

A TECNOLOGIA BIOMIMÉTICA E SUAS POSSÍVEIS APLICAÇÕES NA CONFEÇÃO DE PRANCHAS DE SURF

William Cohen Cole (IC) e Juliana Bertolini (Orientadora)

Apoio: PIBIT Mackenzie

RESUMO

Este projeto de pesquisa teve como intenção levantar tecnologias já existentes baseadas na biomimética, mais especificamente na área da hidrodinâmica natural e avaliar as possibilidades de aplicação na confecção das pranchas de surf, afim de desenvolver o seu desempenho, pois este ramo está em ascensão no mercado mundial. A biomimética é um campo da ciência onde se realizam estudos sobre seres vivos afim de entender como a natureza supera certos obstáculos. A natureza possui um conhecimento milenar que busca a maior eficiência com o menor esforço, com o passar do tempo tais soluções foram se agregando aos seres vivos através de milhões de anos de evolução genética. Foram realizadas discussões com profissionais das áreas de hidrodinâmica e produção de pranchas de surf, sobre os dados obtidos pela pesquisa, foi então decidido que as tecnologias mais viáveis de se adaptar ao processo de fabricação das pranchas de surf seriam a geometria e dimensão das escamas dos tubarões, que entram no campo de modificações de superfície, e as protuberâncias das barbatanas das baleias que entram no campo de modificações da forma. Foram discutidos também quais seriam os próximos passos a serem tomados para dar prosseguimento ao desenvolvimento de uma prancha de surf mais eficiente. Para além das pesquisas teóricas, fizemos algumas tentativas de elaborar modelos e testes com recursos que tínhamos acesso, todavia pudemos verificar que, para fazermos testes de fato eficientes, seriam necessários maiores investimentos, fora de nosso alcance.

Palavras chave: Surf, Biomimética, Hidrodinamica.

ABSTRACT

This research project was intended to raise already existing technologies based on biomimetics, more specifically in the field of natural hydrodynamics and evaluate a possible application in the manufacture of surfboards in order to develop his performance, because this branch is rising on the world market. Biomimetics is a field of science where are realized studies of living beings in order to understand how nature overcomes certain obstacles. Nature has a ancient knowledge that seeks a greater efficiency with the least effort, with the time skip such were solutions aggregating to living beings through genetic evolution of millions of years. Were performed discussions with professionals from the fields of hydrodynamics and surfboards production, about the data obtained with the research was then decided that the technologies more feasible to adapt the manufacturing process of surfboards would be a

geometry and size of scales of sharks, which took on surface modifications of the field, and as lumps of fins of whales took the field of shape change. Were also discussed what are the next steps to be taken to continue the development of a more efficient surfboard. Beyond the theoretical research, we have made some attempts to develop models and tests with resources that we had access, but we check that, to do efficient fact tests would required largest investments, out of our reach.

Keywords: Surf, Biomimicry, Hydrodynamics.

INTRODUÇÃO

Este projeto de pesquisa teve como intenção levantar tecnologias já existentes baseadas na biomimética mais especificamente na área da hidrodinâmica natural e avaliar as possibilidade de aplicação na confecção das pranchas de surf afim de desenvolver o seu desempenho.

Ao combinar 12 anos de experiência no ramo do surf, convivendo com surfistas e shapers (produtores de pranchas), aliado ao ponto de vista de um designer, adquirido durante o curso de desenho industrial, realizado na Universidade Presbiteriana Mackenzie, acabei por me questionar por que as pranchas de surf sofreram poucas alterações de forma, material e superfície em sua jornada evolutiva como produto de uso cotidiano para muitos.

A partir de então comecei a pesquisar sobre o tema. Através da minha professora orientadora Juliana Bertolini conheci o campo da Biomimética, onde se realizam estudos afim de entender como a natureza supera certos obstáculos. As soluções propostas pela natureza são frutos de milhões de anos de evolução, podendo assim alavancar evoluções tecnológicas em diversas áreas.

Atualmente as pranchas de surf vêm ganhando cada vez mais relevância no mercado. As primeiras pranchas fabricadas eram grandes, pesadas e feitas com madeira (fig.1), atualmente elas são produzidas em um bloco de espuma de poliuretano ou poliestireno, com uma longarina de madeira e possuem um acabamento em fibra de vidro e resina, porém o formato do fundo da prancha (parte que desliza sobre a água), sofreu apenas uma única inovação, a adição de canaletas em baixo relevo (fig. 2).

Pensou-se ser possível desenvolver tecnologias a partir da observação da natureza para aumentar o desempenho desse produto.



Fig.1- Pranchas antigas de madeira.



Fig. 2 - Prancha com canaletas na rabeta.

REFERENCIAL TEÓRICO

“Biomimética é uma nova forma de visualização e valorização da natureza, baseada não no que podemos extrair do mundo natural, mas sobre o que podemos aprender com ele”. (BENYUS, 2008).

A biomimética consiste na procura de soluções para problemas de todos os tipos, através de estudos relacionados a seres vivos, que já resolveram problemas relacionados à sua própria existência.

A natureza possui um conhecimento milenar que busca a maior eficiência com o menor esforço, com o passar do tempo foi se agregando aos seres vivos através de milhões de anos de evolução genética. Muitos problemas que nos atingiram, foram solucionados com conhecimentos extraídos através de estudos da natureza, e muitos desses problemas que ainda perduram, podem eventualmente ser solucionados por meio de pesquisas, a partir de fenômenos naturais.

Segundo Arruda (2011), o velcro por exemplo, foi criado e desenvolvido pelo engenheiro suíço Georges Mestral, inspirado no mecanismo que as sementes do picão (*Bidens pilosa*) usam para se prender a algum animal peludo com o objetivo de dispersar suas sementes (fig. 3).



Fig. 3 - O velcro e a origem da ideia, o picão.

De acordo com Mckeag (2012), o trem bala japonês Shinkansen, foi desenvolvido pelo engenheiro Eiji Nakatsu a partir do estudo do pássaro Martin Pescador (*Grego khloros*) (fig. 4). O Martin Pescador é uma ave que mergulha para conseguir sua presa, no caso, peixes. Ao ultrapassar a barreira do som, o trem cruza uma fronteira fisicamente semelhante à fronteira entre o ar e a água, que é chamada de tensão superficial da água, à qual a ave cruza com êxito. Ele é tão biologicamente bem desenvolvido que mesmo em alta velocidade ele consegue cruzar essa barreira sem criar respingos, isso tudo graças a forma de seu bico (fig. 5).



Fig. 4 - Marin pescador e o trem bala japonês o Shinkansen.

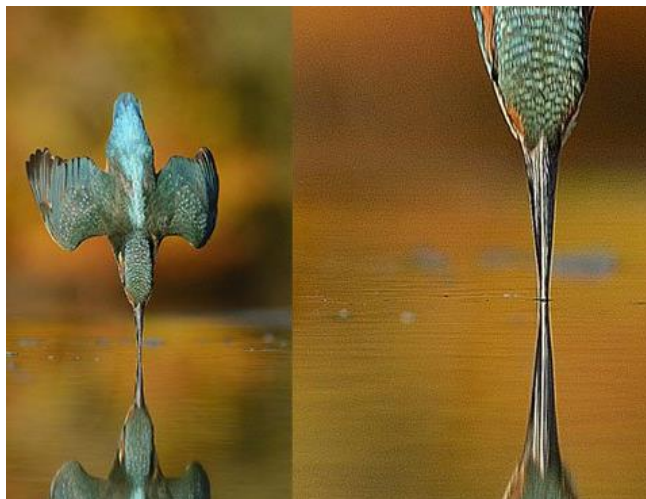


Fig. 5 - Bico do Martin pescador entrando na água sem criar turbulência.

Além destes exemplos, também vimos como referência a série de roupas de natação desenvolvidas pela Speedo a partir da observação e estudo das escamas do tubarão.

O tubarão é um animal cartilaginoso que teve sua origem há milhares de anos junto aos dinossauros, desde então essa espécie quase não sofreu nenhuma alteração. Indicando que é um ser muito bem projetado, o tubarão possui diversas características que os diferenciam de outros peixes, além de ser o ser vivo mais rápido dentro do mar, ele possui diversos sensores supersensíveis.

A pele dos tubarões tem algumas propriedades incríveis, recentemente descobriram que a estrutura microscópica de suas escamas (fig. 6), não deixam nenhuma espécie de ser vivo (incluindo bactérias e outros seres unicelulares) se aderirem a ele evitando assim o aumento do atrito, assim como inúmeros tipos de infecções e parasitas. Essa tecnologia está começando a ser implantada em paredes de hospitais afim de evitar um número de mortes por infecção hospitalar que supera as do HIV e do câncer somadas.

Todavia, nosso interesse pelas suas propriedades se deu sobretudo no que diz respeito à questão hidrodinâmica de alto desempenho gerada pelas escamas, que foi utilizada na confecção de roupas de natação projetadas para as olimpíadas.

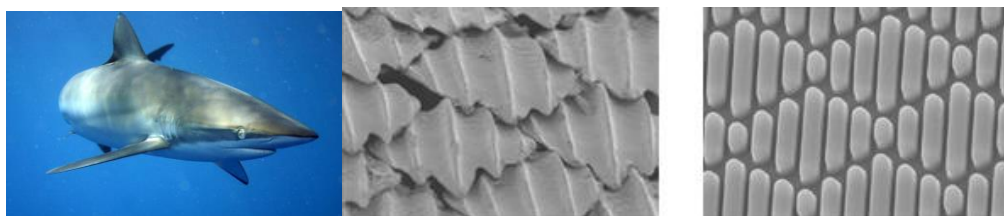


Fig. 6 - Tubarão-cabeça-chata (*Carcharhinus leucas*), imagem microscópica da escama do tubarão e a recriação humana para produção do LZR racer.

A empresa de artigos esportivos SPEEDO, com o apoio do Museu de Ciências Naturais de Londres, utilizando-se de equipes formadas por técnicos especializados em várias

áreas e um grupo de nadadores campeões olímpicos e mundiais, desenvolveu em 4 anos o novo maiô para competição, o FastSkin (fig. 7)

Segundo França (2008), o objetivo principal era fabricar um produto mais rápido e leve, sendo assim partiram para a observação e estudo da natureza em busca de inspiração, mais especificamente do tubarão.

Foi decidido copiar o formato microscópico das escamas do tubarão, sendo que o seu segredo são os dentículos presentes na pele, parecidos com aerofólios e sulcos, que têm como função reduzir o atrito e a turbulência ao redor do corpo.

Os dentículos direcionam o fluxo de água sobre o corpo e permitem que a água passe sobre o tubarão de maneira menos turbulenta, portanto mais eficiente.

Apesar de o produto ter sido lançado um pouco antes da Olimpíada de 2000, em Sydney, o Fast Skin começou a ser testado 4 anos antes. Os resultados indicaram que o Fast Skin é 7,5% mais rápido do que qualquer outro modelo testado até então.

O conceito do novo maiô foi totalmente aprovado pela Federação Internacional de Natação (FINA), em novembro de 1999.

Logo após o lançamento, 13 dos 5 recordes mundiais foram quebrados por nadadores que utilizavam o Fast Skin, 83% do total de medalhas das provas foram conquistados por quem usava este maiô.



Fig. 7 - Maiô de natação FastSkin

Após o FastSkin, foi elaborado o LZR Racer (fig. 8), uma versão mais lapidada do FastSkin, lançado em 2008, desenvolvido pela Speedo em parceria com a Nasa, a agência espacial americana. Seu slogan é: “A natação entra na era espacial”. Cerca de 400 nadadores profissionais, testaram 60 tipos diferentes de tecido em canais aquáticos e túneis de vento, mesma técnica utilizada para desenvolver arranha-céus, aviões, carros e outros produtos que sofrem grandes interferências do atrito com fluídos, tanto o ar como a água.

Apenas com um zíper nas costas, livre de costuras, o traje ficou mais leve e eficiente. Segundo a Speedo, a roupa tem 5% menos atrito do que a FastSkin.

A roupa é confeccionada utilizando um novo método de aglutinação pela ação de ondas supersônicas, onde não existe mais a marca superficial de costuras e emendas, que aumentam o atrito, o modelo possui ainda outros diferenciais: tecido leve, que repele a água e seca rapidamente; sistema de compressão que diminui a oscilação muscular e a vibração da pele; estabilizador interno para manter o nadador por mais tempo na melhor posição; e painéis embutidos em pontos estratégicos, que dão forma aerodinâmica ao corpo e reduzem a resistência da água sobre ele.



Fig. 8 - Maiô de natação LZR racer.

De acordo com Hodges (2012), um estudo realizado pelo professor Roger Hughes (Biólogo na Bangor University) associado com um engenheiro dinamarquês e outros dois pesquisadores, inspirado por um documentário da BBC de 2001 que exibia pinguins imperadores saltando para fora da água, revela que os pinguins utilizam uma camada de ar presa sob as penas, que eles “controlam” dependendo da profundidade e da direção em que estão indo, como meio de diminuir o atrito e aumentar a propulsão (fig. 9). Alguns testes feitos apontam que o ar pode diminuir o atrito com a água em até 80%.

As penas dos pinguins imperadores (*Aptenodytes forsteri*) têm uma forma perfeita para armazenar o ar, cada pena da fina malha da sua pele está ligada a um músculo próprio que é responsável pelo movimento das penas. Quando o pinguim está fora da água ele fica alisando suas penas com o bico, o que além de espalhar o óleo responsável pela impermeabilização das penas, acaba aumentando o volume das mesmas ajeitando-as e enchendo-as com ar. Quando o pinguim entra na água, suas penas forçam o ar a permanecer junto ao seu corpo, aumentando sua flutuabilidade, e mantendo a temperatura, já que o ar é conhecido também por ser um excelente isolante térmico. Essa energia extra gasta para descer é acumulada e utilizada na subida, quando o pinguim está chegando perto da superfície, o ar que foi comprimido pela pressão gerada pelo peso da água começa a expandir gerando bolhas que deixam um rastro por onde passam.



Fig. 9 - Pinguins nadando e deixando rastro de bolhas.

Um estudo realizado pelo engenheiro Stephen Dewar sobre a hidrodinâmica gerada pelas protuberâncias existentes nas barbatanas laterais das baleias jubarte (*Megaptera novaeangliae*) (fig. 10) mudou o design das pás das hélices das turbinas de energia eólica, segundo Dewar o desempenho foi 20% superior ao das pás comuns.



Fig. 10 - Autor do estudo Stephen Dewar, barbatana de baleias jubarte e o produto final, a pá da hélice da turbina de energia eólica.

Metodologia

Foi adotada a metodologia exposta por MUNARI, Bruno (1981) e foi adotado o Design thinking como uma proposta de atividades de desenvolvimento do pensamento projetual. Pois para cada tipo de projeto, para cada briefing proposto, existem metodologias diferentes. Além disto os projetos podem sofrer revisões a qualquer momento. BROWN, Tim (2010, p. 24), nos dá um exemplo disto ao relatar sua experiência como designer:

À medida que o projeto progredia e novos insights se acumulavam, nos pareceu aconselhável ajustar o plano inicial, acrescentando restrições adicionais: o nível de preço revisto; uma restrição de não incluir motores elétricos. Ajustes deste tipo no meio do caminho são comuns e apresentam uma característica natural de um processo saudável, flexível e dinâmico.

Neste sentido, adotamos, para este projeto, uma metodologia de caráter prático experimental.

Para o Design Thinking um projeto de design nasce da observação de um problema que se apresenta em nossa experiência. Assim demos início ao projeto a partir da observação das necessidades dos surfistas de ir cada vez mais rápido ao percorrer uma onda, o que pode lhe proporcionar uma manobra mais potente ou um tubo mais profundo. Este projeto trata de desenvolver um produto para atender às necessidades de esportistas náuticos, notadamente surfistas. Segundo (Brown, 2010), a inovação se tornou no mundo contemporâneo, competitivo, uma estratégia de sobrevivência no mercado.

De acordo com a metodologia adotada, demos início ao projeto com pesquisas envolvendo hidrodinâmica, em um site americano especializado em biomimética. A pesquisa tinha como objetivo listar as tecnologias existentes. Entre os animais responsáveis por estudos relacionados a hidrodinâmica estavam: insetos nadadores, peixes, cascos de tartarugas, algas, lontras, tubarões e baleias. Porém depois de avaliar todos os métodos utilizados pela natureza para diminuir o atrito com a água, aumentando a hidrodinâmica, chegamos a conclusão de que os mais viáveis de se adaptar ao processo de fabricação das pranchas de surf seriam a geometria e dimensão das escamas dos tubarões, que entram no campo de modificações de superfície, e as protuberâncias, e no campo de modificações da forma. Ainda existem métodos interessantes que com o avanço da tecnologia, talvez, ainda possam ser explorados, assim como o método do pinguim, que solta bolhas quando está subindo,. Apesar de buscar por mais referências bibliográficas nos acervos de engenharia e biologia, não foi possível encontrar nenhum volume que relacionasse hidrodinâmica à biomimética.

Passada essa fase de pesquisa teórica, fui em busca de especialistas na área da hidrodinâmica, afim de obter opiniões críticas sobre meu projeto, e saber com maior clareza quais os próximos passos a serem tomados, para poder produzir essas modificações propostas e testá-las. Em minhas pesquisas o IPT (instituto de pesquisas tecnológicas da USP) foi o lugar mais propício para encontrar tais informações. Após uma visita ao laboratório de engenharia naval e oceânica, fui apresentado ao chefe do departamento que me levou a um passeio pelo laboratório, me mostrando as dependências, e explicando como funciona cada etapa do desenvolvimento hidrodinâmico. Após a visita ao laboratório fizemos uma reunião informal para apresentação do projeto. Os engenheiros disseram que é um projeto viável e de grandes chances de sucesso, me deram explicações muito esclarecedoras em relação aos testes que pretendo fazer, me deixando assim mais confiante e mais bem direcionado para a próxima etapa do meu projeto. Infelizmente para realizar testes no IPT teria de ser investida uma quantia de dinheiro muito alta, além da aquisição do tecido "sharkskin" produzido com tecnologia de ponta, também bastante fora dos meus limites

financeiros. Os engenheiros me deram como alternativa utilizar um software que simula o escoamento da água através de um sólido, onde eu posso criar o modelo que eu quiser em algum programa de modelagem 3D e testar diversos tipos de fluídos passando a diversas velocidades por ele. Infelizmente o software também demandaria um investimento além de minhas possibilidades. Todavia, a modificação de superfície já passou por testes realizados pela Speedo em parceria com a Nasa onde foi provado o aumento da hidrodinâmica em cerca de 14%. Ou seja não precisaria realizar tais testes.

Os engenheiros também explicaram que para testar a modificação de superfície eu teria que desenvolver um modelo em escala real, pois não é possível modificar a escala do tecido sharkskin, e essa diferença entre escalas invalidaria a precisão do teste.

Depois de pesquisar mais a fundo a tecnologia do tecido FastSkin foi descoberto que seria financeiramente inviável utilizá-lo em meu projeto, devido a questões financeiras e de prazos, apesar de ter convicção de que ele seria eficiente.

Até esse período os planos eram fazer um projeto apenas conceitual, porém foi percebido que o projeto, para ser desenvolvido, necessitava de uma parte prática com testes em modelos. Então foi dado início a pesquisa dos processos de fabricação das pranchas de surf. Através de aulas práticas (fig. 11) com o shaper Gabriel Picillo, pude compreender de maneira mais completa todas as etapas de fabricação das pranchas de surf.

RESULTADO E DISCUSSÃO



Fig. 11 - Aprendendo com o Gabriel Picillo, como laminar uma prancha de Stand up paddle.

Foi feita uma pesquisa de diferentes tipos de rabetas de pranchas de surf (fig. 12) para obter um parâmetro para seguir, depois disso foram fabricados 8 modelos de isopor (fig. 13), baseado nas protuberâncias das barbatanas das baleias, em escala 1:4, buscando explorar

as formas possíveis, tendo como apoio o atendimento frequente de dois profissionais na área de fabricação de pranchas de surf, Gabriel Picillo e Mohamed Youssef com o objetivo de testá-los.



Fig. 12 - Modelos padrões de rabetas de pranchas de surf.



Fig. 13 - Modelos de rabeta de pranchas de surf, modelados em isopor.

Para testá-los, foi necessário simular os processos utilizados pelos técnicos do IPT, que consistem em um tanque de água retangular com trilhos nas laterais, onde corre uma

plataforma que carrega consigo o modelo a ser testado e uma série de câmeras de vídeo, sensores e computadores (fig. 14).



Fig. 14 - Plataforma de testes hidrodinâmicos do IPT.

Para simular o teste fui até um rio não turbulento com um certo fluxo de água (fig. 15), com auxílio segurei uma câmera submersa para filmar de baixo para cima, colocando um modelo de cada vez sobre a superfície do fluxo de água, fazendo movimentos que simulam os do surf, e soltei um feixe estreito de nankim (tinta preta natural, não agressiva ao ambiente), o feixe de tinta ao passar sob o fundo (branco do isopor) irá se modificar de acordo com o relevo da prancha em contato com a água, tornando visível o percurso realizado pela água. Após testar todos os modelos utilizando este método e analisar os vídeos produzidos concluí que o fluxo não era veloz o suficiente para ter precisão no teste.



Fig. 15 - Teste realizado no fluxo do rio boissucanga.

Foi percebido que seria necessário utilizar de uma embarcação para aumentar a velocidade do fluxo de água em relação ao modelo. Ao fazer a primeira tentativa foi visto que a altura do parapeito do barco era grande de mais para segurar todo o equipamento de baixo da água em movimento, portanto foi necessário desenvolver uma estrutura (figs. 16 e 17) feita de cantoneiras de alumínio (fig. 18) e rebite (fig. 19), com o objetivo de segurar os modelos, a câmera e a agulha que solta o nanquim, foi feito um sistema que move a agulha de um lado para o outro para visualizar o fundo da prancha por completo.



Fig. 16 - Construindo a estrutura.



Fig. 17 - Estrutura pronta.



Fig. 18 - Cantoneiras de alumínio.



Fig. 19 - Rebite.

Após esperar um longo período para as condições do clima e da superfície do mar ideais. Realizamos o teste utilizando a estrutura, porém não foi possível visualizar com definição quais eram os caminhos percorridos pela água, por conta dos modelos não terem sido feitos com a parte da frente da prancha. Numa segunda sequência de modelos foram elaborados dois modelos em escala 1:3 (fig. 20) onde foi feita a prancha por completo, não apenas a rabeta, como no teste anterior.



Fig. 20 - Segunda leva de modelos em isopor, durante fase de produção.

Após ajustar a estrutura para acomodar o novo modelo, foi feita uma terceira sequência de testes (fig. 21). Porém ainda assim não foi possível obter nenhuma conclusão precisa.

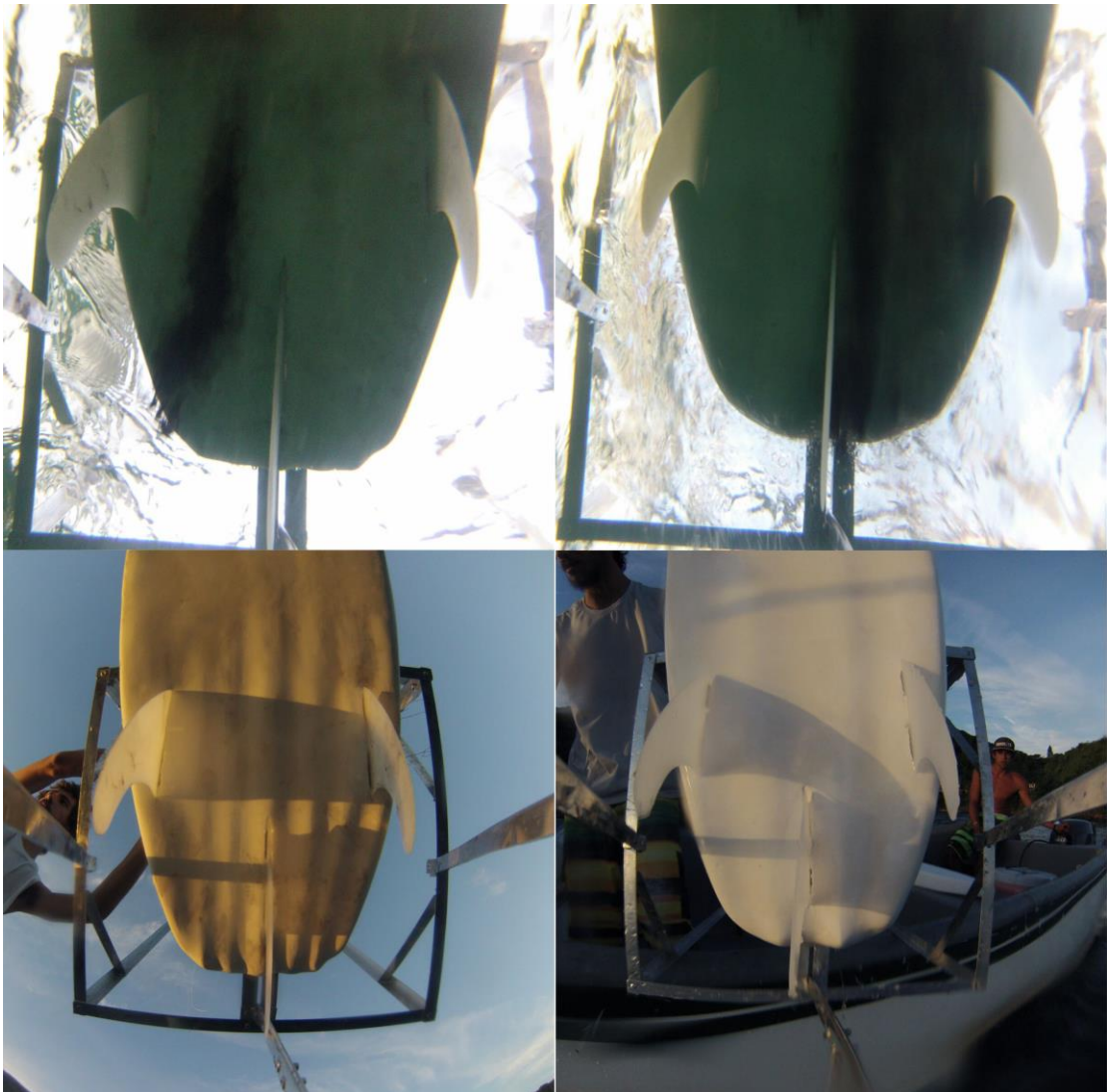


Fig. 21 - Segunda leva de modelos durante o teste.

CONCLUSÃO

Considerando os objetivos iniciais, a pesquisa cumpriu sua programação e alcançou o esperado, assim elencando as possíveis tecnologias para aplicação na confecção das pranchas de surf. Porém foi além, na busca da forma ideal, foram produzidos modelos e realizados testes. Ainda assim concluímos que para obter resultados mais precisos seriam necessários maiores investimentos financeiros, sobretudo para custear instrumentos, tecnologias de ponta e profissionais especializados, assim como um tempo mais extenso para a realização de vários testes, análise de resultados e produção de novos modelos.

Segundo engenheiros navais do IPT e produtores de pranchas tais tecnologias, como as das escamas do tubarão e a das protuberâncias da baleia, seriam fisicamente viáveis e tem grandes chances de obter resultados positivos, os quais, se atingidos, teríamos pranchas de surf mais velozes que as do mercado atual. Caso fossem investidos mais tempo e dinheiro no projeto os próximos passos a serem tomados seriam, contratar uma equipe de especialistas em hidrodinâmica e pranchas de surf para desenvolver modelos em escala real e levar os modelos para testar nos laboratórios de engenharia naval do IPT, afim de obter resultados mais concretos, para um possível desenvolvimento da aplicação da tecnologia na produção de pranchas de surf e eventualmente em outros equipamentos navais.

REFERÊNCIAS

BENYUS, Janine. Biomimética – inovação inspirada na natureza. Edição 1. Brasil. Cultrix Editora. (2003)

BLÜNCHE, Kurt. Biônica: Como Podemos Usar a Engenharia da Natureza a Nosso Favor. Edição 1. Brasil. Landscape Editora. (2009)

BROWN, Tim. Design Thinking. Edição 1. Brasil. Elsevier Editora (2010)

MUNARI, Bruno. Das Coisas Nascem Coisas. Edição 2. Brasil. Martins Editora. (2008)

PAPANEK, Victor. Arquitectura e Design. Edição 1. Portugal. Edições – 70 Brasil. (1998)

LACERDA, Clêcio O contexto biomimético aplicado ao design de superfícies têxteis. REDIGE. Paraná, dez 2012. Disponível em: <<http://www2.cetiq.tsenai.br/ead/redige/index.php/redige/article/viewFile/155/223>>. Acesso em: 05 mar. 2014.

PEREIRA, Mariana. A importância das fibras inteligentes na natação. Universidade Estadual de Maringá. Paraná, dez 2008. Disponível em: <http://coloquiomoda.com.br/anais/anais/4-Coloquio-de-Moda_2008/42158.pdf>. Acesso em: 05 mar. 2014.

DETANICO, Flora. A Biomimética como Método Criativo para o Projeto de Produto. PGDESIGN, UFRGS. Rio Grande do Sul, fev 2010. Disponível em: <<http://www.pgdesign.ufrgs.br/designetecnologia/index.php/det/article/viewFile/52/33>>. Acesso em: 06 mar. 2014.

TUDO SOBRE NATAÇÃO, Evolução no traje de natação. 2008. Disponível em: <<http://tudosobrenatacao.blogspot.com.br/2008/07/evolucao-no-traje-de-natao.html>>. Acesso em: 22 fev. 2014

Whalepowercorp, The Science. 2008. Disponível em: <<https://whalepowercorp.wordpress.com/the-science/>>. Acesso em : 22 fev. 2014.

BENYUS, Janine. Biomimicry in action. 2009. Disponível em: <http://www.ted.com/talks/janine_benyus_biomimicry_in_action>. Acesso em: 15 fev. 2014.

BENYUS, Janine. Biomimicry innovation inspired by nature. 2008. Disponível em: <http://openwetware.org/images/c/c1/IBE_-_biomimicry_lecture.pdf>. Acesso em: 15 fev.2014.

MANGHAM, Colin. Sharkskin inspires novel solution to prevent HAIs. 2013. Disponível em: <<http://medicaldesign.com/materials/sharkskin-inspires-novel-solutions-prevent-hais>>. Acesso em : 22 fev. 2014.

DARWINISMO.WORDPRESS. Qual o segredo do pinguim para nadar de forma tão eficaz. 2013. Disponível em: <<https://darwinismo.wordpress.com/2013/01/06/qual-e-o-segredo-do-pinguim-para-nadar-de-forma-tao-eficaz/>>. Acesso em: 26 mar. 2014

ASK NATURE. Shinkansen train. 2008. Disponível em: <<http://www.asknature.org/product/6273d963ef015b98f641fc2b67992a5e>> Acesso em: 20fev. 2014.

MCKEAG, Tom. How one engineers birdwatching made japans bullet train better. 2012. Disponível em: <<https://www.greenbiz.com/blog/2012/10/19/how-one-engineers-birdwatching-made-japans-bullet-train-better>> Acesso em: 20 fev. 2014.

ARRUDA, Felipe. Tecnologias inspiradas na natureza. 2011. Disponível em: <<http://www.tecmundo.com.br/ciencia/12821-5-tecnologias-inspiradas-pela-natureza.htm>> Acesso em: 20 fev. 2014.

HODGES, Glenn. Emperor penguins. 2012. Disponível em: <<http://ngm.nationalgeographic.com/2012/11/emperor-penguins/hodges-text>> Acesso em 21 fev. 2014.

Contatos: williamasacole@gmail.com e jubertolini@gmail.com