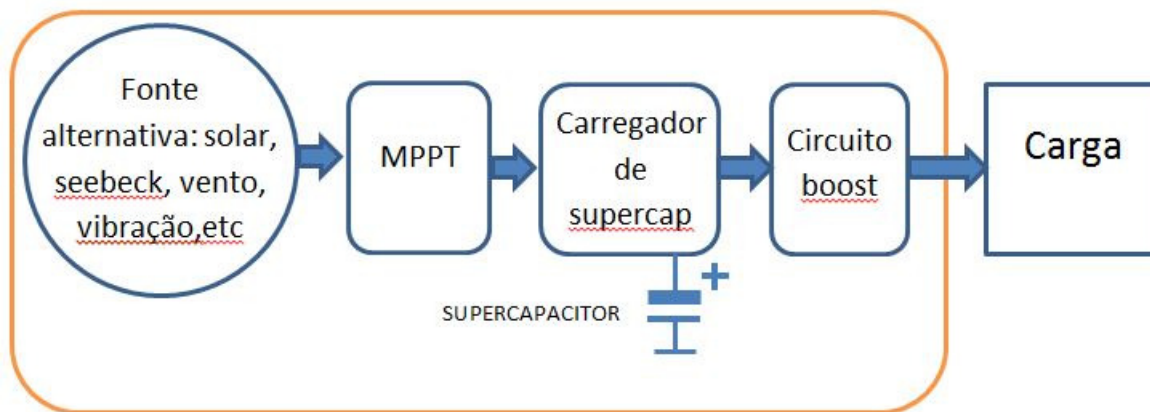


FIGURA 4 – Diagrama em blocos da fonte de energia autossustentável.

O carregador implementa o conceito de rastreamento de ponto de potência máxima (*MPPT-Maximum Power Point Tracking*). No caso desta aplicação, utiliza-se o algoritmo de tensão fixa, que funciona da seguinte maneira: o painel fotovoltaico tem uma tensão de *MPP* definida para os valores testados de radiação solar. Esta tensão varia muito pouco quando a variação de radiação solar muda. Assim sendo, como garantia se faz um circuito que sempre procura manter uma tensão fixa no barramento do painel, que é uma tensão um pouco mais baixa do que a tensão especificada, mantendo assim uma geração de energia elétrica muito próxima da ótima para o circuito. Há outras técnicas mais complexas de *MPPT*. Porém, para este nível de potência, o circuito de controle consumiria mais energia do que a vantagem que ele teria em relação ao algoritmo de tensão fixa. Este último é muito simples e com perdas de corrente elétrica próximas a zero.

O supercapacitor utilizado precisa fornecer energia suficiente para manter a carga e a aplicação operando durante toda a noite. Com dados medidos, foi constatado que um elemento que armazene energia suficiente para operar durante 17 horas seria suficiente para garantir funcionamento ininterrupto. Este cálculo foi feito com os dados de energia necessária ao sistema, por exemplo: para uma carga (rádio neste caso) alimentada por uma tensão de 3,3VDC e com consumo médio de 35mA. A fórmula de cálculo da energia acumulada necessária é apresentada abaixo:

$$E = V * I * tempo(Wh)$$

Aplicando-se os valores especificados, tem-se:

$$E = 3,3 * 0,035 * 17 = 2,0(Wh)$$

Para fazer o cálculo da capacitância mínima, é necessário que se saiba a faixa de tensões a ser aproveitada do capacitor. No caso do circuito implementado, é possível operar da tensão máxima definida de 2,65V até 0,7V. O circuito eletrônico opera com uma eficiência de 0,85. O cálculo da energia contendo as variáveis de capacitância (C) e de eficiência (η) é apresentado a seguir:

$$E = \frac{\frac{1}{2} C * V^2 * \eta}{3600} (Wh)$$

Isolando a variável de capacitância, tem-se:

$$C = \frac{2 * 3600 * E}{(V_{max}^2 - V_{min}^2) * \eta} (F)$$

Para o sistema projetado, aplicam-se os valores e calcula-se a capacitância:

$$C = \frac{2 * 3600 * 2}{(2,65^2 - 0,7^2) * 0,85} = 2600(F)$$

Como o valor comercial mais próximo de supercapacitor é de 3000F, foi este que foi utilizado. Assim, garantiu-se o funcionamento do sistema com a segurança da autonomia. O conversor de tensão de saída é de extrema importância e define a eficiência com que o sistema opera. Quanto melhor é este elemento no circuito, mais poderá ser economizado em capacitor. Para o projeto, foi necessária a implementação de um *boost*, um circuito elevador de tensão que é capaz de operar com tensões de entrada muito baixas (como de 0,7V a 2,65V), conseguindo para toda a faixa regular na saída um valor de tensão constante de 3,3V. Este tipo de circuito para baixas potências seria de difícil implementação se fosse utilizada eletrônica discreta convencional, pois não seria possível alcançar a eficiência necessária. Portanto, o ideal é trabalhar com frequências de chaveamento elevadas, próximas a 1MHz, o que inviabiliza a utilização da eletrônica convencional. Neste projeto foram utilizados componentes conversores integrados que contêm a chave e os elementos de controle na mesma pastilha de silício, sendo necessário apenas um indutor externo.

A eletrônica projetada teve de possuir alto grau de confiabilidade. Como o maior benefício do projeto é a redução da necessidade de manutenção, a confiabilidade dos elementos eletrônicos deve também ser equivalente a aquela dos elementos de armazenamento. Para isso, foram feitos estudos dos componentes e suas confiabilidades, para conseguir manter uma garantia de funcionamento do circuito de, no mínimo, 15 anos.

2.4 Aplicação prática

O cálculo energético e a escolha criteriosa de componentes gerou um sistema de roteadores de comunicação para ambientes de *Smart Grid*, capaz de funcionar 24 horas por dia sem a necessidade de nenhuma fonte de energia oriunda da rede elétrica. Este sistema ecologicamente correto de alimentação contínua não utiliza baterias, não necessita manutenção, apresenta elevada disponibilidade e confiabilidade, funcionando sob quaisquer condições atmosféricas, de dia ou de noite, com sol ou chuva ou tempo nublado.

Para avaliar a funcionalidade e a utilidade prática para empresas do Setor Elétrico Brasileiro, na substituição de baterias por supercapacitores, foram montados equipamentos roteadores de comunicação sem fio para redes em malha. Uma rede de testes foi estabelecida na cidade de Curitiba/PR. Foram testadas funções de leitura remota de grandes consumidores via protocolo ABNT NBR 14522, leitura e telecomando de religadores via protocolo DNP3, comando e supervisão de pontos de iluminação pública e detecção de queda e retorno de energia (função ARGOS). Em particular para a função ARGOS (detecção de queda/retorno de energia), no evento de queda de energia, toda a energia necessária para o envio da informação ao Centro de Operação deve ser oriunda de fonte alternativa, pois a energia da rede estará indisponível naquele momento.

3.0 - RESULTADOS

O circuito eletrônico do roteador de comunicações foi implementado na prática, sendo possível fazer uma montagem extremamente compacta devido aos baixos níveis de corrente. Todos os componentes são miniaturizados e facilmente adaptados mecanicamente. As Figuras 5-(a), 5-(b) e 5-(c) são fotos do primeiro protótipo desenvolvido, mostrando os componentes internos e o invólucro em fibra de vidro. Este protótipo com invólucro anti-intempéries foi instalado no telhado do edifício sede do Lactec em Curitiba/PR, cidade que estatisticamente apresenta pouca insolação, sendo assim um bom cenário de testes.

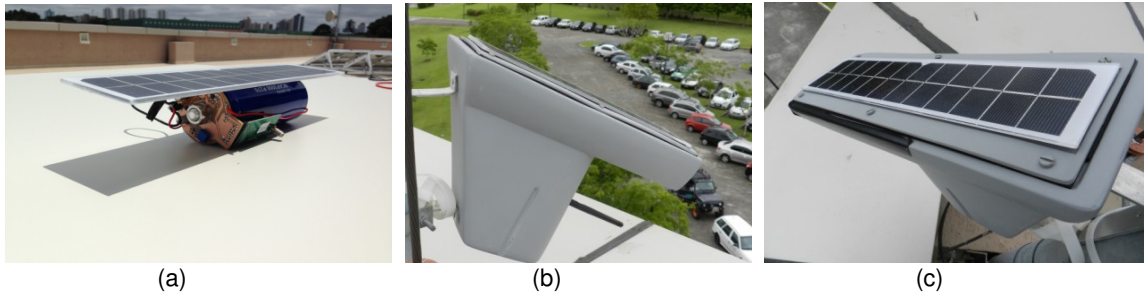


FIGURA 5 – Fotos do circuito do primeiro protótipo do roteador de dados autossustentável.

A Figura 6 apresenta a curva medida da tensão do supercapacitor, podendo ser observadas as cargas e descargas.

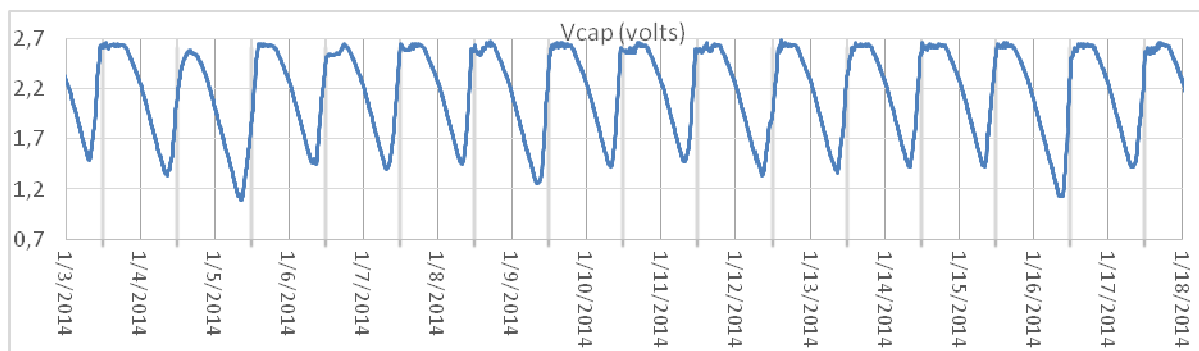


FIGURA 6 – Curva de tensão elétrica sobre o supercapacitor, aplicação de roteador autossustentável.

Foram feitos ensaios e testes com diversas marcas e modelos de supercapacitores. Nas Figuras 7-(a) e 7-(b) são mostrados circuitos de teste para validação de supercapacitores de 900 Farads, utilizados em 200 roteadores de comunicação instalados em Curitiba/PR e Niterói/RJ.

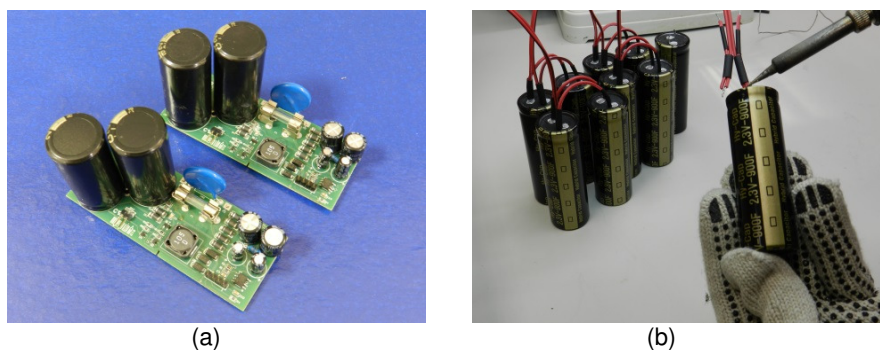


FIGURA 7 – Circuito para testes de campo de supercapacitores de 900 Farads.

Percebeu-se que o sistema se manteve operacional com uma boa autonomia, e a tensão no supercapacitor chegou a um mínimo de 1,1V, sendo que o limite operacional era de 0,7V. O equipamento evoluiu para um conjunto mais robusto contendo quatro supercapacitores de 3000 Farads cada um, ligados em paralelo, permitindo assim a

alimentação contínua de equipamentos de maior potência sob qualquer condição atmosférica. O equipamento é apresentado nas Figuras 8-(a), 8-(b) e 8-(c).

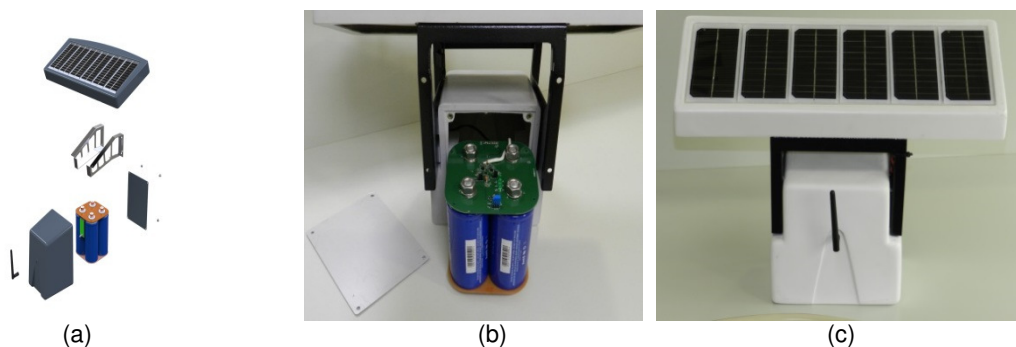


FIGURA 8 – Esquema e fotos do equipamento com supercapacitores de 3000 Farads.

Os testes de campo em Curitiba/PR tiveram resultados positivos. Todo o sistema se comportou como esperado, estando funcional por mais de dez meses ininterruptamente, suportando dias de chuva, neblina, granizo e sol. Para monitorar este funcionamento foi colocado no rádio da aplicação uma medição e registro periódico da tensão no supercapacitor, a cada 5 minutos. A Figura 9 apresenta algumas medidas. Dos dados, pode ser observado que mesmo com uma grande variação na radiação solar disponível no decorrer dos dias (nuvens e chuva entre os dias 21 e 26), o sistema se manteve operante, sem apresentar nenhum desligamento, garantindo a confiabilidade e o funcionamento da aplicação de forma ininterrupta e autossustentável.

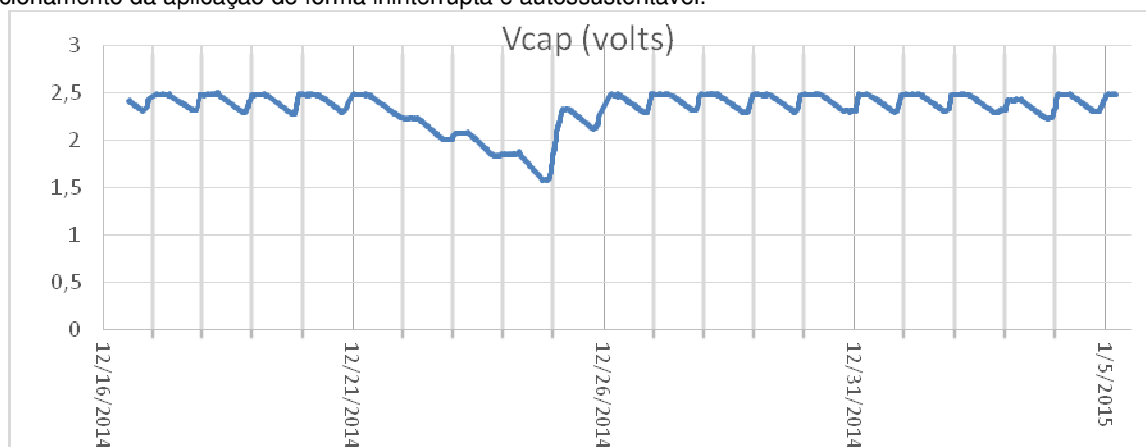


FIGURA 9 – Gráfico do nível de tensão sobre os supercapacitores em regime de campo.

Os roteadores de comunicação com supercapacitores foram validados também em Niterói/RJ e em Armação de Búzios/RJ, no projeto de P&D ANEEL Cidade Inteligente Búzios, para a empresa Ampla Energia e Serviços S.A.

4.0 - CONCLUSÕES

Os resultados práticos foram obtidos através da instalação em campo dos protótipos autossustentáveis desenvolvidos. A viabilidade técnica de roteadores autossustentáveis para meios de comunicação sem fio ficou comprovada a partir dos registros de medição contínua obtidos durante vários meses sob diversas condições atmosféricas adversas. As aplicações utilizadas nos testes foram a leitura remota de grandes consumidores de energia elétrica via protocolo ABNT NBR 14522, a leitura e telecomando de religadores via protocolo DNP3, o comando e supervisão de pontos de iluminação pública e a detecção de queda e retorno de energia (função ARGOS). Ficou comprovado não somente o funcionamento do meio de comunicação em si de forma ininterrupta, independentemente de baterias, mas também que os níveis de carga e descarga dos supercapacitores permitem que os mesmos possam ser utilizados em sistemas de rede autossustentáveis, fazendo uso do conceito de “*Energy Harvesting*”, no qual toda a energia necessária para funcionamento é retirada do meio ambiente de forma ecologicamente correta (energia limpa).

5.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) ABRUÑA, H. D.; KIYA, Y.; HENDERSON, J. C. (2008). "Batteries and Electrochemical Capacitors". *Phys. Today* (12): 43–47.
- (2) BOCKRIS, J. O'M.; DEVANATHAN, M. A. V.; MULLER, K. (1963). "On the Structure of Charged Interfaces". *P. Roy. Soc. Lond. A Mat.* 274: 55–79. doi:10.1098/rspa.1963.0114.
- (3) BÉGUIN, F.; RAYMUNDO-PIÑEIRO, E.; FRACKOWIAK, E. (2009). "8. Electrical Double-Layer Capacitors and Pseudocapacitors". *Carbons for Electrochemical Energy Storage and Conversion Systems*. CRC Press. pp. 329–375. doi:10.1201/9781420055405-c8. ISBN 978-1-4200-5540-5.
- (4) CONWAY, B. E. (1999). *Electrochemical Supercapacitors: Scientific Fundamentals and Technological Applications*. Springer. doi:10.1007/978-1-4757-3058-6. ISBN 0306457369.
- (5) ZHANG, J.; ZHANG, L.; LIU, H.; SUN, A.; LIU, R.-S. (2011). "8. Electrochemical Supercapacitors". *Electrochemical Technologies for Energy Storage and Conversion*. Weinheim: Wiley-VCH. pp. 317–382. ISBN 978-3-527-32869-7.
- (6) LEITNER, K. W.; WINTER, M.; BESENHARD, J. O. (2003). "Composite Supercapacitor Electrodes". *J. Solid State Electr.* 8 (1): 15–16. doi:10.1007/s10008-003-0412-x.
- (7) EBRAHIMI (EDITOR), F. (September 27, 2012). *Nanocomposites - New Trends and Developments*. InTech. doi:10.5772/3389. ISBN 978-953-51-0762-0.
- (8) KINOSHITA, K. (January 18, 1988). *Carbon: Electrochemical and Physicochemical Properties*. John Wiley & Sons. ISBN 978-0-471-84802-8.
- (9) VOL'FKOVICH, Y. M.; SERDYUK, T. M. (2002). "Electrochemical Capacitors". *Russ. J. Electrochem.* 38 (9): 935–959. doi:10.1023/A:1020220425954.
- (10) ZAMBENEDETTI, V. C., et al, Projeto Estratégico de P&D Redes Elétricas Inteligentes – Medição – P2.01 a P2.12 - Relatório Final. Lactec, Curitiba, 2011.
- (11) METHLEY, S. *Essentials of Wireless Mesh Networking*, Cambridge University Press, 2009, p.72.
- (12) MISIC V. B. "Wireless Personal Area Networks Performance, Interconnections and Security with IEEE 802.15.4", Ed. John Wiley & Sons, Ltd, 2008, p. 33.
- (13) LIPPMANN L. Jr. "Configuração Aplicada em Unidade de Comunicação para Redes Aéreas de Distribuição de Energia Elétrica" LACTEC – INPI DI 7005101-1, 20 de dezembro, 2010.
- (14) LIPPMANN L. Jr, "Dispositivo Adaptador para Redes de Comunicação sem Fio Autônoma disposta junto a Redes de Distribuição de Energia Elétrica" LACTEC - INPI PI 1101469-4, 01 de abril, 2011.
- (15) ZAMBENEDETTI, V. C., LIPPMANN L. Jr. "Seção: No Circuito- TI Tech Day Mostra Produtos para Área de Energia", *Revista Eletricidade Moderna*, Editora Aranda, outubro 2011, p.9-12.
- (16) ZAMBENEDETTI, V. C., LIPPMANN L. Jr. "Seção: No Circuito – Texas Instruments", *Revista Eletricidade Moderna*, Editora Aranda, setembro 2012, p. 20-23.

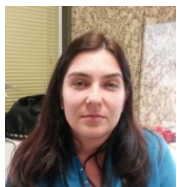
6.0 - DADOS BIOGRÁFICOS



Lourival Lippmann Junior, nascido em Curitiba/PR em 1956, graduado em Engenharia Eletrônica pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA) em 1980, pós-graduado Mestre em Engenharia Elétrica e Informática Industrial pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) em 1993. Tem experiência na área de Ciência da Computação, com ênfase em Arquitetura de Sistemas de Computação, atuando principalmente nos seguintes temas: redes de comunicação, redes inteligentes para setor elétrico - smart grids, DSP, desenvolvimento de sensores, instrumentação, medição, supervisão e automação de sistemas de energia elétrica, filtros digitais, processamento de imagem e arquiteturas paralelas. Possui vinte e duas publicações em eventos relevantes do Setor Elétrico Brasileiro.



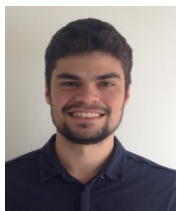
Rafael Wagner, nascido em Curitiba/PR em 1976, graduado em Engenharia de Computação pela PUC-PR em 1999, pós-graduado Especialista em Engenharia de Produção pela PUC-PR em 2001. Atua há mais de 15 anos com pesquisa e desenvolvimento em eletrônica e informática, realizando: desenvolvimentos de softwares aplicativos e embarcados em linguagem C, C++, Java e padrão UML, bancos de dados SQL, gerenciador de relatórios, plataformas Windows e Linux; desenvolvimento de hardware analógico e digital microprocessado; projetos de circuitos eletrônicos e desenho de placas de circuito impresso; acompanhamento de processos de desenvolvimento e validação de protótipos. Possui dezessete publicações em eventos e periódicos relevantes do Setor Elétrico Brasileiro.



Eliane Silva Custodio, nascida em Ivaiporã/PR em 1980, graduada em Engenharia Elétrica pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) em 2008, pós-graduada Mestre em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Paraná (UFPR) em 2013. Tem experiência nas áreas de eletrônica aplicada, atuando principalmente nos seguintes temas: microcontroladores, firmware, eletrônica analógica, engenharia de proteção e sistemas de potência. Possui duas publicações em eventos e periódicos relevantes do Setor Elétrico Brasileiro.



Diego Fernando de Araujo, nascido em Curitiba/PR em 1982, graduado em Engenharia de Computação pela PUC-PR em 2010. É Engenheiro de Sistemas e tem experiência na área de energia elétrica. Possui quatro publicações em eventos relevantes do Setor Elétrico Brasileiro.



João Gustavo Ceschin, nascido em Curitiba/PR em 1991, é estudante de graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Paraná (UFPR).