

ESTUDO DA UTILIZAÇÃO DE PAINÉIS SOLARES PARA OBTENÇÃO DE ENERGIA ALTERNATIVA NA AERONAVE DESENVOLVIDA PELA EQUIPE URUTAU AERODESIGN.



Lucas Guimarães e Souza¹, Antonio Claudio Kieling², Cleidiney Correa Marinho³, Rogério Nonato Silva Lima Junior⁴, Victor Hugo Valente Ferreira Costa⁵, Amanda Ferreira Lima⁶, ShivaKamal Punjabi⁷.

^{1,2,3,4,5,6,7} Pesquisadores da Equipe Urutau Aerodesign da Escola Superior de Tecnologia, Universidade do Estado do Amazonas, Manaus-AM



Resumo

Neste artigo é apresentado o estudo sobre a viabilidade do uso da energia solar para o aumento da autonomia de voo dos VANTs. As análises são realizadas com base na aeronave desenvolvida pela equipe Urutau Aerodesign, utilizada na competição SAE Brasil Aerodesign 2014. O desempenho de voo da aeronave depende da seleção do perfil aerodinâmico, que precisa obedecer às características desejadas no projeto conceitual do avião. A escolha da geometria da asa, assim como suas dimensões são fatores que interferem significativamente na eficiência aerodinâmica.

A construção da asa precisa ser feita levando em consideração os materiais utilizados, para que sejam resistentes aos esforços solicitados e tenham uma baixa densidade, para tornar o avião o mais leve possível.

O estudo da instalação dos painéis é feito para que haja a menor interferência aerodinâmica possível, pois o acréscimo de força de arrasto na asa pode gerar perda de desempenho durante o voo.

Consequentemente, o estudo referente à eficiência energética produzida pelos painéis é realizado, levando em conta a disposição dos painéis na asa, que assumem a curvatura do extradorso do perfil aerodinâmico selecionado.

ABSTRACT

This paper presents a study on the feasibility of using solar energy for increased flight range of the UAVs. The analyses are performed based on the aircraft developed by the team UrutauAerodesign used in SAE Brazil Aerodesign 2014 competition.

The flight performance of the aircraft depends on the airfoil selection, which must obey the characteristics desired in the conceptual design of the aircraft. The choice of the geometry of the wing as well as its dimensions is a factor that significantly interferes with the aerodynamic efficiency.

The construction of the wings needs to be made considering the materials used, for them to be resistant to the required effort and have a low density, to make the aircraft as light as possible.

The study of the panels' installation is done so that there is the least possible aerodynamic interference because the increase of the drag strength in the wing can generate loss of performance during the flight.

Accordingly, the study relating to energy efficiency produced by the panels is performed, considering the layout of panels on the wing which take the curvature of the upper surface of the selected airfoil.

INTRODUÇÃO

Os VANTS (Veículos Aéreos Não Tripulados) estão sendo cada vez mais utilizados no mundo, pois realizam voos sem a necessidade de tripulação embarcada à aeronave, o que garante uma maior segurança física em missões específicas, permitindo voos a áreas de difícil acesso, que equipados com câmeras e sensores, possibilitando assim missões de monitoramento ou patrulhamento.

Porém essas aeronaves não são uma boa alternativa quando começamos a analisar a autonomia de voo. Os VANTS utilizados para monitoramento tem baixa duração de voo, impedindo assim acesso a áreas mais distantes, como ocorre na Amazônia por exemplo, onde existem imensas faixas territoriais e poucas pistas de pouso para reabastecimento ou recargas de aeronaves.

A autonomia das aeronaves necessita ser muito alta, pois são veículos que não alcançam elevadas velocidades durante o voo, tendo assim a sua área de alcance limitada. Logo abaixo são apresentados alguns modelos de aeronaves utilizadas para o patrulhamento aéreo, com suas respectivas autonomias de voo.

Tabela 1. Autonomia de Vants de monitoramento aéreo. Nesta tabela estão listados alguns modelos de aeronaves utilizadas para patrulhamento aéreo

Fabricante	Modelo	Autonomia de voo
AGX Tecnologia	AGPlane	3,5h
AGX Tecnologia	AGX Arara II	5h
Pioneers UAV's Inc	RQ-2 Pioneer	5h
FITEC Inovações	FITuav	1,5h
Northrop Grumman	RQ-4 Global Hawk	4h

O presente projeto vem em busca de soluções para o aumento da autonomia de voo, tornando assim viável o uso dessas aeronaves para o patrulhamento aéreo do território Amazônico. Uma das formas de se aumentar a autonomia é ganhar energia durante o voo, o projeto tem como objetivo o estudo da possibilidade de converter energia solar em energia elétrica para a aeronave, para isso serão utilizadas células fotovoltaicas que serão instaladas nas asas da aeronave, local de maior área exposta ao sol, possibilitando assim um ganho extra de energia gerando portanto, uma maior autonomia de voo.

O projeto tem, portanto como objetivos: Projetar e construir a asa para a aeronave da equipe Urutau; Realizar estudos sobre a minimização da influência aerodinâmica de painéis solares; Estudo sobre a eficiência energética dos painéis instalados no avião; Analisar os resultados sobre o estudo aerodinâmico e eficiência energética para checar a viabilidade do uso dos painéis.

Metodologia

O embasamento teórico, em referências especializadas em engenharia aeronáutica, se faz necessário para o esclarecimento da aerodinâmica de aviões, que é de fundamental importância para o projeto e construção da asa da aeronave em estudo.

O estudo da minimização de interferências aerodinâmicas causadas pela instalação dos painéis é realizado para que a adaptação da asa para a tecnologia, não seja prejudicial ao projeto inicial da

aeronave. A comparação de motores elétricos alternativos ao motor utilizado para a competição, O.S 61 FX, é feita para que se obtenha uma estimativa do consumo energético necessário para o voo da aeronave.

Uma pesquisa sobre a eficiência energética dos painéis disponíveis no mercado é feita para que seja feita a análise de viabilidade da adaptação da aeronave para a tecnologia de energia solar.

Seleção do Perfil

Segundo [1,2,3] o aerofólio é um perfil aerodinâmico especialmente projetado para produzir sustentação ou uma força útil ao voo e é utilizado na asa, hélice e empenagens. Tendo isso em vista, iniciou-se um estudo mais amplo para determinar o tipo de aerofólio que se enquadre dentro dos objetivos propostos pela equipe, que são: alta eficiência aerodinâmica, baixo coeficiente de arrasto (C_d) e coeficiente de momento (C_m) e alto coeficiente de sustentação (C_l).

Foram comparados três perfis distintos, que são citados em [3] como os mais utilizados pelas equipes participantes da competição SAE Aerodesign. Utilizou-se o diretório XFOILAnalysis no software XFLR5 para gerar os gráficos necessários para a comparação dos perfis.

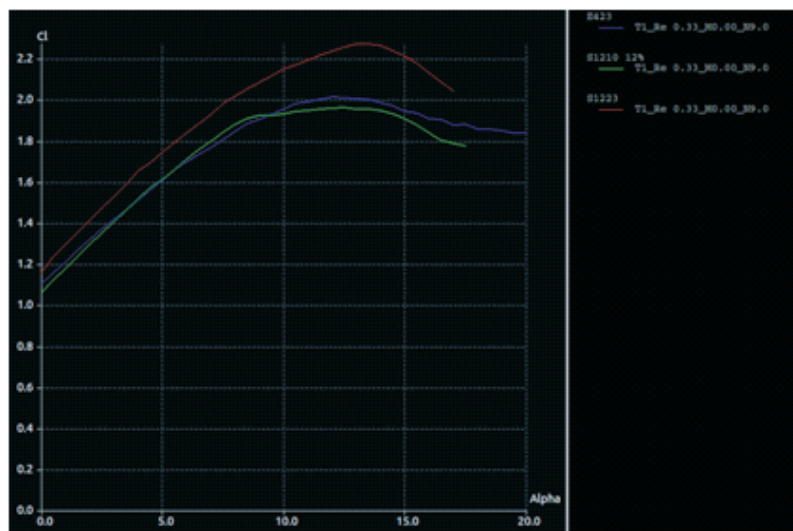


Figura 1. Gráfico $C_l \alpha$. Esse gráfico mostra a variação do coeficiente de sustentação em relação a variação do ângulo de ataque.

Segundo [2,3] é desejável obter-se os maiores valores de C_l para o gráfico mostrado na Figura 1, o coeficiente de sustentação C_l é responsável pela geração da Força de Sustentação, que é a força que contrapõe a força da gravidade, tornando possível o voo.

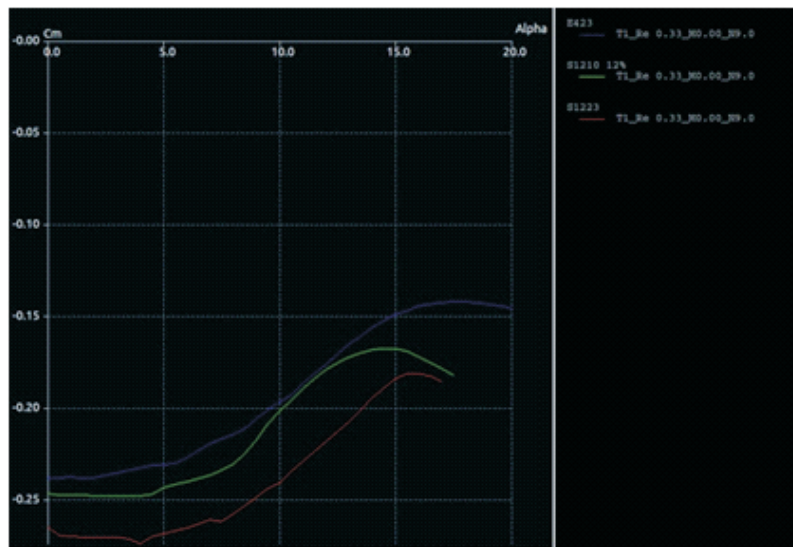


Figura 2. Gráfico Cm x α. Esse gráfico mostra a variação do coeficiente de momento em relação ao ângulo de ataque.

Segundo [2,3] a asa é um elemento desestabilizante da aeronave, isso se dá pelo momento gerado por ela, na maioria das aeronaves esse momento é anulado pelo profundor, que gera um momento oposto ao da asa. Portanto é desejável obter-se os menores valores para Cm.

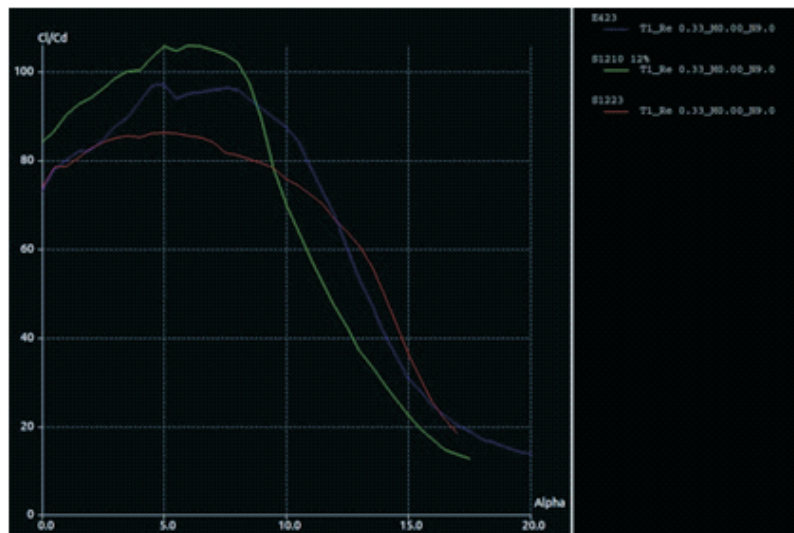


Figura 3. Gráfico Cl/Cd x α. Esse gráfico representa a variação da eficiência aerodinâmica em relação ao ângulo de ataque.

A relação Cl/Cd é conhecida como eficiência aerodinâmica, pois nos mostra razão entre o valor de sustentação gerada pelo valor de arrasto gerado pelo mesmo perfil. Para [1,2,3] os melhores perfis são os que atingem os maiores valores nessa comparação.

Após ter sido realizado o levantamento dos gráficos característicos aos três perfis em estudo, optou-se pela seleção do Eppler 423, pois ele possui os maiores valores para coeficiente de sustentação e momento, assim como valores intermediários para coeficiente de arrasto e eficiência aerodinâmica.

Geometria da Asa

Segundo [1,2,3] a forma geométrica compreende grande parte do resultado final de desempenho da aeronave. Existem três tipos de geometrias mais comuns que são as asas retangulares, trapezoidais e elípticas.

As formas trapezoidais e elípticas são consideradas asas de maior eficiência aerodinâmica para aviões, pois minimizam o efeito do vórtice de ponta de asa, que eleva os valores de arrasto nas aeronaves. A asa retangular é considerada a menos eficiente, pelo fato de não ser eficaz na minimização do vórtice prejudicando, portanto, o desempenho da aeronave durante o voo.

Porém o fator construtivo dessas asas também tem que ser considerado, as asas trapezoidais e elípticas são consideradas de difícil fabricação, pois necessitam muita precisão durante sua montagem. Considerando o primeiro ano de participação da equipe, a falta de experiência foi um fator crucial na determinação do modelo geométrico a ser construído, optando-se então pela asa retangular como sendo a de melhor opção no momento.

No regulamento da SAE Brasil Aerodesign[8] do ano de 2014 a área superior da aeronave era limitada em $0,775 \text{ m}^2$, que deveriam estar distribuídos entre a asa, a empenagem horizontal e a parte da fuselagem que não estivesse exposta pela asa.

De acordo com as limitações impostas pelo regulamento, o estudo aerodinâmico da equipe Urutau concluiu que a área máxima da asa seria de $0,6 \text{ m}^2$, que compreende uma envergadura de 2m e um tamanho de corda constante de 0,3m.

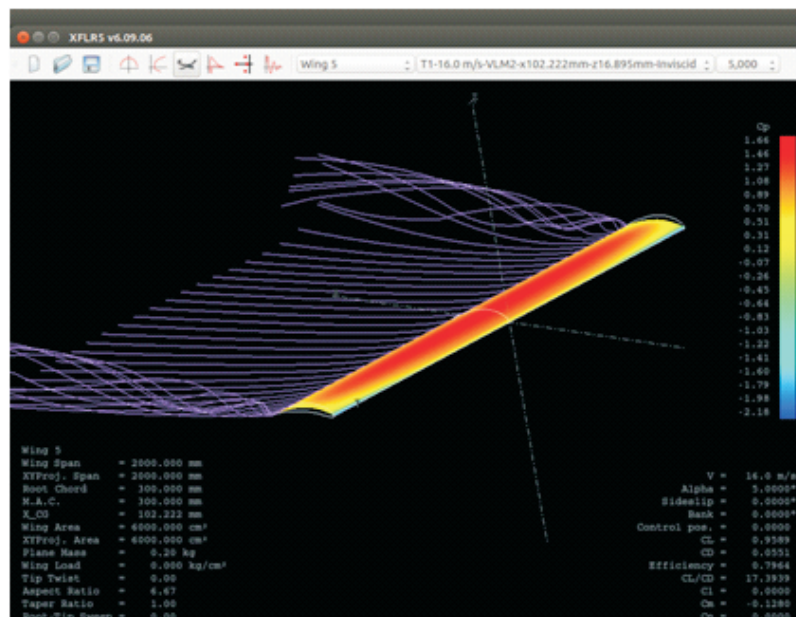


Figura 4. Asa da Equipe Urutau 2014. Na presente imagem podemos observar asa projetada pela equipe sendo simulada no software XFLR5.

Construção da asa

Segundo [1,3] o material selecionado para a asa deve garantir elevada resistência a esforços e possuir baixa densidade, para que a aeronave se torne mais leve. Muitas equipes de aerodesign optam, portanto, em construir a asa com nervuras de madeira Balsa e interliga-las a longarina.

Por motivos financeiros a opção de construção da asa com nervuras não foi viável para a equipe Urutau, a solução encontrada para a montagem da asa foi a utilização do isopor na estrutura, revestido

de fibra de vidro e resina Epox, para aumentar a resistência aos esforços atuantes durante o voo.

Para modelar o isopor ao formato do perfil Eppler 423 utilizou-se da técnica do corte elétrico. Onde um fio, aquecido através do efeito Joule, faz o corte do isopor, que tem gabaritos de madeira fixados na lateral, permitindo assim que o desenho desejado seja obtido.

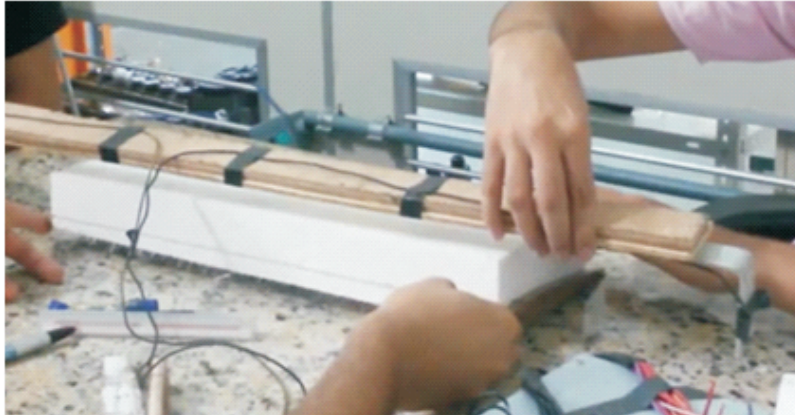


Figura 5. Construção da asa. Nessa imagem podemos observar a modelagem da asa utilizando-se a técnica do corte elétrico sobre o isopor.

Estudo da minimização da interferência aerodinâmica dos painéis solares

Para que o projeto aerodinâmico inicial da aeronave não seja alterado, no intuito de preservar ao máximo o desempenho de voo da aeronave. Para cumprir esse objetivo, o estudo sobre a instalação dos painéis foi realizado a fim de otimizar os resultados da pesquisa.

Segundo [4], as placas solares geram maior quantidade de energia quando instaladas em áreas mais expostas ao sol. Na aeronave da equipe Urutau a asa possui a maior área exposta ao sol, quando vista pela planta superior, com $0,6 \text{ m}^2$. Portanto essa é a região escolhida para receber os painéis solares.

Na atualidade, existem diversos modelos de placas solares disponíveis no mercado. Dentre as características, podemos destacar as placas rígidas, que são utilizadas em locais planos, e as placas flexíveis, que se moldam facilmente a forma da superfície onde estão aderidas. A asa segue o desenho do perfil Eppler 423, que não é plano, portanto a melhor opção para essa situação é a utilização dos painéis flexíveis.

Adaptação da asa para os painéis

Pelo regulamento da competição, a área da planta superior da aeronave não poderia ultrapassar $0,775 \text{ m}^2$. O projeto aerodinâmico da equipe estipulou uma área máxima de $0,6 \text{ m}^2$ para a asa, a área restante, $0,175 \text{ m}^2$, foi distribuída entre o profundor e a fuselagem da aeronave.

Segundo [2], para aviões subsônicos, 50% da força de sustentação atuante na asa está localizada no primeiro quarto da corda do perfil. Levando em conta essa característica, conclui-se que essa área não deva ter a interferência estrutural que seria necessária com a aplicação dos painéis.

As referências de aerodinâmica utilizadas mostram que o extradorso da asa precisa ser livre de imperfeições, para que o ar que é desviado pelo perfil tenha o mínimo de turbulência possível. Por esse motivo optou-se por fazer um rebaixo no perfil para que o painel seja instalado.

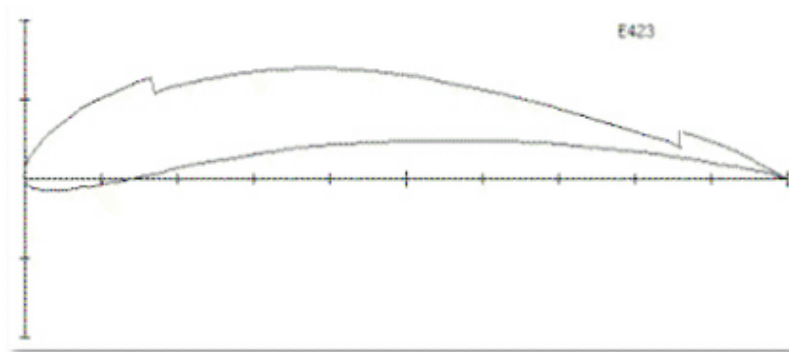


Figura 6. Rebaixo no perfil. O rebaixo é feito a partir do primeiro quarto da corda do perfil .

Descontando a área que não pode ser utilizada na asa, sobram aproximadamente 0,45 m² para a instalação dos painéis. Após todas as considerações aerodinâmicas a respeito da instalação dos painéis, realizou-se uma modelagem da asa no software Autodesk Inventor, afim de detalhar visualmente.

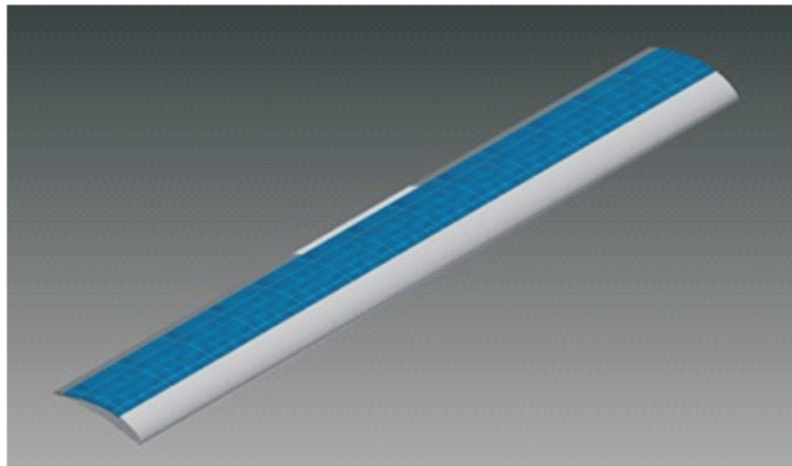


Figura 7. Modelagem da asa após a instalação dos painéis. Modelagem realizada através do software Autodesk Inventor.

Estudo sobre o desempenho energético dos painéis aplicados a asa

Primeiramente é necessário que um motor elétrico equivalente ao utilizado no projeto original da aeronave seja definido para o estudo. Pois para a competição utilizou-se o O.S 61 FX, que é um motor à combustão interna. Para que a aeronave seja beneficiada com a energia solar, o motor substituído deve atender às necessidades da aeronave, que são satisfeitas com o motor original do projeto.

Tabela 2. Motor OS 61 FX. Nesta tabela estão apresentadas algumas características do motor informadas pelo fabricante.

O.S 61 FX	
Cilindrada	9.95 cc (0.607 cu.in.)
Diâmetro	22.0 mm (0.866 in.)
R.P.M Prático	2,000 -17,000 r.p.m
Peso	550g + (156g) muffler = 706g
Potência	1417 W

Pesquisas foram realizadas a fim de ser fazer um levantamento sobre os motores elétricos com características próximas ao O.S 61 FX, informações sobre o consumo energético requerido desses motores também foram coletadas, para que seja possível analisar a viabilidade do projeto.

Tabela 3. Motores Elétricos. Nesta tabela estão apresentadas algumas características informadas pelos fabricantes.

Tumig G60-500kv	
Diâmetro	50 mm
R.P.M Prático	500 kv
Peso	360 g
Potência	1500 W
Tensão Máxima	25 V
Corrente Máxima	65 A
Tumig G60-400kv	
Diâmetro	50 mm
R.P.M Prático	400 kv
Peso	359 g
Potência	1009 W
Tensão Máxima	26 V
Corrente Máxima	40 A
Tumig G60-300kv	
Diâmetro	50 mm
R.P.M Prático	300 kv
Peso	359 g
Potência	1425 W
Tensão Máxima	26 V
Corrente Máxima	60 A

Realizou-se também uma pesquisa referente a diferentes fabricantes e modelos de painéis solares flexíveis. Todos os dados apresentados são informações disponibilizadas pelos fabricantes ou revendedores.

Tabela 4. Placas Solares. Nesta tabela estão apresentadas algumas características informadas pelos fabricantes.

Modelo	Eficiência	Potência	Área ()
Yingli YL250P29B	15%	250W	1,6335
CS6P-255P	16,6%	255W	1,6085
KD205GX-LP	16%	205W	1,485
AVP60	15,3%	250W	1,630
BIPV -300W	12,7%	300W	2,838

Na tabela 4 podemos observar também informações referentes à eficiência do painel fotovoltaico, que é dada pela conversão da absorção da energia solar pelas células fotovoltaicas em energia elétrica e conseqüentemente carregando a bateria do motor. O quão maior é a eficiência do painel fotovoltaico, mais Watts por metro quadrado o seu sistema fotovoltaico vai gerar. [7]

Atualmente, as células fotovoltaicas podem chegar a ter uma eficiência de 30%, porém a grande maioria possui uma eficiência entre 10% a 15% [6].

Fez-se então uma projeção da potência gerada pelos painéis para uma área de 0,45m², que é a disponível no projeto. Essa projeção é calculada pela equação a seguir, onde A_D representa a área disponível, P_p é a potência padrão da placa e A_p sendo a área padrão da placa.

$$P_D = \frac{A_D * P_P}{A_P}$$

Utilizando dessa equação para os modelos da tabela 4, montou-se a tabela 5, que nos informa a potência disponível, P_D, para a área delimitada nesse trabalho.

Tabela 5. Potência disponível. Nesta tabela estão apresentados a potência gerada em 0,45m².

Modelo	Potência disponível	Área ()
Yingli YL250P29B	68,87W	0,45
CS6P-255P	71,33W	0,45
KD205GX-LP	62,12W	0,45
AV P60	69,02W	0,45
BIPV -300W	47,57W	0,45

CONCLUSÕES

A adaptação do avião para a instalação dos painéis foi possível por alguns fatores, dentre eles pode-se citar a forma em que a asa foi construída, pois a sua estrutura maciça de isopor permite que a adaptação seja realizada sem grande complexidade. A solução estrutural para a minimização de interferências aerodinâmicas se mostra viável e eficaz.

As pesquisas realizadas sobre os motores apontam que o Turnig G60 300 kv é o que possui características mais próximas do O.S 61 FX, este requer 1425W quando alcança sua maior potência. Dentre os modelos de placas pesquisados, a que possui maior eficiência é a CS6P-255P, que para uma área de 0,45 m² é capaz de gerar 71,33W, um total de 5% da potência requerida pelo motor. Em asas com maiores áreas disponíveis, a relação eficiência é melhorada, para se gerar 10% da potência requerida, seria necessária uma área mínima de 0,9 m² para a instalação dos painéis.

Conclui-se portanto, que a utilização dos painéis solares na aeronave da equipe Urutau aumentaria no mínimo 5% sua autonomia de voo, para o caso do motor funcionar em potência máxima continuamente.

REFERENCIAS

- [1] ANDERSON, David F.; EBERHARDT, Scoot. Understanting FLIGHT. 2 ed. New York: McGraw-Hill. 2010.
- [2] ANDERSON, John David. Fundamentals of Aerodynamics. 3 ed. New York: McGraw-Hill. 2001.
- [3] MIRANDA, Luiz. Fundamentos da engenharia aeronáutica: Aplicações ao Projeto SAE-Aerodesign. Edição do autor. São Paulo. 2011.
- [4] SOLARTERRA. Energia Celular Fotovoltáica – Guia Prático. São Paulo.
- [5] LONGHITANO, George Alfredo. Vants para sensoriamento remoto: Aplicabilidade na avaliação e monitoramento de impactos ambientais causados por acidentes com cargas perigosas. São Paulo. 2011.
- [6] HINRICHES, R.A. Energia e Meio Ambiente. 1ª edição. São Paulo: Ed. Pioneira Thomson Learning, 2003. 543p.

[7] Portal Solar. Tipos de painel solar fotovoltaico. Disponível em:

<<http://www.portalsolar.com.br/tipos-de-painel-solar-fotovoltaico.html>>. Acesso em 19/05/2015

[8] Comissão Técnica da Competição. 16º Competição SAE Brasil de Aerodesign 2014. Revisão 02. 2014