

## EMBARCAÇÃO SOLAR DE PEQUENO PORTE COMO OBJETO DE PESQUISA PARA O DESENVOLVIMENTO E DIVULGAÇÃO DO USO DE TECNOLOGIAS ASSOCIADAS À ENERGIAS LIMPAS

Flabio Alberto Bardemaker Batista <sup>107</sup>

Humberto Reder Cazangi<sup>108</sup>

Alexsandro Gehlen<sup>109</sup>

Arturo Manzoli<sup>110</sup>

Bruno Eduardo Ferreira<sup>111</sup>

Bruno Possamai Della Tomasi<sup>112</sup>

Gabriel Nascimento Garcez<sup>113</sup>

João Antônio Cardoso<sup>114</sup>

Marcio Antônio Augusto<sup>115</sup>

Natan Ogliari<sup>116</sup>

Nícolas Pacheco<sup>117</sup>

### RESUMO

<sup>107</sup>Doutor em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Santa Catarina, Professor do Instituto Federal de Santa Catarina. Email: flabio@ifsc.edu.br

<sup>108</sup> Doutorando em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal de Santa Catarina, Professor no Instituto Federal de Santa Catarina. Email: humberreder@ifsc.edu.br

<sup>109</sup>Graduando em Engenharia Mecatrônica pelo Instituto Federal de Santa Catarina. Email: alexsandrogehlen@gmail.com

<sup>110</sup>Graduando em Engenharia Eletrônica pelo Instituto Federal de Santa Catarina. Email: arturomanzoli@gmail.com

<sup>111</sup> Graduando em Engenharia Eletrônica pelo Instituto Federal de Santa Catarina. Email: brunoeduf@gmail.com

<sup>112</sup> Graduando em Engenharia Mecatrônica pelo Instituto Federal de Santa Catarina Email: della60@hotmail.com

<sup>113</sup> Graduando em Eletrotécnica pelo Instituto Federal de Santa Catarina.

<sup>114</sup> Graduando em Engenharia Eletrônica pelo Instituto Federal de Santa Catarina. Email: joao.maker@gmail.com

<sup>115</sup> Graduando em Engenharia Eletrônica pelo Instituto Federal de Santa Catarina. Email: marcioantonioaugusto18@gmail.com

<sup>116</sup> Graduando em Engenharia Eletrônica pelo Instituto Federal de Santa Catarina. Email: natanogliari@gmail.com

<sup>117</sup> Graduando em Engenharia Mecatrônica pelo Instituto Federal de Santa Catarina. Email: nicolaspacheco1995@gmail.com



Como proposta alternativa à veículos que popularmente utilizam motores a combustão de baixa eficiência e elevado impacto ambiental, este projeto busca estudar e desenvolver cada um dos componentes necessários para a construção de uma embarcação energeticamente eficiente, a fim de substituir a queima de combustíveis fósseis pela captação de energia solar por painéis fotovoltaicos. Abrangendo estudos em diversas subáreas da mecânica e elétrica, o barco solar de pequeno porte brevemente descrito neste artigo é desenvolvido para utilização em ralis nos quais toda a energia disponível para a propulsão dos veículos é proveniente da luz do sol. Buscando demonstrar a aplicabilidade dos veículos solares e promover o uso de tecnologias mais sustentáveis que primam pela eficiência energética, é apresentado o funcionamento de cada parte da embarcação, contendo a descrição dos principais dispositivos necessários para o controle, monitoração e segurança deste tipo de embarcação.

**PALAVRAS-CHAVE:** Energia Solar Fotovoltaica; Barco Solar; Energia Limpa; Eficiência Energética.

## 1 INTRODUÇÃO

Transformar a energia disponível em nosso ambiente em uma forma útil de força motriz vem sendo uma preocupação corrente entre os pensadores, inventores e pesquisadores no decorrer do tempo (DA SILVA, 2010; Fernandes, 2007). Formas mais e menos eficientes de se obter trabalho com a intenção de substituir a mão do homem têm sido desenvolvidas e empregadas na agricultura, arquitetura e indústria no decorrer dos séculos e, em decorrência da demanda energética crescente (DA SILVA, 2010; FERNANDES, 2007), vêm constantemente sendo substituídas por novos métodos e novas tecnologias.

A energia solar, forma primária de todas as outras disponíveis no planeta provê, dependendo do ângulo de incidência da luz, até 1000 Watts para cada um dos 255 trilhões de metros quadrados disponíveis de superfície iluminada no globo (JAYAKUMAR, P. 2009). O recente aumento do aproveitamento desta forma abundante e praticamente infinita de energia e o conseqüente desenvolvimento das tecnologias associadas à captação e processame

nto deste recurso representa um novo degrau evolutivo para a civilização colocando nas mãos dos atuais engenheiros e pesquisadores a honra e a responsabilidade de participar da construção deste novo patamar de mudança na geração e consumo energético.

## **2 MUDANÇA NA GERAÇÃO E CONSUMO ENERGÉTICO**

Oferecendo por convenção 746 Watts de potência, a tração animal substituiu a força do homem nas mais diversas atividades ao longo do tempo, e seus principais limitantes relacionados à fisiologia do animal tornaram a quantidade e a forma de entrada de energia nas máquinas um entrave ao desenvolvimento de tecnologias de produção em massa (BARRETA, 1988).

Formas subsequentes de obtenção de trabalho foram criadas aproveitando elementos naturais como a força eólica nos moinhos de vento e a energia potencial utilizada nas rodas d'água. Novamente, limitações nestes métodos e a dependência de elementos climáticos favoráveis como direção, intensidade dos ventos e volume de chuvas, limitava a quantidade e regularidade da energia disponível.

Um enorme aumento na entrada de energia nas máquinas foi proporcionado pelo desenvolvimento dos motores que transformavam energia térmica em energia mecânica (LUZ, 2013; FREITAS, 2012). Apesar dos altos níveis de energia produzidos por estas máquinas, a aplicação de seu trabalho a equipamentos industriais era perigosa e pouco confiável devido à fragilidade das caldeiras e a dificuldades na dosagem da saída de energia.

Sistemas de controle adicionais foram desenvolvidos e dispositivos como o acelerador inercial tornaram as máquinas à vapor seguras e aplicáveis à maioria das necessidades das indústrias (VILLAÇA, 2013). O aumento na disponibilidade de energia nas máquinas possibilitou o início de um período de expansão da indústria e na produção massiva de itens de consumo (FREITAS, 2012). Apesar das vantagens e dos avanços trazidos pelas máquinas à vapor, a eficiência energética desses sistemas era muito baixa (BRUNETTI, 2012), impelindo o desenvolvimento de novas e mais eficientes formas de geração de energia.

Em meados do século XIX foi iniciado o desenvolvimento dos motores de combustão interna (MCI) e dos motores elétricos. Ambos mais eficientes e mais fáceis de operar do que os métodos antecessores de geração energética (VILLAÇA, 2013), R. gest. sust. ambient., Florianópolis, n. esp, p.411-430, dez. 2015.

que foram gradualmente mudando a sociedade e gerando um significativo impacto no modo de vida no planeta.

Tendo como principal vantagem a portabilidade, os motores de combustão interna foram adaptados a máquinas já existentes, substituindo as formas anteriores de transformação de energia e possibilitando a redução do peso e do espaço necessário para motorizar mecanismos. Os MCI foram, no início do século XX, inclusive adaptados para uso em veículos anteriormente movidos por tração animal. Já os motores elétricos desenvolvidos neste período eram muito pouco portáteis devido à dificuldade de armazenamento da energia elétrica, e foram por consequência empregados na indústria substituindo os grandes motores centrais à vapor (FREITAS, 2012).

O impacto gerado na sociedade pelos benefícios tecnológicos dos motores de combustão interna popularizaram a aplicação de soluções que empregavam a queima de combustíveis fósseis e ocasionaram o consequente aumento na emissão dos gases resultantes desta queima. Em cento e cinquenta anos, a produção de MCI passou de algumas centenas para duzentos milhões de unidades anuais em 2010 (OEM OFF-HIGHWAY, 2015), saturando a civilização com as consequências do uso intenso destas formas de obtenção de energia.

Os novos engenheiros, expostos às tecnologias recentes de armazenamento, gerenciamento e transformação de energia, têm à sua disposição os elementos necessários para compor sistemas altamente eficientes energeticamente que conseguem alterar minimamente o ambiente utilizando recursos não finitos. Motores elétricos com rendimento na ordem de 96% (LOVATT, 1998), baterias poliméricas que armazenam grandes quantidades de energia e painéis fotovoltaicos que superam os 20,4% de eficiência (SUNPOWER, 2015) compõe o conjunto de ferramentas tecnológicas que estão à disposição para construção deste novo nível de geração e consumo energético.

De forma mais sustentável, os engenheiros que estão desenvolvendo as tecnologias hoje estão mais preocupados com o impacto causado pelas tecnologias anteriores, e tem as ferramentas tecnológicas para substituir as formas degradantes de obtenção e utilização da energia disponíveis até então.

### **3 EFICIÊNCIA DOS MOTORES**

Durante um processo de conversão de energia uma parcela desta é inevitavelmente desperdiçada na forma de calor, som ou vibração. Um dos desafios da tecnologia consiste em desenvolver sistemas cada vez mais eficientes que minimizem esta parcela indesejada, buscando assim relações energéticas unitárias de entrada e saída útil.

Conforme Çengel e Boles (2006), as eficiências típicas de MCI à gasolina estão na faixa de 26 à 30 % e para os MCI à Diesel, 40 à 60 %. Atualmente encontramos motores com níveis de eficiência superiores à 96 % (LOVATT, 1997), construídos de maneira muito mais compacta e leve, como pode ser visto na Tabela 1. Observa-se a grande diferença na relação potência/peso entre os MCI e motores elétrico com potências de saída semelhantes.

Tabela 1: Comparação entre motores elétricos e à combustão interna.

Modelo	Massa (kg)	Eficiência (%)	Entrada de energia (kW)	Saída de energia (kW)	Relação potência/peso (W/kg)
Audi TFSI 2.0T (gasolina)	86	~25	648	162	<u>871</u>
Remy HVH410 (elétrico)	8	~95	195	185	<u>1888</u>
HONDA GX390 (gasolina)	1,7	~23	37,6	8,7	<u>274</u>
NeuMotors 2230 (elétrico)	,8	~95	8,4	8,0	<u>10000</u>

Fonte: Elaborada pelos autores, 2015.

#### 4 AS UNIVERSIDADES E O DESAFIO SOLAR BRASIL

Inspirados nos ralis internacionais de barcos solares Frisian Solar Challenge (Holanda), Solar1 (Mônaco) e Solar Splash (EUA), o Desafio Solar Brasil (DSB) realiza etapas em cidades do litoral brasileiro, buscando promover (Figura 1) o uso e o desenvolvimento de soluções sustentáveis voltados às energias limpas e alternativas (DESAFIO SOLAR BRASIL, n.d.).

Figura 1 - DSB e sua importância na divulgação do uso de energias renováveis - Búzios/RJ

R. gest. sust. ambient., Florianópolis, n. esp, p.411-430, dez. 2015.



Fonte: GEM – UFRJ

Compostas principalmente por alunos e professores, as equipes (Figura 2) têm que desenvolver uma embarcação de acordo com regras estabelecidas pela competição, tendo como principal característica a utilização de somente uma fonte de energia para sua locomoção: captação da energia solar através de painéis fotovoltaicos. As regras (DESAFIO SOLAR BRASIL, 2015; SOLAR SPLASH, 2015; DONG ENERGY SOLAR CHALLENGE, 2014) destas competições especificam principalmente questões relacionadas com a segurança das embarcações, limitando uma série de questões técnicas como potência, tensões máximas, especificando cabeamento elétrico a ser utilizado, a necessidade de ventilação das baterias e também de isolamento hermético dos equipamentos elétricos/eletrônicos.

Diante de provas que testam resistência, velocidade e manobrabilidade dos barcos, os principais fatores para a performance são sua eficiência e seu grau de confiabilidade. O rali põe à prova também o gerenciamento interno - recursos humanos - destas equipes, que influencia diretamente na qualidade de seu trabalho, que por vezes precisam encontrar soluções enfrentando limitações técnicas e orçamentárias. Deste modo, a competição como forma de rali faz com que as equipes busquem soluções eficientes, robustas, preferencialmente de baixo custo e de âmbito sustentável, além de divulgar ao público em geral por meio de emissoras de televisão e portais de notícias tais como Rede Globo (Figura 3; GLOBO UNIVERSIDADE, 2013) Sportv (SPORTV NEWS, 2014), Fox Sports (Visão FOX, 2014) a disponibilidade e aplicabilidade das tecnologias de baixo impacto ambiental.

Figura 2 - Equipes de Santa Catarina: IFSC, UFSC – Florianópolis, UFSC – Joinville, UDESC - Joinville



Fonte: GEM – UFRJ

Figura 3 - Divulgação do uso de energias limpas pela Rede Globo durante do DSB 2013



Fonte: Rede Globo.

## 5 O PROJETO DO BARCO SOLAR

Reunindo os conhecimentos multidisciplinares dos alunos do Instituto Federal de Santa Catarina a equipe Zênite Solar (Figura 4) juntamente com os departamentos de Eletrônica, Mecânica e Elétrica desenvolvem o protótipo de uma embarcação movida a energia solar (Figura 5), com o intuito de desenvolver cada um dos elementos que compõe a embarcação. Análogo ao sistema energético de um país, neste sistema estão presentes as etapas de:

Geração, composto por um conjunto de painéis fotovoltaicos, responsáveis por transformar a radiação solar em energia elétrica.

Transmissão e distribuição, composto por uma primeira etapa de conversão de energia para níveis compatíveis com o consumo.

Gerenciamento e controle, composto por um computador de bordo que serve como interface entre o piloto e um circuito de controle de velocidade do motor.

Consumo de energia, composto por circuitos auxiliares responsáveis pela segurança e comunicação da embarcação, pelo motor e por consequência todo sistema mecânico acoplado ao eixo do motor, responsável pela propulsão da embarcação.

Figura 4. Equipe no box em 2014 (Búzios - RJ).



Fonte: GEM – UFRJ

Figura 5. Barco durante uma prova da competição DSB 2014 (Búzios - RJ).

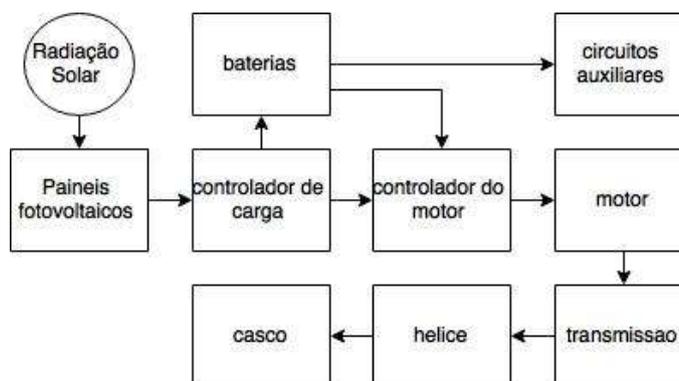


Fonte: GEM – UFRJ

A Figura 6 apresenta cada um dos itens acima sob o fluxo energético do sistema representado por flechas. Neste sistema, a entrada de energia se dá pela radiação solar incidente nos painéis fotovoltaicos. Para lidar com a variação da incidência solar, utiliza-se um banco de baterias. Tanto o banco de baterias quanto os painéis fotovoltaicos podem fornecer energia para a propulsão do barco, bem como para seus circuitos auxiliares e de controle. A maior parte da energia é utilizada para girar um motor que é controlado por um circuito chamado controlador do motor, capaz de

ajustar a velocidade de giro de seu eixo, ou seja, varia a potência em seu eixo. Acoplado ao eixo do motor tem-se uma transmissão mecânica até um hélice, que é o elemento final da propulsão. A performance geral do barco depende pôr fim do design e hidrodinâmica de seu casco.

Figura 6. Fluxo de energia no sistema da embarcação.



Fonte: Elaborada pelos autores, 2015.

## 6 SISTEMA ELÉTRICO/ELETRÔNICO

Um esquema detalhado da eletrônica presente no barco está descrito no Apêndice A, no qual pode-se notar blocos separados de cada placa desenvolvida pela equipe para o protótipo que participou da etapa DSB de 2014, que ocorreu em Búzios - RJ.

Seguindo o objetivo da equipe de desenvolver e dominar a tecnologia de cada elemento presente na embarcação, um controlador de carga otimizado para a operação nas condições específicas da embarcação estará em desenvolvimento através de um projeto de pesquisa realizado no IFSC com o nome de “Desenvolvimento de um Controlador de Carga Modular Aplicado à uma Embarcação Moviada a Energia Solar Fotovoltaica”.

Servindo como interface entre o piloto e os circuitos de segurança, botões em um painel de interface posicionado a frente do piloto controlam circuitos de segurança da embarcação, podendo ligar e desligar bombas de porão para a retirada de água em cada compartimento e ventiladores para o resfriamento dos circuitos eletrônicos. Além disso, pode controlar a quantidade de painéis fotovoltaicos que estão conectados ao sistema para proteção das baterias quando já estiverem com sua carga

já completa, contando também com a possibilidade de desconectar o motor do circuito por motivos de logística e segurança.

Para o piloto ter informações sobre o estado do sistema e poder gerenciar os recursos do sistema, tem-se um computador de bordo instalado no painel da embarcação (Figura 6), informando a potência de entrada e saída do sistema através de cálculos da tensão nas baterias e as correntes de entrada (dos painéis fotovoltaicos) e de saída (do motor e circuitos auxiliares). O piloto interage com o computador de bordo através de um *tablet* que se comunica via comunicação sem fio com um micro controlador adquire de dados por meio de um hardware específico. Outro fator que faz o computador de bordo um acessório importante é a armazenagem dos dados lidos e calculados durante as performances em arquivos no *tablet* disponíveis para futuras análises de desempenho.

O computador de bordo, que foi desenvolvido entre 2013 e 2014 por meio de um projeto de pesquisa realizado no IFSC nomeado de “Desenvolvimento de um Computador de Bordo para Pequenas Embarcações - Barco Solar” e os circuitos auxiliares, desenvolvidos em 2014, estão sob um projeto de melhoria que visa expandir a integração do piloto e a equipe com o sistema, incluindo telemetria para a equipe em terra, cálculo da velocidade, aceleração e incluir um sistema de controle que indique a autonomia do sistema. Todos os circuitos estarão micro controlados, de modo que a equipe poderá acessar durante as provas o estado de todos os dispositivos da embarcação, a fim de instruir o piloto sobre as melhores estratégias a serem tomadas durante as mesmas.

Graças a um projeto desenvolvido pela equipe em 2014 voltado ao controle do motor (Figura 7), por meio de um potenciômetro rotatório no painel, o piloto controla a velocidade de giro do eixo do motor, que resulta em um controle direto da potência entregue ao propulsor do motor. Utilizando uma topologia simples (Ponte H), eficiente (maior que 95 %) e robusta, implementada por meio de chaves eletrônicas (*mosfets*) com capacidade de altas correntes (400 A contínuos) controladas por variação na largura de pulso (PWM), o sistema permite que o piloto controle o sentido de giro do eixo do motor, fazendo com que a embarcação se desloque para frente e de ré com velocidade controlável.

Figura 7. Controlador do motor desenvolvido pela equipe em 2014



Fonte: Elaborada pelos autores, 2015.

## 7 SISTEMA MECÂNICO

Transformar energia solar em energia mecânica com o máximo de eficiência é um trabalho desafiador que demanda o desenvolvimento de elementos complexos e precisos para o casco e o sistema de propulsão. Os principais componentes mecânicos são descritos a seguir.

- Casco: Construído em fibra de carbono, pesando menos de 30 quilos e com 6 metros de comprimento, suporta mais de 200 quilos em equipamentos eletrônicos e mecânicos além do piloto, navegando com velocidade de até 11 nós (20,37 km/h) de forma segura e com o mínimo de arrasto na água e no ar.
- Sistema de propulsão, composto por um motor de corrente contínua, acoplamentos, elementos de fixação, engrenagens de transmissão e um hélice, garante que a maior quantidade possível de energia provida pelos painéis fotovoltaicos seja entregue à água pelo hélice, gerando o empuxo necessário para impelir a embarcação.
- Sistema de direção: Responsável por mudar a trajetória da embarcação, permite que sejam feitas manobras com agilidade e segurança.
- *Cockpit*: Habitáculo do piloto, contém os instrumentos responsáveis pelo monitoramento e controle dos sistemas eletrônicos e mecânicos, instrumentos de comunicação e segurança. Necessita ter boa ergonomia para evitar o desgaste físico excessivo do piloto em provas longas, geralmente com mais de três horas de duração.

## 7.1 Eficiência e performance do Sistema

O fluxo de energia da Figura 6 pode ser considerado para calcular a eficiência do sistema, que equacionado de modo simplificado, desconsiderando os circuitos auxiliares, a bateria e os painéis solares, pode ser representado pela Equação 1, de modo que pode ser observado mais claramente a dependência de cada parte para a eficiência geral do sistema.

O diagrama mostra a equação para a eficiência geral do sistema, representada como o produto das eficiências de cada etapa:

$$\eta_{\text{Geral}} = \eta_{\text{Painéis Fotovoltaicos}} \times \eta_{\text{Controlador de carga}} \times \eta_{\text{Controlador de motor}} \times \eta_{\text{Motor}}$$

Abaixo, há uma equação para a eficiência mecânica:

$$\eta_{\text{Mecânica}} = \eta_{\text{Transmissão}} \times \eta_{\text{Hélice}}$$

As equações são rotuladas como (1).

Para uma análise simplificada podemos calcular (Equação 1) a eficiência geral dos itens que já foram ou estão sendo estudados pela equipe, e compará-los com valores de eficiência baseados em modelos comerciais, a servirem como metas. A partir de uma razão entre a eficiência atual e a meta temos um valor de prioridade, do qual se pode interpretar a prioridade mínima como 1, significando que não precisa de melhoras, e interpretar a prioridade 0 como prioridade máxima. Deste modo este índice de prioridade de melhora indica em quais elementos a equipe deve se focar a fim de melhorar a performance da embarcação. A Tabela 2 apresenta o resultado desta análise.

Considerando a radiação solar incidente de  $1000 \text{ W/m}^2$  em quatro painéis fotovoltaicos que totalizam  $6,52 \text{ m}^2$ , temos aproximadamente  $6520 \text{ W}$  como potência de entrada no sistema.

O primeiro estágio de conversão de energia - os painéis fotovoltaicos - tem o menor rendimento de todo o sistema, transformando no máximo  $15,3 \%$  dos  $6520 \text{ W}$  incidentes nele, fornecendo aproximadamente  $1000 \text{ W}$  para o restante do sistema. No panorama da tecnologia atual (2015) são valores de rendimento amplamente encontrados no mercado, de forma que no DSB os painéis fotovoltaicos que são distribuídos para serem utilizados durante a competição possuem esta característica e não diferem da tecnologia disponível para uso doméstico, por exemplo. Nas regras do DSB (DESAFIO SOLAR BRASIL, 2015) e também das competições internacionais R. gest. sust. ambient., Florianópolis, n. esp, p.411-430, dez. 2015.

(DONG ENERGY SOLAR CHALLENGE, 2014; SOLAR SPLASH, 2015), há um limite máximo de potência de entrada no sistema, que no DSB tem sido 1000 W em painéis e 1000 Wh em baterias (DESAFIO SOLAR BRASIL, 2015). Esta limitação torna-se uma questão favorável no sentido de estimular o desenvolvimento de técnicas para melhor utilização da potência fornecida pelos painéis. Considerando estes 1000 W de entrada no sistema, 82 % (820 W ou aproximadamente 1,1 cavalos) são entregues ao eixo do motor.

Tabela 2: Eficiência das partes em relação ao ideal

<b>Elemento</b>	<b>Modelo</b>	<b>Eficiência (%)</b>	<b>Eficiência ideal</b>	<b>Prioridade de melhora</b>
Painéis fotovoltaicos	Yingli YL250P-29d	Até 15,4 <sup>(a)</sup>	Até 20,4 <sup>(b)</sup>	-
Controlador de carga	Tracer-4210RN	Até 97 <sup>(c)</sup>	Até 99 <sup>(d)</sup>	0,98
Controlador do motor	Projeto próprio	Maior que 95	Até 99 <sup>(e)</sup>	0,96
Motor DC	Motenergy ME0909	Até 89 <sup>(f)</sup>	Até 98,4 <sup>(g)</sup>	0,90
Eficiência elétrica (sem painéis)		Até 82	Até 94,8	-

Fonte: (a) Yingli (n.d.); (b) Sunpower (2015); (c) Epsolar (n.d.); (d) Aerl (2013); (e) KellyController (2012); (f) RobotMarketPlace (n.d.); (g) Marand Precision (2010).

Apesar de o sistema ser aparentemente pouco eficiente devido aos painéis fotovoltaicos, em boas condições climáticas é possível navegar (Figura 8) durante mais de quatro horas ininterruptas se utilizada a potência de saída ajustada o suficiente para uma velocidade média de 6 nós. Além disso, o barco que com os painéis e piloto pesa aproximadamente 285 kg chega a uma velocidade máxima de 8,4 nós se ajustado para a potência e rotação máximas do hélice.

Figura 8. Barco da equipe Zênite Solar (laranja) em navegação durante o DSB 2014



Fonte: GEM – UFRJ

## 8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

De forma mais consciente e com o pensamento voltado para a minimização do impacto causado pelas tecnologias de transformação energética, os novos pesquisadores imersos neste novo patamar utilizam as recentes tecnologias de geração fotovoltaica aliados a motores elétricos altamente eficientes para substituir as formas degradantes de obtenção, armazenamento e utilização da energia disponíveis até então.

Atuando como agente de incentivo e divulgação, eventos como o Solar1, Solar Splash e o Desafio Solar Brasil atraem a atenção de pesquisadores, alunos e instituições e divulgam para o público em geral a aplicabilidade, a eficiência e a beleza da utilização de formas não finitas de energia na propulsão de veículos presentes no nosso cotidiano.

A equipe Zênite Solar em parceria com o Instituto Federal de Santa Catarina visa o aprimoramento das tecnologias já implementas em seu barco, buscando por meio de testes, experimentos e pesquisas inovar e melhorar seus sistemas, colaborando para um maior aproveitamento energético e pela introdução de tecnologias mais eficientes na sociedade.

### **SOLAR BOAT WITH SMALL SIZE AS OBJECT OF RESEARCH FOR DEVELOPMENT AND DISCLOSURE OF THE USE OF TECHNOLOGY RELATED TO CLEAN ENERGY**

#### **ABSTRACT**

As an alternative to vehicles powered by low efficiency, internal combustion engines that cause high environmental impact, this project intends to study and design the necessary components to build an energetically efficient vessel in order to substitute the burn of fossil fuel by the electricity generated by photovoltaic panels. Covering researches in subareas of mechanical and electrical engineering, this small size solar boat briefly described in this article is developed to be used in rallies in which all the available energy to drive the vehicles comes from the sun light. To demonstrate the applicability of the solar powered vehicles and to promote the use of sustainable technologies that primes for energetic efficiency, the vessel is shown and described as also the main systems needed to control, monitor and secure this kind of vehicle.

**KEYWORDS:** Solar Photovoltaic Energy; Solar Boat; Clean Energy; Energy Efficiency.

## REFERÊNCIAS

Desafio Solar Brasil. n.d. O Desafio. [ONLINE] Disponível em:

<https://desafiosolar.wordpress.com/odesafio/>. [Acessado em 2 de julho de 2015].

Lovatt, H.C, Ramsden, V.S. and Mecrow, B.C. (1997). Design of an in-wheel motor for a solar-powered electric vehicle. IEE Proceedings - Electric Power Applications, 145(5), p.402.

Yingli. N.d. YGE 60 CELL SERIES 2. [ONLINE] Disponível em:

[http://d9no22y7yqre8.cloudfront.net/assets/uploads/products/downloads/DS\\_YGE60Cell-29b\\_35mm\\_EU\\_EN\\_201409\\_v03.pdf](http://d9no22y7yqre8.cloudfront.net/assets/uploads/products/downloads/DS_YGE60Cell-29b_35mm_EU_EN_201409_v03.pdf). [Acessado em 29 junho de 2015].

SunPower. 2015. E-Series Residential Solar Panels. [ONLINE] Disponível em:

<http://us.sunpower.com/sites/sunpower/files/media-library/data-sheets/ds-e20-series-327-residential-solar-panels.pdf>. [Acessado em 29 de junho de 2015].

Epsolar. N.d. Tracer-4210RN / 4215RN - INSTRUCTION MANUAL. [ONLINE]

Disponível em: <http://solarlab.se/solpanel/datablad/Tracer-4210RN.pdf>. [Acessado em 29 de junho de 2015].

R. gest. sust. ambient., Florianópolis, n. esp, p.411-430, dez. 2015.

Aerl. 2015. COOLMAX SR MAXIMIZER WALL MOUNT - Installation and Operational User Manual. [ONLINE] Disponível em:

<http://www.aerl.com.au/pdf/COOLMAX%20SR%20Wall%20Mount%20User%20Manual%20G2%20v4.pdf>. [Acessado em 29 de junho de 2015].

KellyController. 2012. Kelly KBL Brushless Motor Controller User's Manual. [ONLINE]

Disponível em: <http://kellycontroller.com/mot/downloads/KellyKBLUserManual.pdf>.

[Acessado em 29 de junho de 2015].

RobotMarketPlace. n.d. ME0909 Power Curve. [ONLINE] Disponível em:

<http://www.robotmarketplace.com/products/images/ME0909-PowerCurve.pdf>.

[Acessado em 29 de junho de 2015].

Marand Precision. 2010. High Efficiency Permanent Magnet Motor. [ONLINE]

Disponível em: [http://www.ata.org.au/wp-](http://www.ata.org.au/wp-content/uploads/marand_high_efficiency_motor.pdf)

[content/uploads/marand\\_high\\_efficiency\\_motor.pdf](http://www.ata.org.au/wp-content/uploads/marand_high_efficiency_motor.pdf). [Acessado em 29 de junho de 2015].

Desafio Solar Brasil. 2015. Regras de Competição. [ONLINE] Disponível em:

<https://desafiosolar.files.wordpress.com/2015/07/regras-do-desafio-solar-brasil-2015.pdf>. [Acessado 22 de julho de 2015].

Dong Energy Solar Challenge. 2014. Technical Regulations 2014. [ONLINE]

Disponível em:

<http://www.dongenergysolarchallenge.com/uploads/bestanden/pdf/Technical-regulation-2014-20juni2014.pdf>. [Acessado 22 de julho de 2015].

Solar Splash. 2015. Rules of SOLAR SPLASH®2015. [ONLINE] Disponível em:

[http://solarsplash.com/wp-content/uploads/2014/10/2015\\_Solar\\_Splash\\_Rules.pdf](http://solarsplash.com/wp-content/uploads/2014/10/2015_Solar_Splash_Rules.pdf). [Acessado 22 de julho de 2015].

OEM Off-Highway. 2015. 200 million internal combustion engines produced | OEM Off-Highway. [ONLINE] Disponível em:

R. gest. sust. ambient., Florianópolis, n. esp, p.411-430, dez. 2015.

<http://www.oemoffhighway.com/news/10573220/production-milestone-for-reciprocating-internal-combustion-engines-on-the-horizon> [Acessado em 11 de Julho de 2015].

Jayakumar, P. 2009. Solar Energy Resource Assessment Handbook: Asian and Pacific Centre for Transfer of Technology of the United Nations – Economic and Social Commission for Asia and the Pacific (ESCAP). [ONLINE] Disponível em: <http://recap.apcctt.org/Docs/SOLAR.pdf>. [Acessado em 29 de Junho de 2015].

Luz, M. L. G. S. 2013. Motores a combustão interna. [ONLINE] Disponível em: <http://wp.ufpel.edu.br/mlaura/files/2013/01/Apostila-de-Motores-a-Combust%C3%A3o-Interna.pdf>. [Acessado em 28 de julho de 2015].

Beretta, C.C, 1988. Tração animal na agricultura. 1st ed. São Paulo: NBL Editora. Desenvolvimento de um Computador de Bordo para Pequenas Embarcações - Barco Solar, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, 2013, agosto, Edital N° 19/2013/PRPPGI.

Desenvolvimento de um Controlador de Carga Modular Aplicado à uma Embarcação Movidada a Energia Solar Fotovoltaica, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, 2015, agosto. Edital N° 06/2015/PROPPPI.

Brunetti, Franco, Motores de Combustão Interna, Volume 1, 2012.

Villaça, Marco V. M, Silveira, Jony L. 2013. Uma Breve História do Controle Automático. [ONLINE] Disponível em: <http://ilhadigital.florianopolis.ifsc.edu.br/index.php/ilhadigital/article/view/49/44>. [Acessado 28 de julho de 2015].

Freitas, Pedro M. L, 2012. Protótipo de veículo elétrico. M.S. Escola Superior de Tecnologia de Tomar: Instituto Politécnico de Tomar. [ONLINE] Disponível em: <http://comum.rcaap.pt/handle/123456789/587>. [Acessado 28 de julho de 2015].

Fernandes, Carlos A.O, Guaronghi, Vinícius M. 2007. Unicamp - Energia Solar. [ONLINE] Disponível em: R. gest. sust. ambient., Florianópolis, n. esp, p.411-430, dez. 2015.

<http://www.fem.unicamp.br/~em313/paginas/esolar/esolar.html>. [Acessado 28 de julho de 2015].

Da Silva, Ennio P, Camargo, João C. 2010. Recursos energéticos, meio ambiente e desenvolvimento. [ONLINE] Disponível em:  
[https://www.multiciencia.unicamp.br/artigos\\_01/A4\\_SilvaCamargo\\_port.PDF](https://www.multiciencia.unicamp.br/artigos_01/A4_SilvaCamargo_port.PDF).  
[Acessado 28 de julho de 2015].

Globo Universidade. 2013. Desafio Solar Brasil incentiva o uso de fontes alternativas de energia. [ONLINE] Disponível em: <http://glo.bo/1dPuDR2>. [Acessado 28 de julho de 2015].

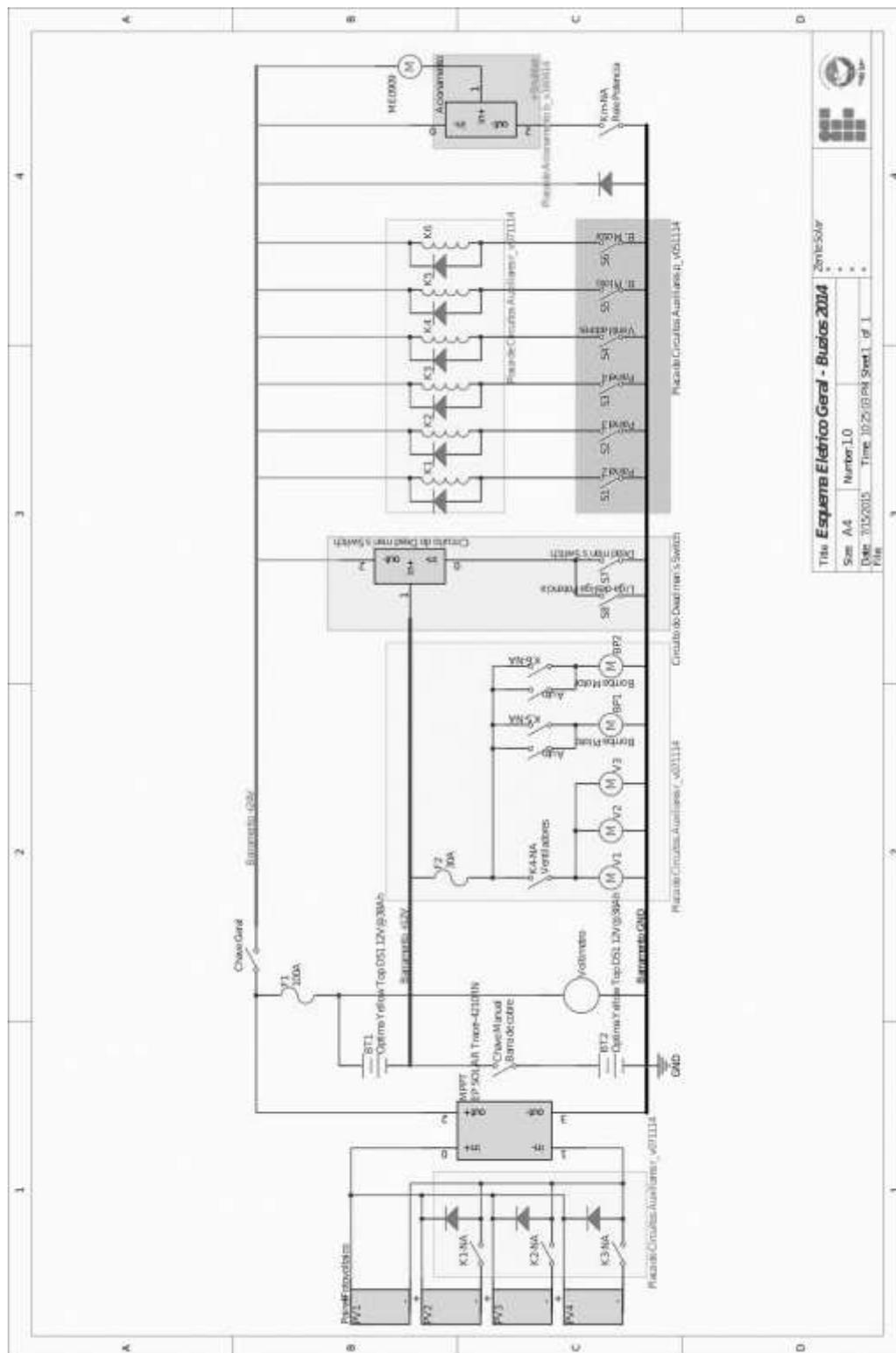
Sportv News. 2014. Búzios realiza prova náutica apenas com barcos movidos a energia solar. [ONLINE] Disponível em: <http://glo.bo/1sKnhkb>. [Acessado 28 de julho de 2015].

Visão FOX. 2014. Desafio Solar - Temporada 2014. [ONLINE] Disponível em: <http://www.foxplaybrasil.com.br/watch/374524483808>. [Acessado 28 de julho de 2015].

## **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina e à FAPESC (Chamada pública 04/2012 - T.O. 11.340/2012-9) pelo apoio financeiro para o desenvolvimento dos projetos e agradecem também aos realizadores do Desafio Solar Brasil por promover o uso e proporcionar a divulgação de tecnologias associadas à energia limpa.

Apêndice a - ESQUEMA ELÉTRICO DA EMBARCAÇÃO



APêndice B - DESENHO DO CASCO DA EMBARCAÇÃO

