



IV Congresso Ibero-Americano de Empreendedorismo, Energia, Ambiente e Tecnologia

Livro de Atas



Título: IV Congresso Ibero-Americano de Empreendedorismo, Energia, Ambiente e Tecnologia: Livro de Atas

Editores: Ronney Arismel Mancebo Boloy¹
Marcus Val Springer¹
Vanessa de Almeida Guimarães¹
Elizabeth Mendes de Oliveira¹
Amilton Ferreira da Silva Junior¹
Américo Vicente Leite²
Orlando Manuel Soares²
José Luis Calvo Rolle³
Jonni Guiller Ferreira Madeira¹

¹ Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, Campus de Angra dos Reis, Rua do Areal, 522, Pq Mambucaba, Angra dos Reis, RJ, CEP: 23953-030, Brasil

² Instituto Politécnico de Bragança, Campus de Santa Apolónia, 5300-253 Bragança, Portugal

³ Universidade da Coruña, Campus Ferrol, 15403 Ferrol, Espanha

Edição: Instituto Politécnico de Bragança – 2019
Campus de Santa Apolónia
5300-253 Bragança
Portugal

Execução: Orlando Manuel Soares

ISBN: 978-972-745-258-3

URI: <http://hdl.handle.net/10198/17919>

Email: congresso.cieemat@gmail.com

Apoios e Patrocínios:



Programa Geral

- 114402 Dimensionamento de sistemas fotovoltaicos conectados à rede – SFVCR, com adequação do gerador fotovoltaico aos parâmetros elétricos do inversor e aos fatores de perdas.
- 113972 O uso do arduino no controle de experimentos de óptica.
- 113966 Detecção de variação de rugosidade por análise de imagens digitais de padrões de speckle via entropia de tsallis.
- 98960 Análisis de factibilidad para la generación de biogás en la comunidad de Los Arreguín de Abajo.

QUINTA FEIRA, 29 DE NOVEMBRO DE 2018

09:00-10:00 SESSÃO PLENÁRIA 2

- Moderador:** Daniel de Cerqueira Lima e Penalva dos Santos
Palestrante: Marco Antonio Juliatto. Setec-Mec
Título: *Energif - Programa para o Desenvolvimento de Energias Renováveis e Eficiência Energética na Rede Federal.*

10:00-12:00 COMUNICAÇÕES ORAIS 2/COMUNICAÇÕES EM PÔSTERES 2

- Moderadores:** Luís Fernando dos Santos e Elizabeth Mendes de Oliveira

COMUNICAÇÕES ORAIS 2

- 114063 Estudo de um sistema fotovoltaico de 45kWp conectado à rede e sua influência na qualidade de energia elétrica no ponto comum de conexão.
- 112281 Case study for the recovery of waste in the euroace área.
- 115381 Avaliação do limite operacional de motores de indução trifásicos em função do desequilíbrio e/ou presença de harmônicos na tensão de alimentação aplicando lógica fuzzy.
- 106257 Avaliação da taxa de aquecimento do briquete de minério de ferro com biomassa de capim elefante utilizando energia de micro-ondas.
- 115390 Síntese, caracterização físico-química e estudos de degradação e citotoxicidade de esferas de quitosana para adsorção e liberação de moléculas.
- 109612 A heuristic solution based on clarke & wright's savings algorithm for the optimization of sludge hauling: the case of a portuguese company.
- 115188 Identificação das pesquisas stricto sensu sobre metodologias de aprendizagem ativa na pós-graduação brasileira de 2012 a 2017.
- 114151 Sistema fotovoltaico autônomo para sistema de iluminação utilizando células reutilizadas de lítio.

COMUNICAÇÕES EM PÔSTERES 2

- 115320 Estudo sobre a viabilidade técnica de um maçarico oxi-hidrogênio utilizando eletrólise da água.
- 115244 Carneiro hidráulico e o seu potencial para o processo de dessalinização por osmose reversa.

Sistema fotovoltaico autônomo para sistema de iluminação utilizando células reutilizadas de lítio

1st Ulysses Gonçalves

UTFPR, Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Câmpus Toledo
Toledo, Brasil
usg_222@hotmail.com

3th Jose Lima

ESTIG, Instituto Politécnico de Bragança
Bragança, Portugal
jllima@ipb.pt

2nd Jorge Alves

UTFPR, Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Câmpus Toledo
Toledo, Brasil
jorgealves@utfpr.edu.br

4th Orlando Soares

ESTIG, Instituto Politécnico de Bragança
Bragança, Portugal
osoares@ipb.pt

Resumo—A energia elétrica é um bem essencial nas vidas das pessoas. No entanto, existem lugares afastados das cidades que não possuem acesso a uma rede pública de distribuição de energia elétrica. Desta forma, este artigo apresenta uma sugestão para solucionar o problema de não iluminação nestes lugares por meio de dispositivos encontrados no mercado e com a reutilização de células de lítio encontrada em aparelhos eletrônicos. Com o protótipo foram realizados testes no sistema, sendo obtidos resultados, os quais são discutidos no artigo, justificando a utilização das células de lítio de segunda vida.

Palavras chave—células de lítio; reutilizadas; autônomo; microcontrolador; iluminação.

I. INTRODUÇÃO

Ainda hoje existem diversas pessoas que vivem ou desenvolvem suas atividades cotidianas em locais afastados dos centros urbanos, onde dificilmente há acesso a rede de distribuição pública de eletricidade, ocasionando a falta de iluminação em horários de indisponibilidade solar. Em alguns casos são adotados o uso de velas ou lâmpadas de querosene, gerando riscos de segurança, produzindo dióxido de carbono, além de possuir baixa qualidade na iluminação [2].

Boucar Diouf, [2] descreveu uma comparação, caracterizando uma vela de parafina que quando acesa produz em média 13 *lúmens* (unidade de medida de fluxo luminoso) e 80 W de calor, gerando a eficácia de 0.16 lm/W, enquanto que uma lâmpada a LED de 5 W com 90 lm/W produz uma quantidade de luminosidade comparada a 35 destas velas.

Diante a isto, este artigo apresenta um meio de utilizar dispositivos de baixo custo encontrados no mercado para o desenvolvimento de um sistema de iluminação autônomo, isto é, um sistema independente da rede pública de distribuição de energia elétrica, de forma que o mesmo seja acessível, inteligente e ecologicamente correto.

Considerando o elevado custo no armazenamento de energia utilizando as baterias, pesquisas realizadas em [3], [7], [8], [11], [12] apresentam como alternativa a reutilização de baterias retiradas de carros elétricos e dispositivos eletrônicos, as quais possuem uma capacidade restante utilizável, permitindo sua reutilização em sistemas que demandam baixo consumo energético.

Sendo assim, este artigo foi dividido em três partes. A primeira parte será abordado o desenvolvimento do sistema, caracterizando as justificativas do dimensionamento dos componentes usados; a segunda parte será exposto as explicações dos testes realizados, mostrando os resultados do sistema; por fim, será apresentada a conclusão.

II. SISTEMA DESENVOLVIDO

O sistema desenvolvido possui a finalidade de alimentar um projetor a LED de 10 W durante duas horas por dia para todos os dias do ano, armazenar medidas referente a quantidade de carga e descarga da bateria em um microcontrolador, informar ao utilizador a quantidade de carga restante, assim como garantir a segurança do sistema quanto ao carregamento e descarregamento das células reutilizadas de lítio.

A Figura 1 é mostrado um diagrama de blocos. Cada bloco representa um componente utilizado.

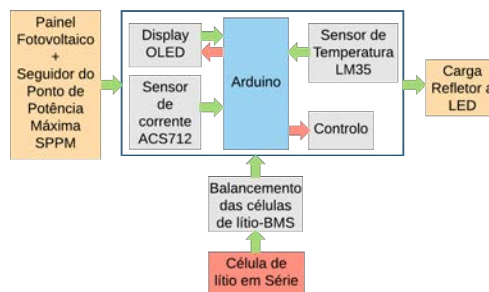


Figura 1. Diagrama de blocos do circuito projetado.

Os blocos com duas setas representam a comunicação *Two Wire Interface* TWI, os blocos com uma seta verde representam a comunicação por meio de portas analógicas e uma seta vermelha representa as ações de controle por meio de portas digitais.

A. Carga a alimentar

Inicialmente, foi determinado o consumo diário da carga a ser utilizada. O sistema deve consumir o mínimo de energia possível, satisfazer a luminosidade e autonomia requerida. Desta forma, devido ao baixo consumo, longevidade, facilidade em sua alimentação em corrente contínua, além de ser ecologicamente correta, foi escolhido uma luminária a LED de 10 W [6]. A energia consumida em base diária está representado pela equação (1). Com este dado a etapa seguinte será o dimensionamento do painel fotovoltaico.

$$E_{\text{dia}} = 10 \text{ W} \cdot 2 \text{ h/dia} = 20 \text{ Wh/dia} \quad (1)$$

B. Dimensionamento do painel fotovoltaico

Para dimensionar o painel fotovoltaico foi avaliado a quantidade de irradiação por meio do software on-line PVGIS [10].

Na Tabela I está descrito os níveis de irradiação média para cada mês do ano (kWh/m²/dia) na região de Trás-os-Montes, com um ângulo ótimo de 34° direcionado para o Sul geográfico.

Tabela I
DADOS DE IRRADIAÇÃO, PVGIS [10].

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun
Irradiação	2770	4420	5500	5560	6300	6900
Mês	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Irradiação	7320	7280	6450	4760	3330	2730
Média						5280

A média anual para uma inclinação ótima na região de Trás-os-Montes é de 5280 Wh/m²/dia e a menor irradiação nesta mesma região corresponde a 2730 Wh/m²/dia no mês de dezembro. Para obter energia elétrica suficiente para todos os dias do ano é preciso levar em consideração o pior caso, ou seja, utilizar a menor taxa de irradiação solar durante o ano [9].

O dimensionamento do painel fotovoltaico juntamente com os componentes do sistema é realizado por meio da quantidade de irradiação incidente na localidade de instalação do mesmo e o consumo de energia da carga a ser alimentada. Além disto, os componentes que atuam no sistema apresentam perdas, as quais serão levadas em consideração.

Para estimar as perdas nas canalizações, nas células de lítio, no conversor de corrente contínua para corrente contínua (CC-CC), foi utilizado os valores disponíveis na Tabela II, são valores padronizados encontrados na referência [5].

Tabela II
*VALORES TÍPICOS DE PERDAS ENCONTRADOS EM [5].

Dados de dimensionamento	Valores
Carga instalada	10 W
Consumo diário	20 Wh/dia
Média mensal de irradiação	2730 Wh/dia/m ²
Eficiência das canalização*	98%
Eficiência da bateria*	95%
Eficiência do Conversor CC-CC*	90%

Com o valor da quantidade média de irradiação solar, foi obtido a quantidade acumulada de energia gerada em número de Horas de Sol Pleno (HSP), isto é, o número de horas em que a irradiação solar permanece igual a 1000 W/m²/dia.

Assim, foi utilizado 2730 Wh/m²/dia para obter o número de HSP [5], [9]:

$$HSP = \frac{2730 \text{ Wh/m}^2/\text{dia}}{1000 \text{ W/m}^2} = 2.73 \text{ h/dia} \quad (2)$$

Com os valores da Tabela II e a quantidade de HSP foi obtido a potência mínima do painel fotovoltaico:

$$P_{\text{min}} = \frac{20 \text{ Wh/dia}}{2.73 \text{ h/dia}} = 7.33 \text{ W} \quad (3)$$

E a potência corrigida, devido às perdas no sistema:

$$P_{\text{minCorr}} = \frac{7.33 \text{ W}}{0.98 \cdot 0.95 \cdot 0.9} = 8,75 \text{ W} \quad (4)$$

C. Armazenamento de energia

Como o sistema atuará em horários de indisponibilidade solar é preciso que haja uma maneira de armazenar a energia produzida ao longo do dia pelo painel fotovoltaico.

O sistema do tipo autônomo possui elevado preço devido a necessidade de utilizar um sistema para o armazenamento de energia. Visando reduzir o preço do sistema e contribuir para reciclagem de baterias de aparelhos eletrônicos, neste projeto serão utilizados células reutilizadas de lítio.

O dimensionamento da bateria utilizada foi realizada considerando a autonomia do sistema, o comportamento da profundidade de descarga em relação ao número de ciclos e a temperatura em que a mesma está sujeita.

Por meio das informações presente nas folhas de dados das células de lítio modelo 18650, quando há variação na temperatura de 20 °C para 0 °C há uma diminuição de aproximadamente 10% na sua capacidade de descarga, permitindo obter um valor aproximado de correção para o dimensionamento da mesma [1].

Um dos fatores que aceleram o processo de envelhecimento das células de lítio são as altas taxas de descarga e de carga, reduzindo os ciclos de vida. Como este artigo utiliza células reutilizadas de lítio, é considerado um desgaste inicial e uma redução na taxa de descarga, aumentando o tempo de funcionamento e prolongando os ciclos de vida.

Primeiramente foi realizado o cálculo do consumo de potência hora diária pela tensão nominal da bateria, obtendo assim a capacidade da bateria:

$$C_{\text{dia}} = \frac{20 \text{ Wh}}{4 \cdot 3.7 \text{ V}} = \frac{20 \text{ Wh}}{14.8 \text{ V}} = 1.35 \text{ Ah} \quad (5)$$

Consumo da descarga levando em consideração as perdas:

$$C_{\text{diaCorr}} = \frac{1.35 \text{ Ah}}{0.98 \cdot 0.95 \cdot 0.9} = 1,61 \text{ Ah} \quad (6)$$

Um dado descrito no Energia Fotovoltaica - Manual sobre tecnologias, projecto e instalação caracterizado como empírico é a quantidade de dias em que a bateria deve alimentar a carga sem haver "dias de Sol", possuindo uma autonomia de 2 a 3 dias no verão e 3 a 4 dias no inverno [4]. O sistema foi dimensionado para dois dias de autonomia. Além deste fator, para o dimensionamento, foi escolhido a profundidade de descarga de 70% devido a utilização de células reutilizadas de lítio e um coeficiente de correção relativo as variações da temperatura ao longo do ano. Desta forma é obtido:

$$C_{\text{total}} = \frac{2 \cdot 1.61 \text{ Ah}}{0.7 \cdot 0.9} = 5.11 \text{ Ah} \quad (7)$$

D. Demais dispositivos utilizados

O sistema é composto por um dispositivo Seguidor do Ponto de Potência Máxima (SPPM) para regular a tensão e obter a maior eficiência na produção de energia fotovoltaica; dois microcontroladores, um para a gestão e funcionamento do sistema o outro para recepção dos dados para análise das medidas, por meio da comunicação *Two Wire Interface (TWI)*; um sensor de corrente ACS712; um sensor de temperatura LM35; um *Battery Management System (BMS)* para o balanceamento das células de lítio e por fim, os demais componentes que permitem as conexões e montagem do sistema.

A Figura 2 apresenta o sistema projetado e montado para os testes com os respectivos periféricos nomeados na imagem.

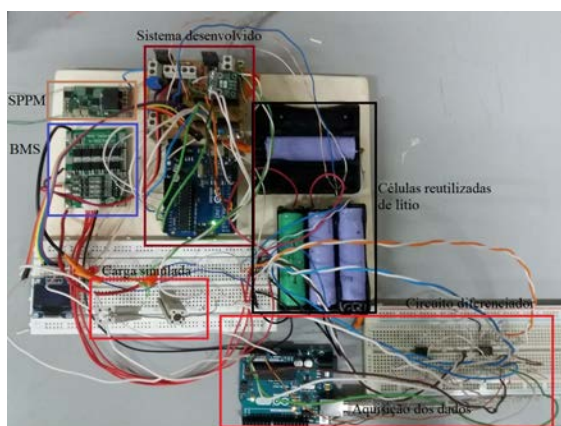


Figura 2. Sistema montado para realização dos testes.

Para obter o funcionamento do sistema de acordo com o pretendido, foi realizada a programação do microcontrolador em C, com a lógica caracterizada na maquina de estados da Figura 3.

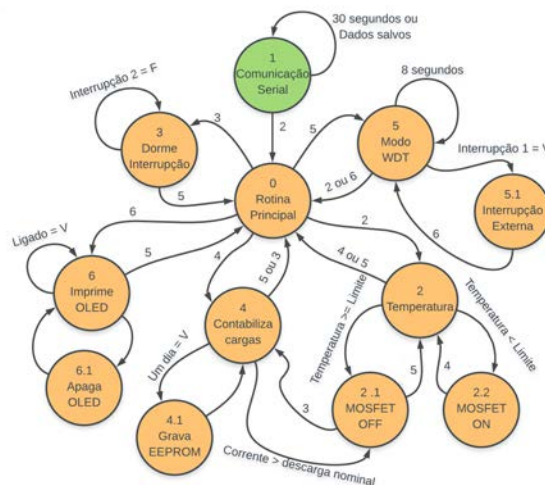


Figura 3. Máquina de estados, algoritmo desenvolvido.

O primeiro estado consiste em realizar a configuração inicial do sistema, por meio da aplicação desenvolvida mostrada na Figura 4, caracterizado pela configuração da data de instalação do sistema, o limite de carga e descarga, a corrente de descarga e o limite de temperatura.

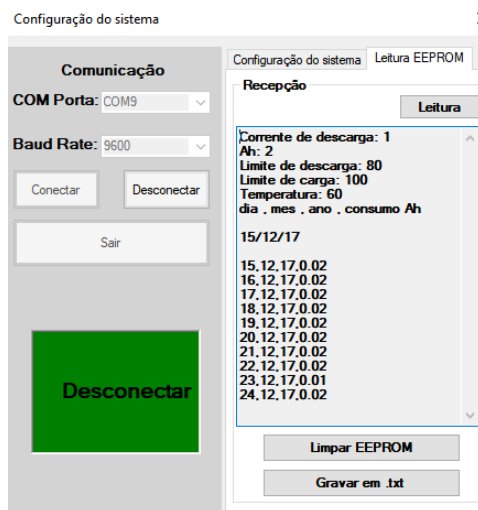


Figura 4. Plataforma desenvolvida para configuração inicial do sistema.

Os demais estados consiste em verificar a temperatura do banco de células de lítio, verificar a corrente, a quantidade de carga, a profundidade de corrente de descarga, verificar se houve transição dos dias para gravar a quantidade de corrente de carga e descarga em base diária, colocar o microcontrolador em dois estados de economia de energia: o primeiro ativa o microcontrolador com um sinal externo

e o outro modo faz com que o microcontrolador entre no modo *sleep* durante oito segundos e o microcontrolador acorda durante uma fração de tempo fazendo as devidas medidas e novamente entra em modo *sleep*. Esta estratégia foi adotada para que houvesse a máxima economia de energia.

Prosseguindo com a explicação do funcionamento da máquina de estados, se for estabelecido conexão serial, o microcontrolador aguarda os dados a serem salvos, caso não haja comunicação serial o microcontrolador aguarda 30 segundos, depois destes dois processos o estado presente será o 2, não sendo mais utilizado o estado 1. No estado 2 será verificado a temperatura no banco das células de lítio, caso a temperatura estiver acima do limite configurado anteriormente, o sistema será desligado por meio dos MOSFET da carga e da descarga e o microcontrolador se encontra no estado 5. Se a temperatura estiver abaixo do que foi configurada, o sistema volta a permitir carga e descarga. Caso não houver carga/descarga ou o evento de pressionar o botão do *display*, o próximo estado será o 3, o modo *sleep*, caso contrário, será o 5, o qual será feito o teste verificando se o botão do *display* fora pressionado, depois disto é realizado a contabilização da corrente de descarga/carga. Se a corrente for maior do que a corrente nominal configurada, o próximo estado será o 4, função que desliga tanto a carga como a descarga, colocando o estado 3 como próximo estado, fazendo com que o microcontrolador entre em modo *sleep*, caso contrário, será verificado se passou um dia, se sim, será gravado a corrente total contabilizada de descarga e carga na memória EEPROM do microcontrolador, se não, o próximo estado será o 5, o qual será verificado se o botão do *display* foi pressionado, se não foi pressionado o microcontrolador entra no modo *sleep* durante oito segundos e volta a atividade com o *overflow* do *Watchdog Timer* (WDT) e o ciclo é repetido anteriormente explicado, começando novamente pelo estado 2. Caso o botão do *display* for pressionado em qualquer lugar em que o programa estiver na linha de código, será gerado uma interrupção nos dois pinos de interrupção externa, a interrupção com maior prioridade será tratada fazendo com que o microcontrolador, independente do estado que estiver, passa para o estado 5 verificando se houve uma interrupção externa do pino digital 2, mudando seu estado para o 6 e imprimindo os dados no *display*, aguardando um tempo na apresentação das medidas, depois disto o estado direcionado será o 5, repetindo o processo, verificando todas as possibilidades mencionadas anteriormente.

Para avaliação dos dados deste sistema, foi implementado uma função para disponibilizar as medidas no barramento TWI. Na Figura 5 é apresentado o diagrama de blocos que caracteriza o circuito montado.

O circuito e a programação desenvolvida é representada por uma caixa preta. Dentro desta caixa existe a parte física desenvolvida e a parte da programação, onde é feita a contabilização e gerenciamento da quantidade de carga

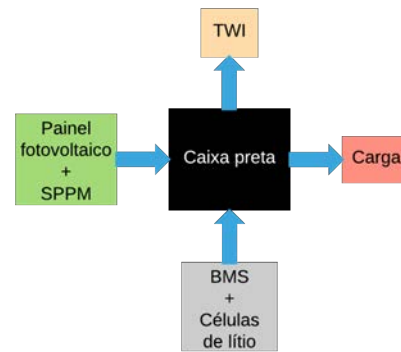


Figura 5. Representação do circuito genérico utilizado.

existente na bateria, capacidade disponível, verificação da temperatura da bateria e contabilização da corrente consumida.

E. Teste do algoritmo na descarga

Para avaliar o sistema e algoritmo desenvolvido foi realizado diversos testes, permitindo avaliar o comportamento do sistema em possíveis situações existente na instalação do mesmo em campo. Desta forma, a Figura 6 é mostrado o teste referente a descarga, sendo dividida em seis situações que serão explicada a seguir.

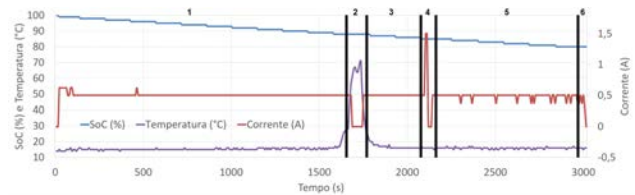


Figura 6. Gráfico representando a descarga das células de lítio, dividido em seis situações de testes.

- 1) Inicialmente o sistema não apresenta descarga, logo em seguida é submetido a uma descarga, fazendo com que o estado de carga da bateria decresça. Como a descarga é realizado com uma carga resistiva, a descarga é compreendida como linear, havendo oscilações devido aos fatores presentes no sensor de corrente ACS712, explicados anteriormente;
- 2) Logo em seguida, o sensor LM35 é submetido a um aumento de temperatura, simulando uma possível elevação na temperatura da bateria. Se houver um aumento excessivo, a mais do que o limite inicialmente configurado, o sistema é desligado, retornando ao descarregamento quando a temperatura for menor do que o limite configurado;
- 3) O sistema volta a funcionar normalmente como na primeira parte do teste;
- 4) Foi feito uma descarga com uma carga que consome uma corrente elevada, com a finalidade de verificar se o sistema está obtendo resposta sobre a configuração inicial de descarga. Desta maneira, o

sistema foi desligado, devido a corrente ser maior do que a corrente configurada inicialmente, desligando a carga e descarga, emitindo um alerta em um LED vermelho, sendo ativado quando pressionado o botão para verificação da mensagem no *display*;

- 5) Depois disto, o sistema é descarregado até o limite da configuração inicial do estado de carga, havendo uma variação na corrente, anteriormente explicado no primeiro tópico;
- 6) A descarga é desligada, pois foi alcançado o limite do estado de carga configurado do sistema.

F. Teste do algoritmo na carga

Uma solução adotada para haver a diminuição do erro acumulado durante o processo de carregamento e descarregamento da bateria é a contabilização da corrente de carregamento subtraído da corrente de descarregamento acumulada, até se anular. Quando nula, o carregamento prossegue enquanto a corrente de carga não atingir 1/10 da corrente configurada de carregamento.

Durante a carga foi realizado o teste sobre o comportamento do sistema quando é elevada a temperatura, para isto, foi preciso simular um aumento da mesma no sensor de temperatura. A Figura 8 mostra o comportamento do sistema, a seguir é explicado as divisões da imagem.

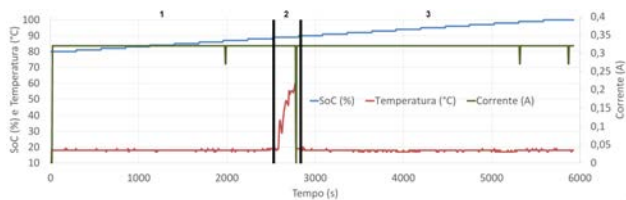


Figura 7. Gráfico representando a carga das células de lítio, dividido em três situações de testes.

- 1) Inicialmente o sistema esta sendo carregado, a linha azul representado o estado de carga, que esta se elevando. A corrente, representada pela linha vermelha, sofre algumas variações devido ao erro que é encontrado nas medidas do sensor de corrente;
- 2) Logo em seguida o sensor de temperatura é submetido a um aumento em sua temperatura, afim de simular o aquecimento das células de lítio. Quando a temperatura alcança o limite da temperatura configurada, o processo de carregamento é desligado, a corrente é cortada;
- 3) A temperatura diminui, o processo de carga volta a atividade, finalizando o ciclo de teste.

G. Teste de gravação de dados

Com a finalidade de avaliar a função desenvolvida para gravar os dados na memória interna do microcontrolador, o sistema recebe uma tensão, simulando a geração de energia elétrica quando o painel fotovoltaico é submetido a uma irradiação solar, fazendo com que seja carregada a bateria e contabilizada a carga acumulada. Em seguida, a fonte de

tensão é desligada, simulando o passar do dia, neste caso à noite, fazendo com que a descarga seja acionada. Com este teste, sendo o mesmo repetido a cada cinco minutos aproximadamente, os dados referentes a carga e descarga acumuladas em base diária são gravados na memória EEPROM do microcontrolador. A Figura 8 mostra os dados gravados e os dias incrementados, confirmando a funcionalidade do algoritmo desenvolvido.

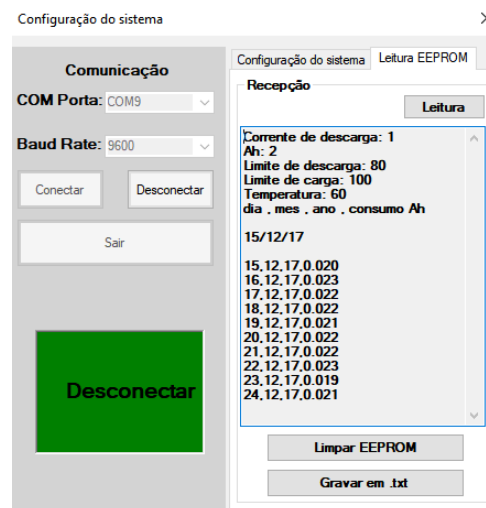


Figura 8. Leitura dos dados simulados na plataforma desenvolvida.

H. Avaliação do consumo do microcontrolador

O circuito projetado contou com o uso do Arduino UNO, devido a facilidade em obter acesso as medidas capturadas por meio da porta serial. Foi verificado que o consumo de energia de um Arduino UNO prejudicaria o autonomia do sistema.

A avaliação do consumo do Arduino consiste em verificar a corrente drenada da fonte durante o funcionamento do algoritmo desenvolvido para o sistema.

Desta forma, é mostrado na Tabela III o consumo do Arduino UNO em operação.

Tabela III
CONSUMO DE CORRENTE DO ARDUINO.

Estado do programa	Corrente (mA)
Modo normal	51.3
Modo <i>sleep</i> interrupção externa	45.3
Modo <i>sleep</i> WDT	46.7
Alimentando o OLED	60

Com os dados apresentados na Tabela III é verificado uma diferença nos valores das correntes devido a eventos que o mesmo é submetido.

Desta forma, a estratégia adotada proporciona uma redução no consumo do sistema, sendo colocado em modo *sleep* na maioria do tempo de funcionamento, reduzindo seu consumo.

III. CONCLUSÃO

O principal objetivo do trabalho consistiu no desenvolvimento de um sistema capaz de monitorizar a carga e descarga das células reutilizadas de lítio em um sistema composto por componentes de baixo custo, assim como gerenciar a quantidade de carga disponível, temperatura do conjunto de células e alimentar um projetor a LED para ser utilizado em lugares onde não há acesso a rede pública de distribuição de energia elétrica.

Os testes aplicados e apresentados tem como premissa verificar a funcionalidade do sistema desenvolvido. Primeiramente foi realizado a inicialização do sistema, com a finalidade de verificar se o algoritmo estava correto quanto a recepção dos dados a serem gravados na memória interna do microcontrolador, representando os dados da configuração inicial do sistema. Com o teste de carga e descarga realizado pelo sistema, foi possível detectar problemas nas medições de corrente, devido sua precisão. Foi apresentado o teste para verificar o dispositivo responsável por carregar e balancear as células de lítio, sendo obtido um resultado satisfatório.

Os dados relativos a descarga foram também apresentados na forma de gráficos, explicitando os testes impostos ao sistema. É conclusivo que ambos, carga/descarga, possuem o comportamento esperado diante as situações simuladas no sistema.

A estratégia utilizada no algoritmo para economia de energia provou ser eficiente, visto que a Tabela III apresenta os resultados do Arduino em uma atividade normal comparando com as demais ações do mesmo.

Os testes foram conduzidos para baixas correntes, o que tornou os resultados imprecisos, devido o sensor que foi utilizado, com uma faixa de corrente de menos trinta amperes a trinta amperes. Além disto, há a limitação do conversor analógico para digital do microcontrolador, possuindo somente 10 bits de resolução, reduzindo a confiabilidade das medidas tanto de corrente, quanto das tensões das células de lítio.

Com o sistema desenvolvido foi verificado a possibilidade de aplicação em diversas outras cargas, pois o mesmo é comparado a uma caixa preta, a qual possui saída para alimentar uma carga, entrada para carregar a bateria e uma saída para obtenção dos dados relativos a carga, descarga e temperatura da bateria. Para outras aplicações torna-se necessário verificar se é preciso ser feito ajustes na configuração inicial, além de avaliar se a parte física atende a aplicação desejada.

Diante aos resultados, é conclusivo que o sistema possui a funcionalidade desejada, permitindo o uso das células de lítio reutilizadas para aplicação do problema apresentado.

REFERÊNCIAS

- [1] Linden David and B Reddy Thomas. *Handbook of batteries*. McGraw-Hill Professional, 4th edition, 2010.
- [2] Boucar Diouf. A second life for mobile phone batteries in light emitting diode solar home systems. *Journal of Renewable and Sustainable Energy*, 8(2):024106, 2016.
- [3] Boucar Diouf. A second life for mobile phone batteries in light emitting diode solar home systems. *Journal of Renewable and Sustainable Energy*, 8(2):024106, 2016.
- [4] Altener Programa Comunitário Greenpro. Energia fotovoltaica-manual sobre tecnologias, projecto e instalação. *Europa: Comissão Europeia*, page 43, 2004.
- [5] APC Guimarães, CM Ribeiro, LEG Bastos, LCG Valente, PCD Silva, and RXD Oliveira. Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos. *Ediouro Gráfica e Editora SA Edição Especial, Rio de Janeiro, Brasil*, 2004.
- [6] Colin J Humphreys. Solid-state lighting. *MRS bulletin*, 33(4):459–470, 2008.
- [7] Wen-Chen Lih, Jieh-Hwang Yen, Fa-Hwa Shieh, and Yu-Min Liao. Second use of retired lithium-ion battery packs from electric vehicles: technological challenges, cost analysis and optimal business model. In *Computer, Consumer and Control (IS3C), 2012 International Symposium on*, pages 381–384. IEEE, 2012.
- [8] Egoitz Martinez-Laserna, Elixabet Sarasketa-Zabala, D-I Stroe, M Swierczynski, Alexander Warnecke, Jean-Marc Timmermans, Shovon Goutam, and Pedro Rodriguez. Evaluation of lithium-ion battery second life performance and degradation. In *Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE), 2016 IEEE*, pages 1–7. IEEE, 2016.
- [9] João Tavares Pinho and Marco Antonio Galdino. Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos. *Rio de Janeiro: CEPEL*, 2014.
- [10] Monthly Solar Irradiation PVGIS. Disponível em: <<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/mrcalc.php>>. Acesso realizado em: Out, 2017.
- [11] Kirti Richa, Callie W Babbitt, Gabrielle Gaustad, and Xue Wang. A future perspective on lithium-ion battery waste flows from electric vehicles. *Resources, Conservation and Recycling*, 83:63–76, 2014.
- [12] Charles R Standridge and Lindsay Corneal. Remanufacturing, repurposing, and recycling of post-vehicle-application lithium-ion batteries. Technical report, 2014.