

PROJETO DE E-FOIL PARA FABRICAÇÃO POR MANUFATURA ADITIVA

Rodrigo Teixeira N. Cerqueira¹; Valter Estevão Beal²; Rafael Tobio Claro³;

¹ Graduando em Engenharia Mecânica; Iniciação Tecnológica – SENAI CIMATEC;
rodrigo.cerqueira@aln.senaicimatec.edu.br

² Centro Universitário SENAI CIMATEC; Salvador-BA; valtereb@fiieb.org.br

³ Centro Universitário SENAI CIMATEC; Salvador-BA; rafael.claro@fiieb.org.br

RESUMO

Devido ao alto custo de produção e importação de *electric hydrofoils* (e-foils) muitas comunidades de amantes do esporte de surf por *foil* buscam a customização e produção própria de seus modelos, assim fora levantados requisitos mínimos necessários para adequação de um projeto feito para manufatura aditiva, os quais apresentam condições ideais para a produção desses produtos devido a sua liberdade geométrica de produção e diversidade de materiais aplicáveis. Desta forma, o projeto passou pela metodologia de projeto para manufatura aditiva, através de etapas esquemáticas e de constantes simulações estruturais e topológicas, para atingir os objetivos de redução de componentes, redução de massa e uma possível redução do valor final do produto e sua viabilidade técnica.

PALAVRAS-CHAVE: e-foil; manufatura aditiva; impressão 3D; otimização topológica;

1. INTRODUÇÃO

O *electric hydrofoil* (e-foil) tem se tornado cada vez mais popular, mas ainda assim é uma tecnologia inacessível para os adoradores do esporte de surf por *hydrofoil*, chegando a custar no mercado acima de 12 mil dólares. As tecnologias de *hydrofoil* têm sido desenvolvidas desde os anos 60, e por volta de 2017 houve a introdução comercial do e-foil.¹ As comunidades, principalmente as brasileiras, buscam a produção própria de seus e-foil's, visto que a compra do produto, somado as taxas de importação, concernem na necessidade de produção e customização própria dos seus usuários. Muitas vezes, o projeto e produção artesanais, levam a obtenção de produtos com baixa eficiência.

Um *hydrofoil* para surf é baseado em uma prancha com uma caixa estanque para eletrônicos, uma quilha que se alonga até certa altura chamada de mastro, ligados a uma fuselagem com asas, capazes de pela sua geometria, utilizar do empuxo natural das águas e com a inclinação e velocidade adequada, são capazes de erguer a prancha, caracterizando então o surf por *hydrofoil*.¹ Com o avanço da tecnologia nessa área, fora pensado no desenvolvimento e eletrificação desse processo, diminuindo os esforços manuais e necessidade tanto das habilidades do usuário, quanto das condições marítimas ou de suporte de movimentação para o pleno funcionamento do produto. Dito isso, através de um *housing* anexado no mastro, próximo a fuselagem, foi possível a implementação de um motor rotativo ligado a hélice capaz de gerar força suficiente, alcançando a velocidade necessária para suspender a prancha, independentemente das forças marítimas ou de suportes, tornando o agora chamado *electric hydrofoil* (e-foil) um produto mais independente e versátil.

A manufatura aditiva, ou impressão 3D, é um diferente meio de produção mais variada em relação a liberdade geométrica, redução da quantidade de peças, diferentes materiais empregados, otimização funcional, entre outras qualidades. E através do design de manufatura aditiva é possível alcançar a adaptação de modelos existentes para uma nova realidade de aplicação mais otimizada e eficiente.²

Portanto, pensando nas necessidades de constantes adaptações existentes para eletrificação do *hydrofoil*, foram levantados requisitos mais presentes em comunidades de DIY e aspirantes do esporte, para que houvesse adaptações com melhor eficiência e balanceamento de parâmetros, atingindo os objetivos de construção, e caso possível, o valor final do produto. O objetivo desse trabalho é a produção de um design para manufatura aditiva da caixa estanque, mastro e *housing*, componentes principais para adaptação de um *electric hydrofoil*

2. METODOLOGIA

A metodologia adotada para o estudo e design desse projeto foi baseada na metodologia de design para manufatura aditiva, que é capaz de permitir que o projetista enxergue além do tradicional e padrão utilizado para produção, montagem e uso de produtos, esse processo de fabricação oferece uma larga escala de opções geométricas, materiais e personalização, entretanto, devido a algumas desvantagens como a produção de propriedades anisotrópicas e necessidade de um pós processamento rigoroso³, fora pensado no desenvolvimento de design para manufatura aditiva, totalmente aplicável dentro da adaptação do *electric hydrofoil*.

O desenvolvimento do projeto depende de ferramentas de desenho assistido por computador (CAD), começa com um paralelo entre a pesquisa de materiais aplicáveis para a determinada situação a ser aplicada juntamente com a modelagem da geometria pensada para sanar as necessidades levantadas para o projeto em questão, logo em seguida são feitas análises de engenharia assistida por computador (CAE) para validação estrutural dos elementos presentes, que quando validados passam por integração no sistema a partir de montagem dos mesmos, observando seu comportamentos frente aos fluidos diante uma simulação fluidodinâmica quando necessário, validado novamente, temos a etapa de redução de massa quando aplicável, de forma que não altere a geometria externa para que o comportamento do arrasto não seja alterado quando aplicável, finalizando assim em uma nova análise estática para validação final do redesign

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

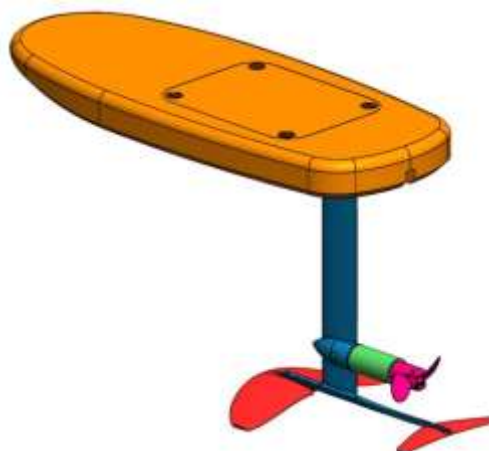
Como proposto na metodologia, o desenvolvimento contínuo de partes do electric hydrofoil, primeiramente o desenvolvimento do mastro se iniciou, trazendo assim a necessidade da escolha de um perfil simétrico de foil para que houvesse perda de arrasto causado pelo movimento, além de promover um equilíbrio e a geometria de trabalho acessível para os componentes internos deste, e graças as vastas interações possíveis através do design para manufatura aditiva, houve uma integração com um modelo de conexão com a prancha, que se estende de forma suave e se adapta a forma da prancha, por fim temos outra integração possível, realizada na interface com a fuselagem, tornando assim um único corpo, sendo possível visualizar em azul na Figura 1, ao realizar essas três adaptações, houve o cumprimento de um dos objetivos propostos pela metodologia, a redução da quantidade de peças. Após definição dos corpos e integração, houve análise CAE voltada para redução de massa utilizando o software *Altair Inspire* demonstrando sucesso ao analisar diferentes interações de peso no mastro integrado com o material *PEEK Carbon*, um super polímero com altas capacidades e de maior desempenho na indústria de impressão 3D, utilizando dados obtidos da *Roboze S.p.A.*, especialistas na aplicação e tecnologia desse tipo de material na manufatura aditiva.⁴

Sendo assim, passando para o desenvolvimento da housing, normalmente encontrado no corpo do mastro, se deu pela integração total do bico da case no corpo do mastro, sendo necessário apenas a fixação do corpo da case que envolve o motor (e os demais componentes ligados a hélice) através de um simples sistema de encaixe de presilhas. É necessário compreender que o housing diminui drasticamente o contato do fluido com os componentes de motorização, porém os mesmos já são bem vedados. O esquema montado do housing se resumia onde o motor já está inserido, com suas fiações atravessando o mastro indo de encontro com os outros dispositivos eletrônicos de alimentação, além do sistema de presilhamento presente para envolver o motor e fixar as hélices, demonstrado na Figura 1 em verde e rosa choque, respectivamente.⁵ O housing, junto ao mastro passou pela simulação de redução de massa, chegando ao resultado de 2,7 kg para o corpo completo de mastro, housing e fuselagem integrados, certificando uma proximidade com a média de E-foil's já existentes feitos por outros tipos de manufatura, tendo em média 2,2 kg.

Por fim, temos a elaboração do projeto da caixa estanque para dispositivos eletrônicos, sendo capaz de armazenar duas baterias de 12 a 14 células de LIPO ou Lithium, com 16000 mAh e um controle eletrônico de estabilidade (ESC), além disso deve constar com uma tampa superior que permita fácil abertura e fechamento da caixa, espaço para o cabeamento que irá alimentar o motor e por fim, alguns prensa cabos para melhor organização presente no estanque, esses foram os requisitos levantados para aplicação em projeto. Atráves do desenvolvimento CAD de uma prancha comum, um espaço foi planejado capaz de armazenar e contemplar os requisitos levantados além de promover o equilíbrio dos corpos através da movimentação do centro de massa do produto. Como parte do desenvolvimento, a tampa foi planejada para que fosse fixada através de manoplas que ao girar, fixariam devido a limitações geométricas, além de apresentar um formato elíptico, permitindo uma aplicação de *O'rings* para vedação interna dos componentes eletrônicos quanto ao meio externo.

Depois de concluir a estrutura interna dos componentes eletrônicos, o próximo desafio foi adaptar uma prancha de 1500 mm para ser fabricada por manufatura aditiva. Para isso, foi necessário criar seções internas estratégicas na prancha para otimizar o processo de fabricação. A seção foi escolhida com base no comportamento da prancha quando submetida a baixas tensões e deformações, e foi dividida em *lattices* internos usando software de modelagem 3D. Esses *lattices*, conhecidos como *lattice voronoi*, ajudam a distribuir a rigidez de forma uniforme pela prancha. Para garantir a força necessária, foram realizadas simulações usando pontos de aplicação que simulavam a posição neutra usada em esportes de surf, com uma carga total de 300 kg. O resultado final foi uma prancha de apenas 6,4 kg, com um engate mecânico por rasgo de andorinha e reforços adicionais aplicados durante o processo de pós-processamento, sendo o produto final destacado em laranja, na Figura 1. Para facilitar a produção, foram adicionados suportes e o processo de fatiamento também foi aprimorado.⁶ O resultado foi um novo meio de manufatura com redução de componentes e massa. A montagem final pode ser vista na Figura 1 a seguir.

Figura 1 – Montagem Final Design E-Foil for Additive Manufacturing



Autoria própria.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento de um projeto de design por manufatura aditiva é um desafio. Apesar das amplas possibilidades de geometria que podemos atingir, muito se trata dos requisitos do projeto, seleção de material e condições de uso, foram gerados cerca de 10 submontagens para atingir e satisfazer as soluções apresentadas anteriormente. A modelagem final da solução atende em sua maioria os requisitos levantados para o projeto, os materiais compósitos de super polímeros ainda são pouco acessíveis e de custo elevado, o design visa diminuir também os custos finais do produto, caso esse design em questão seja produzido em larga escala, pode haver um balanceamento acerca do custo benefício final do consumidor.

O produto demonstrou a possibilidade de ser manufatura com as novas tecnologias, mas se faz necessário a produção e testes desses elementos, principalmente em seus comportamentos fluidodinâmicos, para que possa satisfazer totalmente.

Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer a empresa HP Brasil Indústria e Comércio de Equipamentos Eletrônicos Ltda, SENAI CIMATEC, nTopology e Altair do Brasil. Este projeto foi custeado pela HP Brasil utilizando recursos baseados na lei #8.248 de 1982 (Lei da Informática).

5. REFERÊNCIAS

- ¹Flood, Zach; Potter, Nick; Sava, Wesley; e Walker, Trent, "Electric Hydrofoil Board" (2021). *Teses Superiores de Engenharia Mecânica*. 106.
- ²GIBSON, Ian et al. Design for additive manufacturing. In: Additive manufacturing technologies. Springer, Cham, 2021. p. 555-607.
- ³Stroetzel, Merten. FOIL.zone, foil.zone/. Accessed 10 June 2021.
- ⁴O'CONNOR, Heather J.; DICKSON, Andrew N.; DOWLING, Denis P. Evaluation of the mechanical performance of polymer parts fabricated using a production scale multi jet fusion printing process. Additive Manufacturing. Dublin, Volume 22, p. 382-387, ISSN 2214-8604, <https://doi.org/10.1016/j.addma.2018.05.035>. 2018.
- ⁵White, J, Maung, P, David, M, Phillips, A, St John, N & Prusty, G 2017, 'Hydrofoil Manufacture with Automated Fibre Placement', in UNSW, Sydney, pp. 773–781, accessed from .
- ⁶DIZON, John Ryan C.; GACHE, Ciara Catherine L.; CASCOLAN, Honelly Mae S.; CANCINO, Lina T.; ADVINCULA, Rigoberto C.. Post-Processing of 3D-Printed Polymers. Mdpi. ., p. 1-37. ago. 2021
ISSN 0805-2010 – *Anuário de resumos expandidos apresentados no VIII SAPCT - SENAI CIMATEC, 2023*