DESENVOLVIMENTO DE UM CONTROLADOR DE CARGA DO TIPO *ON/OFF*

Aimé Fleury de Carvalho Pinto Neto – aimepinto@ufpa.br
Marcelo Pinho Almeida – marcelopa@ufpa.br
Wilson Negrão Macêdo – wnmacedo@pq.cnpq.br
João Tavares Pinho – jtpinho@ufpa.br
Grupo de Estudos e Desenvolvimento de Alternativas Energéticas – GEDAE, Faculdade de Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Pará

3.4 Outros Componentes de Sistemas Fotovoltaicos

Resumo. *Este trabalho apresenta o desenvolvimento de um controlador de baixo custo e reduzido auto-consumo, para o gerenciamento do processo de carga e descarga de baterias, empregadas em sistemas fotovoltaicos autônomos. Apresentam-se ainda o detalhamento de cada um dos blocos que constituem o controlador, uma estimativa de custo do mesmo, alguns resultados de testes preliminares de sua operação, bem como a fase atual de seu desenvolvimento.*

Palavras-chave: *Energia solar, Controladores de carga, Sistemas fotovoltaicos autônomos.*

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, os sistemas fotovoltaicos instalados estão voltados, em sua maioria, para a eletrificação rural e de localidades não atendidas pela rede elétrica, onde são utilizados isoladamente em residências e pequenos comércios ou conectados a outros sistemas, como o eólico e o diesel, formando sistemas híbridos.

Em sistemas fotovoltaicos autônomos de produção de eletricidade, a utilização de baterias é imprescindível, assim como dispositivos que controlem o fluxo de energia através delas a fim de prolongar sua vida útil. Esses dispositivos, conhecidos como controladores de carga, além de representarem uma pequena parcela do custo inicial de um sistema fotovoltaico, se desempenharem corretamente suas funções podem reduzir substancialmente os custos operacionais. Os controladores atuais são desenvolvidos com algoritmos de carga bem complexos e com diversas funções, várias delas na maioria das vezes nunca utilizadas, sem, contudo, apresentarem *setpoints* ajustáveis, sendo que seus valores fixos estão longe dos valores recomendados para as baterias de chumbo-ácido, que são as mais utilizadas na prática, devido ao seu custo mais baixo e disponibilidade no mercado. Além disso, a complexidade da eletrônica envolvida, devido à grande quantidade de funções, provoca um aumento do auto-consumo, do preço, da probabilidade de falhas e da dificuldade de manutenção.

Tendo em vista o exposto acima, este trabalho propõe o desenvolvimento de um controlador de carga simples e robusto, que desempenha o seu papel principal, que é o de proteger a bateria de descargas e sobrecargas excessivas, prolongando a sua vida útil e, conseqüentemente, reduzindo os custos operacionais do sistema. O trabalho faz uma abordagem das principais configurações e estratégias de controle existentes na literatura, do projeto e desenvolvimento do controlador proposto, da estimativa de custo, de alguns resultados operacionais, da fase atual do desenvolvimento, e conclusões sobre o protótipo.

2. CONFIGURAÇÕES E ESTRATÉGIAS DE CONTROLE

Os controladores de carga são dispositivos que atuam de forma a regular o fluxo da energia que entra e saí das baterias, aumentando sua vida útil, atuando no controle da tensão terminal do banco e protegendo-as de sobrecarga e descarga profunda. Os controladores de carga têm, normalmente, dois tipos de configuração construtiva, série ou paralela (*shunt*), e diversas estratégias de controle: *On*/*Off*, Tensão Constante, Corrente Constante, dentre outras. Normalmente, as estratégias que se utilizam de tensão ou corrente constante fazem uso de PWM (*Pulse Width Modulation*) para obterem um valor de tensão ou corrente médio fixo. Essas configurações e estratégias de controle estão resumidas na Fig. 1.

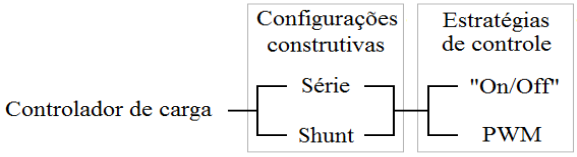

Figura 1 – Configurações e estratégias de controle de controladores de carga.

As configurações série e paralela diferenciam-se, basicamente, pela posição da chave que conecta os módulos às baterias. Na configuração série, a chave é colocada entre os dois subsistemas. Quando fechada, permite que os módulos entreguem corrente aos acumuladores, enquanto que aberta, ela impede esse fluxo de corrente. Já na configuração paralela, a chave é posicionada em paralelo, quando as baterias estão próximas de sua carga total, o arranjo fotovoltaico é curto-circuitado, e, conseqüentemente, isolado do restante do circuito. O curto-circuito pode afetar o sistema de acumulação, caso não haja um diodo de bloqueio para evitar que ele se descarregue. A grande vantagem da configuração série é que não existe a necessidade desse diodo, o que elimina a corrente de fuga reversa e diminui a queda de tensão e o aquecimento do circuito. A Fig. 2 mostra os diagramas esquemáticos das duas configurações.

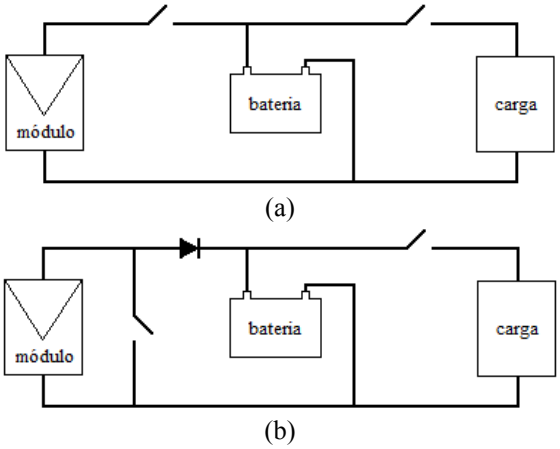

Figura 2 – Configuração série (a) e paralela (b).

A estratégia de controle mais simples é a *On*/*Off*, que consiste na atuação das chaves quando a tensão nos acumuladores chega a valores pré-determinados, conhecidos como ponto de ajuste (*setpoints*).

Quando o banco de baterias está sendo carregado pelo gerador fotovoltaico, sua tensão sobe e, ao atingir a Tensão de Corte (TC), o controlador interrompe a corrente de carregamento, desconectando os módulos. Com o uso da energia acumulada, a tensão decresce e ao atingir a Tensão de Reconexão (TR), a corrente de carregamento é restabelecida, através da reconexão do gerador.

O controle de descarga funciona de forma análoga: há uma Tensão de Desconexão da Carga (TDC) quando a carga é desconectada, sendo somente reconectada quando a bateria atingir a Tensão de Reconexão da Carga (TRC). Esses ciclos apresentam histereses, como ilustrado na Fig. 3.

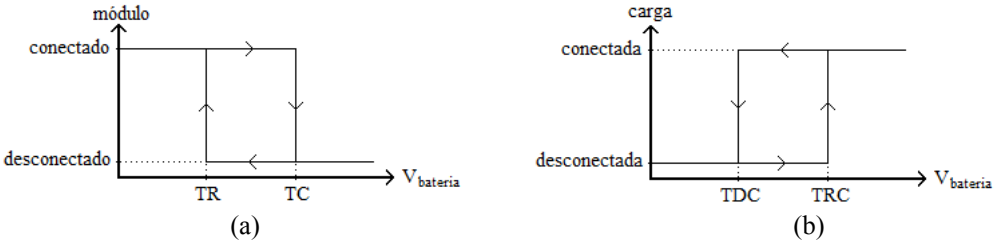

Figura 3 – Histereses de carregamento (a) e descarregamento (b).

A estratégia de controle de tensão constante, bastante usada hoje em dia, baseia-se, principalmente, no controle por PWM, onde as baterias são alimentadas por uma corrente pulsada, de forma a mantê-las em flutuação, fazendo com que não recebam mais energia do que são capazes de armazenar, como ilustrado na Fig. 4. A Tab. 1 faz um comparativo entre as estratégias de controle *On*/*Off* e PWM.

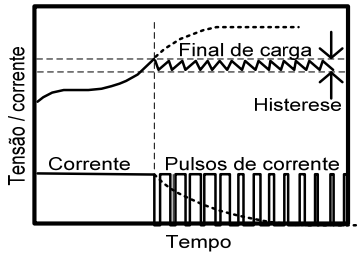

Figura 4 – Comportamento da tensão e da corrente nas baterias com controladores baseados em PWM.

Tabela 1 – Comparação entre a estratégia de controle *On*/*Off* e à tensão constante com PWM.

Configuração	Estratégia de Controle	Vantagens	Desvantagens
Série	*On*/*Off*	Simples, barato e confiável. Baixa dissipação de potência.	Dificuldade de carregar completamente as baterias
Paralela	*On*/*Off*	Simples, barato e confiável. Baixa queda de tensão através do controlador.	Dissipação de potência elevada. Necessidade de diodo de bloqueio. Pode causar pontos quentes em altas tensões. Dificuldade de carregar completamente as baterias.
Série ou Paralela	PWM	Redução da corrente de carga. Baixa dissipação de potência.	Mais complexo que o *On*/*Off*. Queda de tensão através do controlador. Sensível a interferências eletromagnéticas.

Fonte: Modificado de IEA PVPS (1998)

3. PROJETO E DESENVOLVIMENTO DO CONTROLADOR

O controlador de carga desenvolvido possui configuração série, devido às vantagens expostas anteriormente, e a estratégia de controle escolhida foi a *On*/*Off*, devido a sua menor complexidade e menor custo de produção. Suas especificações nominais são 30 A e 12 V, podendo-se elevar a corrente nominal trocando apenas alguns componentes, como o fusível, os MOSFET's e os cabos, por outros de maior capacidade de corrente.

Os *setpoints*, enumerados na Tab. 2, foram definidos para baterias automotivas, visto que elas são as mais utilizadas atualmente no Brasil.

Tabela 2 –*Setpoints* para baterias automotivas.

TC	TR	TRC	TDC
14,4 V	13,8 V	13,2 V	11,8 V

Optou-se por não utilizar um microcontrolador, uma vez que esse componente é relativamente caro, necessita de programação e dificulta a identificação de problemas. Para facilitar a localização de eventuais falhas e a substituição dos componentes com dispositivos comprados no comércio local (Belém/PA), o controle foi implementado com comparadores de tensão baseados em amplificadores operacionais. A Fig. 5 mostra o diagrama de blocos do controlador e a Fig. 6 o protótipo do controlador.

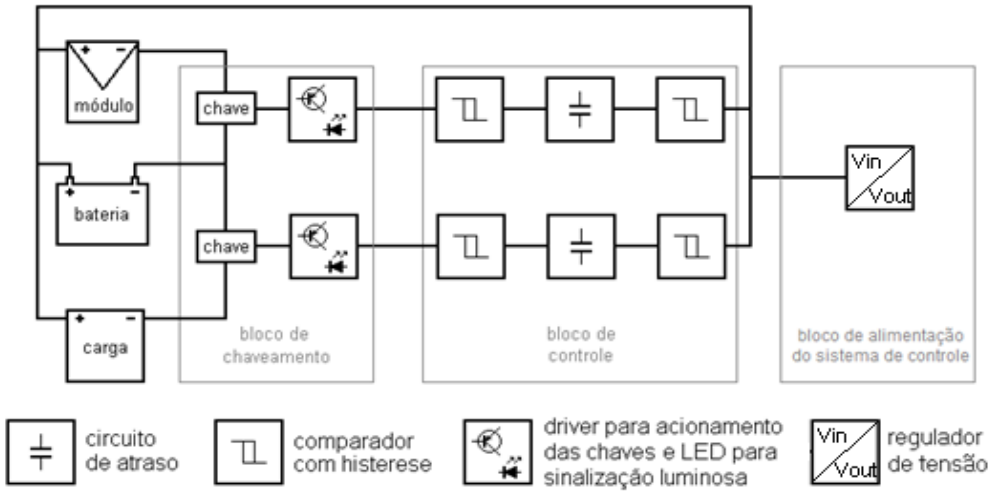

Figura 5 – Diagrama de blocos do controlador de carga desenvolvido.

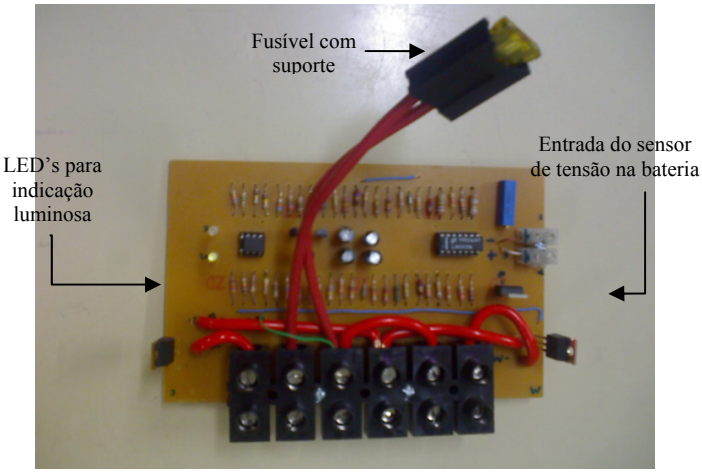

Figura 6 – Protótipo do controlador de carga.

Percebe-se que as chaves foram posicionadas nos ramos negativos e os pólos positivos foram curto-circuitados. Essa estratégia deve-se a uma característica funcional dos MOSFET's utilizados como chaves. Eles precisam de uma tensão porta-fonte (V_{GS}) bem maior que a tensão dreno-fonte (V_{DS}) para que as perdas por condução sejam mínimas. Colocando-se as chaves nos ramos negativos consegue-se estabelecer uma tensão $V_{GS} >> V_{DS}$ com mais facilidade.

As conexões por onde a corrente nominal deve atravessar foram todas feitas com cabo de cobre de 4 mm². Isso elimina o uso de trilhas de circuito impresso para conduzir altas correntes, o que diminui as perdas e o aquecimento do conjunto.

Para melhor compreensão, o controlador foi dividido em 3 blocos: bloco de alimentação, de controle e de chaveamento. Esses blocos são detalhados nos tópicos subseqüentes, apresentando-se suas funcionalidades.

3.1 Bloco de alimentação do sistema de controle

Neste bloco, o elemento central é um regulador de tensão ajustável, cuja tensão de saída foi regulada para 6 volts. A tensão de alimentação do regulador vem diretamente das baterias, e a tensão de saída precisa ser estável, pois os *setpoints* dependerão dela. A Fig.7 apresenta o diagrama esquemático do bloco de alimentação. Os resistores foram calculados seguindo as orientações fornecidas pelo fabricante do regulador para o ajuste da tensão.

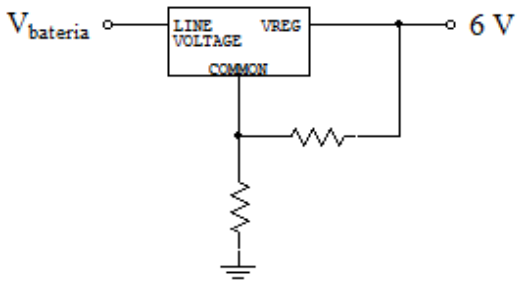

Figura 7 – Diagrama esquemático do bloco de alimentação do sistema de controle.

3.2 Bloco de controle

O bloco de controle pode ser considerado o mais importante, pois nele é feita a comparação da tensão do banco de baterias com os *setpoints* e o controle da atuação das chaves. O sinal de tensão das baterias é aferido por meio de um sensor conectado diretamente ao terminal positivo do banco de baterias, a fim de evitar erros provenientes de quedas de tensão nos cabos por onde passa a corrente nominal, e divido por três em um divisor de tensão composto por um *trimpot* de precisão. Essa divisão é necessária devido à alimentação do circuito de controle ser feita em 6 V, o que limita os valores de entrada dos amplificadores operacionais até essa tensão, sendo necessário, portanto, dividir por três o sinal da bateria e os *setpoints*.

Para comparar o sinal de tensão do banco de baterias com os *setpoints*, utilizam-se comparadores com histerese baseados em amplificadores operacionais. Devido à falta de equações para o comportamento desses comparadores, foi desenvolvido um sistema de equações para o cálculo dos resistores que integram o comparador. A Fig. 8 mostra a estrutura básica dos comparadores com histerese utilizados no bloco de controle.

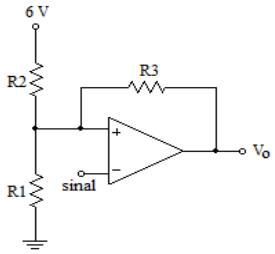

Figura 8 – Comparador com histerese.

Utilizando as leis de Kirchoff e considerando o amplificador operacional como ideal, chegou-se às seguintes equações, que constituem um sistema não linear:

$$V_{TH} = \left(\frac{V_{cc}}{R_2} + \frac{V_{OH}}{R_3} \right) \cdot \left(R_1 \| R_2 \| R_3 \right) \tag{1}$$

$$V_{TL} = \left(\frac{V_{cc}}{R_2} + \frac{V_{OL}}{R_3} \right) \cdot \left(R_1 \| R_2 \| R_3 \right) \tag{2}$$

$$V_{TH} - V_{TL} = \left(\frac{V_{OH} - V_{OL}}{R_3} \right) \cdot \left(R_1 \| R_2 \| R_3 \right) \tag{3}$$

Onde V_{cc} é a tensão de alimentação do circuito, no caso 6 V, V_{OH} é a tensão de saída de nível alto do amplificador operacional sem carga, V_{OL} é a tensão de saída em nível baixo do amplificador operacional sem carga, V_{TH} é a tensão de transição superior da histerese e V_{TL} é a tensão de transição inferior da histerese. Os comportamentos de V_{OH}, V_{OL}, V_{TH} e V_{TL} são apresentados na Fig. 9. O sistema pode ser resolvido através de métodos numéricos, e mostrou-se bastante eficaz nas simulações do comparador feitas com ferramentas computacionais de simulação de circuitos. Pode-se perceber a importância dos valores da tensão de saída do amplificador operacional na determinação das tensões de transição (*setpoints*) do comparador. Na presença de carga no amplificador operacional, essas tensões de saída caem, alterando significativamente as tensões de transição. Para evitar que isso ocorra, foram colocados resistores *pull-up* ligando as saídas dos amplificadores com a tensão de alimentação de 6 V, a fim de manter fixas as tensões de saída V_{OH} e V_{OL}, utilizadas nos cálculos.

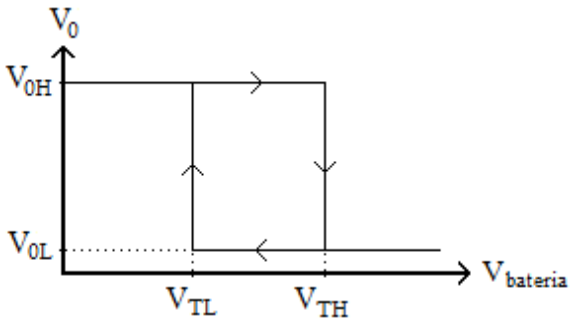

Figura 9 – Histerese de tensão.

Para cada estrutura de controle (carregamento e descarregamento da bateria) foram necessárias duas etapas de comparadores com histerese. A primeira etapa de cada estrutura compara o sinal de tensão nas baterias com os *setpoints* e a segunda etapa possui na entrada um capacitor que carrega quando a primeira etapa coloca sinal "alto" em sua saída e descarrega quando a saída está "baixa". O tempo necessário para o capacitor carregar e descarregar adiciona um atraso na saída da segunda etapa, e, conseqüentemente, na resposta do bloco de controle. A saída desse bloco só será realmente alterada se durante esse tempo de atraso a mudança de tensão no banco de baterias conservar-se.

Esses atrasos são necessários, pois caso ocorra um acréscimo abrupto de carga (durante o acionamento de motores, por exemplo) a tensão no banco irá cair bruscamente, mas posteriormente irá retornar a uma tensão superior. Variações bruscas momentâneas de tensão também podem ocorrer no desligamento de carga e na passagem de sombras sobre o gerador fotovoltaico, por exemplo. Por esse motivo, houve a implementação da segunda etapa de comparadores, que mudam de estado em determinados pontos da curva de carregamento e descarregamento do capacitor, pontos que foram ajustados para atrasar a resposta em aproximadamente dez segundos. A Fig. 10 mostra o diagrama esquemático do bloco de controle.

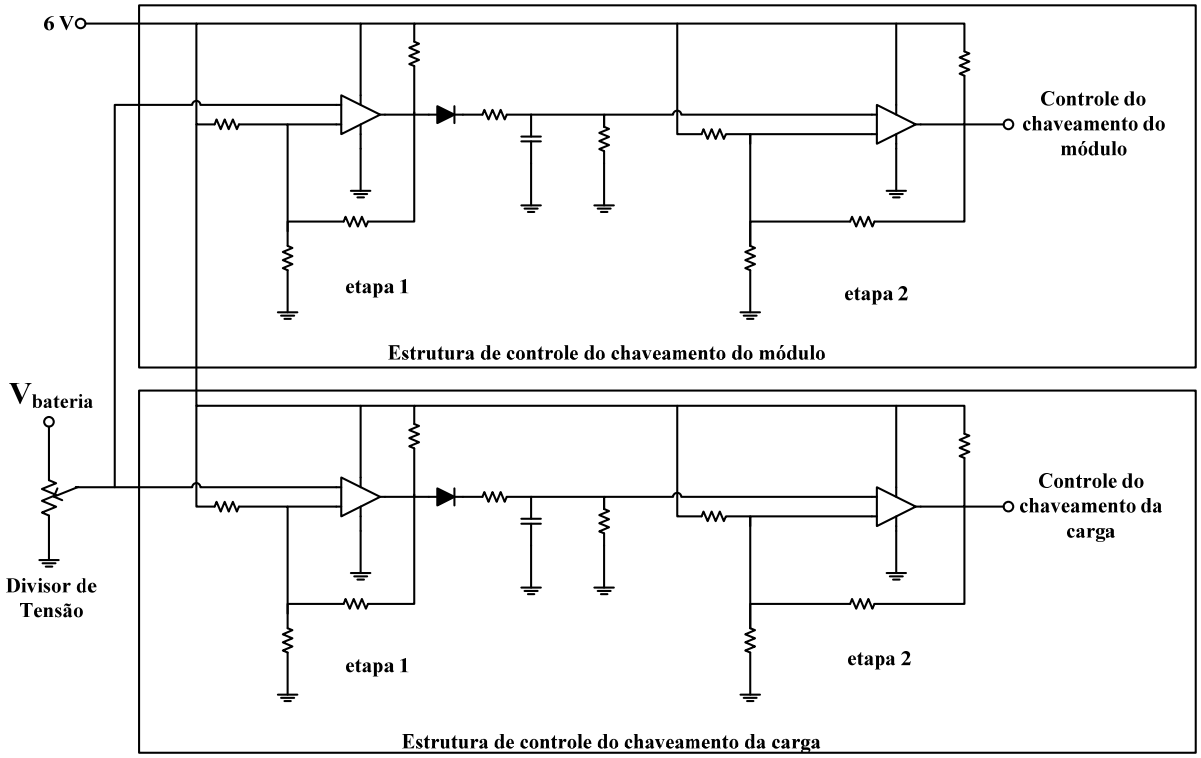

Figura 10 – Diagrama esquemático do bloco de controle.

3.3 Bloco de chaveamento

Esse bloco compreende os *drivers* dos MOSFET's e a sinalização (através de LED's) dos estados de carregamento da bateria. A Fig. 11 mostra o diagrama esquemático do bloco.

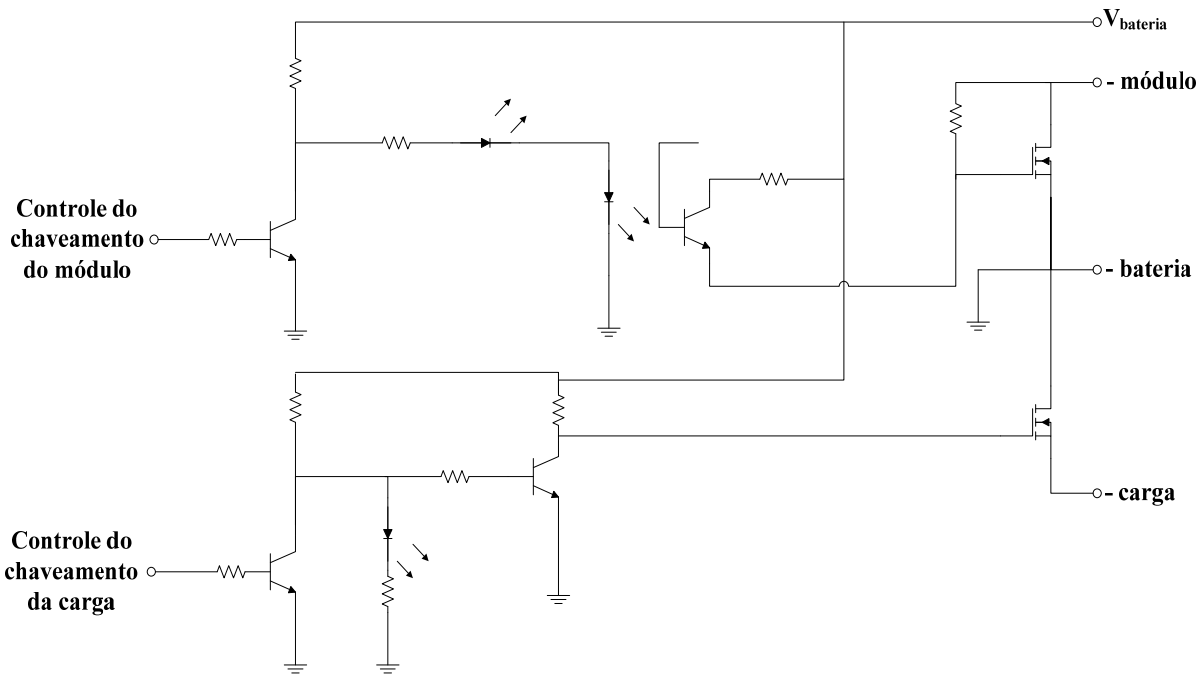

Figura 11 – Diagrama esquemático do bloco de chaveamento.

Os *drivers* dos MOSFET's são feitos com TBJ's e opto-acoplador configurados como chaves eletrônicas de forma a colocar o maior sinal de tensão possível, no caso a própria tensão da bateria, nas portas, para diminuir a perda por condução. Para cortá-los, basta aplicar um sinal igual à tensão na fonte. No MOSFET que chaveia a carga isso é uma tarefa simples, bastando conectar a porta ao ponto comum. Já naquele que chaveia o módulo, faz-se necessário conectar

sua porta ao terminal negativo do arranjo fotovoltaico, o que não foi possível com o uso de TBJ, devido a problemas de polarização. Dessa forma, utilizou-se um opto-acoplador como chave. Ao ser polarizado de modo a saturar, ele aplica na porta a tensão da bateria; ao ser cortado, permite que um resistor ligue a porta ao terminal negativo do arranjo.

Visando diminuir o consumo, apenas dois LED's foram incorporados aos *driver*s, a fim de sinalizar o estado de carregamento das baterias. A Tab. 3 resume o significado das indicações luminosas.

Tabela 3 – Interpretação da sinalização luminosa dos LED's.

	Ligado	Desligado
LED branco	Módulos conectados às baterias	Módulos desconectados das baterias
LED azul	Carga desconectada das baterias	Carga conectada às baterias

4. ESTIMATIVA DE CUSTO

Na avaliação da estimativa de custo levaram-se em consideração todos os componentes eletrônicos, a placa de circuito impresso, cabos de cobre, barra de sindal, solda e dissipadores. Custos com acabamento, mão-de-obra e insumos não foram incluídos. A Tab. 4 apresenta os resultados.

Tabela 4 – Levantamento de custo para o controlador de carga.

Item	Quantidade	Preço Unitário [R$]	Preço Total [R$]
Resistor	44 unidades	0,10	4,40
Trimpot de precisão	1 unidade	1,50	1,50
Regulador de tensão ajustável	1 unidade	3,00	3,00
Amplificador operacional (CI com 4)	1 unidade	1,00	1,00
Placa de circuito impresso	1 unidade	3,50	3,50
Solda	2 metros	0,70	1,40
MOSFET	2 unidades	4,00	8,00
LED	2 unidades	0,20	0,40
Opto acoplador	1 unidade	3,00	3,00
TBJ	3 unidades	0,30	0,90
Diodo	2 unidades	0,20	0,40
Capacitor	4 unidades	0,40	1,60
Barra de sindal (6 conexões)	1 unidade	2,00	2,00
Fusível com suporte	1 unidade	2,00	2,00
Fio de cobre 4 mm²	0,5 metro	1,70	0,85
Dissipador	2 unidades	2,50	5,00
		TOTAL	38,95

A Tab. 5 apresenta uma pesquisa de preço de controladores de carga realizada recentemente na *internet*, consultando páginas brasileiras, européias e americanas.

Tabela 5 – Pesquisa de preço de alguns controladores de carga comerciais.

Controlador	Especificações	Preço
Fabricante A (PWM)	12 V, 30 A	€ 165,00 (R$ 431,80*)
Fabricante B (PWM)	12 V, 22 A	U$ 99,00 (R$ 164,36**)
Fabricante C (PWM)	12, 24, 48 V, 30 A	R$ 715,00
Fabricante D (PWM)	12 V, 30 A	U$ 309,00 (R$ 513,00**)
Fabricante E (PWM)	12 V, 30 A	R$ 622,00

* A conversão para Real foi feita com € 1,00 = R$ 2,62, no dia 27 de maio de 2008, e não inclui taxas de transporte e importação.
** A conversão para Real foi feita com U$ 1,00 = R$ 1,66, no dia 27 de maio de 2008, e não inclui taxas de transporte e importação.

Comparando o custo do controlador desenvolvido com a pesquisa de mercado, percebe-se que ele tem um custo bem inferior ao dos outros controladores, entre 76 a 95 % a menos. Em parte essa diferença pode ser justificada pelo menor número de funções incorporadas, estratégia de controle e por não ter sido vinculado o custo com acabamento, dos impostos e demais encargos comerciais, inclusive o lucro. Entretanto, em muitas aplicações não se faz necessária uma grande quantidade de funções; logo, o uso de um controlador simples, robusto e com componentes encontrados no mercado nacional seria adequado.

5. RESULTADOS DOS TESTES

Para os testes do controlador foi montada uma bancada contendo uma fonte controlada de tensão e corrente (para simular os acumuladores ou o gerador fotovoltaico), uma bateria de 12 V nominal e 7,5 Ah, um banco de lâmpadas incandescentes alimentadas por um inversor de 1.500 W (para simular a carga), um osciloscópio digital para aferir os *setpoints*, voltímetros digitais, um amperímetro digital e um alicate amperométrico. Foram realizados quatro testes: o teste 1 com o controlador ainda montado no *Protoboard* e os outros já com o protótipo concluído. Nos três últimos, testaram-se separadamente o carregamento e o descarregamento da bateria. A Fig. 12 ilustra os esquemas de ligação para os testes.

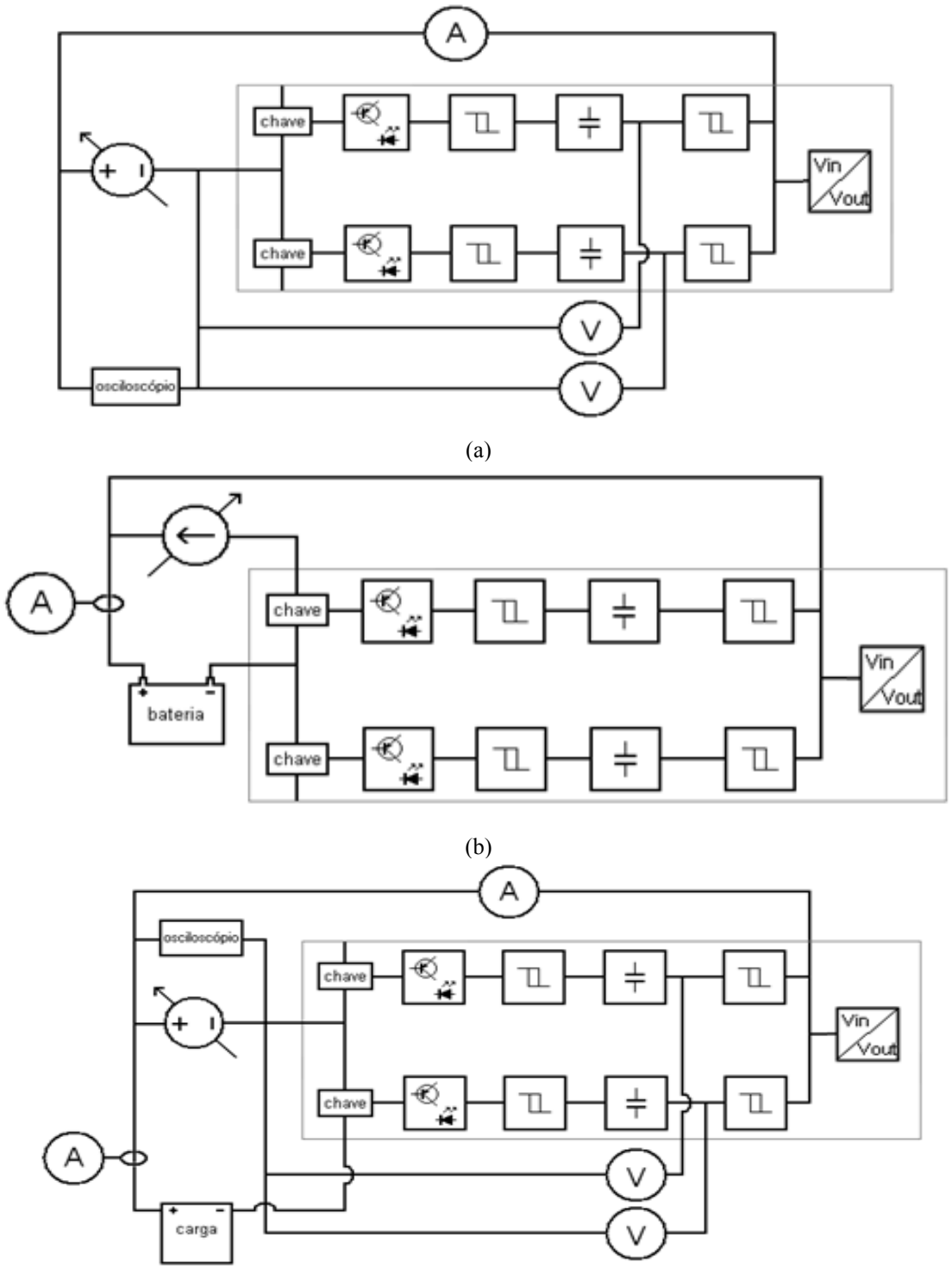

Figura 12 – Esquemas de ligações: (a) teste 1 e 4, (b) teste 2 e (c) teste 3.

Os voltímetros foram posicionados nas saídas das primeiras etapas de comparação, para visualizar o momento de transição sem a influência do atraso e aferir os *setpoints* com o osciloscópio ligado diretamente à fonte que simula a bateria.

No primeiro teste, foram aferidos os *setpoints* e os atrasos de controle e verificado se os *drivers* estavam funcionando corretamente, sem a preocupação de aplicar a corrente nominal. Para tal, utilizou-se a fonte de tensão variável para simular o banco de baterias. Os valores obtidos com o uso do osciloscópio para mensurar os *setpoints*, com o uso de um cronômetro para os atrasos, e um amperímetro digital para medição da corrente de auto-consumo máximo estão resumidos na Tab. 6.

Tabela 6 – Resultado dos testes 1, 3 e 4.

	Setpoint		Tensão (V)	Atraso (s)	Consumo máximo (mA)
Teste 1	Gerador FV	TC	14,38	7	4,65
		TR	13,78	13	
	Carga	TRC	13,23	9	
		TDC	11,83	10	
Teste 3	Gerador FV	TC	14,18	7,6	5
		TR	13,85	10,3	
	Carga	TRC	13,15	8,6	
		TDC	12	11,5	
Teste 4	Gerador FV	TC	14,17	8,6	5
		TR	13,76	10,6	
	Carga	TRC	13,15	8,6	
		TDC	12	13,1	

No segundo teste, já com o protótipo, objetivou-se avaliar o carregamento da bateria. Foram utilizadas uma fonte de corrente para simular o módulo, ajustada para 18 V em circuito aberto e com corrente limitada em 1 A, e uma bateria de 12 V e 7,5 Ah; essa capacidade foi escolhida visando à visualização do processo de carga em um tempo menor. Como a bateria estava praticamente carregada, pôde-se observar, através da sinalização dos LED's e da aferição de corrente com o uso do alicate amperométrico, a desconexão e a reconexão do módulo, com a presença do atraso. Nesse teste não foram aferidos os *setpoints* ou os valores dos atrasos.

No terceiro teste, aplicou-se corrente nominal no circuito bateria-carga. No teste, foram utilizadas uma fonte de tensão, simulando a bateria, regulada inicialmente em 13,5 V, e um banco de quatro lâmpadas incandescentes de 100 W alimentadas pelo inversor em 115 V. A corrente solicitada pelo inversor foi de 29,8 A. A tensão foi progressivamente variada, para mais e para menos, em passos de 0,01 V, até cobrir todos os estados possíveis de carregamento e descarregamento. Com o osciloscópio aferiram-se os *setpoints*, com um cronômetro os tempos de atraso, e com um amperímetro digital o auto-consumo máximo (Tab. 6). Finalmente, no quarto teste, foram repetidos os procedimentos do primeiro, e realizadas as mesmas aferições no protótipo desenvolvido.

A mudança dos *setpoints* do teste com o controlador montado no *Protoboard* (teste 1) para os testes com o protótipo deve-se, principalmente, ao fato de que foram usados novos resistores para a montagem deste último. Como resistores de precisão não foram utilizados, a mudança no valor das resistências reais provocou a alteração dos *setpoints*. Já o aumento do auto-consumo deve-se, basicamente, à mudança do tipo de LED utilizado. A diferença nos dados coletados nos testes 3 e 4 está associada à imprecisão do método utilizado para aferição, através de observação visual.

A Tab. 7 mostra os *setpoints* de alguns controladores existentes no mercado, bem como seus auto-consumos máximos.

Tabela 7 – *Setpoints* e consumos máximos de controladores comerciais.

Controlador	TC (V)	TR (V)	TRC (V)	TDC (V)	Consumo máximo (mA)
Fabricante A (PWM)	-	-	12,6	11,1	5
Fabricante B (PWM)	14,4	13	-	-	62,8
Fabricante C (PWM)	-	-	12,6	11,4	22
Fabricante D (PWM)	-	-	12,6	11,5	83
Fabricante E (PWM)	-	-	12,7	11,4	-

Além da maioria ter um alto auto-consumo, percebe-se que todos os controladores pesquisados estavam com TDC abaixo do valor recomendado (11,8 V) para uma profundidade de descarga máxima de 50%, tal como constatado experimentalmente na literatura (Oliveira, 2005). Nota-se que esses *setpoints* não estão adequados ao uso em baterias

automotivas de chumbo-ácido, uma vez que esse valor permite descargas excessivas, diminuindo significativamente a vida útil das baterias.

A avaliação de desempenho à longo prazo do protótipo desenvolvido está sendo feita com um sistema de monitoração, o qual utiliza uma placa de aquisição de dados ICP-DAS 1002, três transdutores de corrente, por efeito Hall, e um de tensão. Um *software* de aquisição de dados foi desenvolvido em LABVIEW para armazenar os dados de tensão e corrente para futuras análises

8. CONCLUSÃO

Em sistemas fotovoltaicos autônomos, o controle de carga e descarga dos acumuladores é de grande importância para a eficiência e durabilidade do sistema, o que implica em custos de operação e manutenção menores. Além disso, o custo inicial mais baixo também é vantajoso, principalmente em sistemas de pequeno porte. Este trabalho apresentou o desenvolvimento de um controlador de carga do tipo *On*/*Off* adequado as aplicações em sistemas fotovoltaicos autônomos de pequeno porte, que fazem o armazenamento da energia produzida em banco de baterias.

O controlador, simples e robusto, desenvolvido preza pela facilidade de construção e manutenção, e pode ser plenamente utilizado quando não houver exigências de controle mais complexo.

Os testes realizados com o controlador mostraram que o protótipo possui níveis máximos de carga e descarga adequados para as baterias automotivas de chumbo-ácido, bem como a simplicidade necessária para sua implementação com componentes disponíveis no mercado local, além de facilitar no processo de manutenção.

9. AGRADECIMENTOS

Este trabalho é baseado em estudos apoiados pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Cientifico e Tecnológico – CNPq - Brasil.

REFERÊNCIAS

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA), 1998, Recommended Practices For Charge Controllers: Use of PV Systems in Stand-Alone and Island Applications.

Oliveira, L. G. M., 2005. Estratégias de Controle de Carga e Descarga em Sistemas Fotovoltaicos, Dissertação de Mestrado, PIPGE, USP, São Paulo.

DEVELOPMENT OF AN ON/OFF-TYPE LOW COST CHARGE CONTROLLER

Abstract. *This paper presents the development of a charge controller with low manufacturing and maintenance costs and low self-consumption to manage the process of charging and discharging of batteries used in autonomous photovoltaic systems. It details each block which constitute the charge controller, its estimated cost, some results of preliminary operational tests, as well as the current development phase.*

Key words*: Solar Energy, Charge Controller, Autonomous Photovoltaic Systems.*