

Desenvolvimento de artefato para suportação de dutos e/ou superfícies cilíndricas e sua rela o com padrões da natureza em espiral

Development of an artifact to support ducts and/or cylindrical surfaces and its relation with the nature pattern in spiral

Theska Soares, Msc., Universidade Federal de Pernambuco, Lab. de Biodesign.

theskalaila7@gmail.com

Ney Robinson, Doutor, Universidade Federal Fluminense, CENPES/PETROBRÁS.

salvireis@gmail.com

Amilton Arruda, Phd., Politecnico di Milano, Laboratório de Biodesign, UFPE.

arruda.amilton@gmail.com

Resumo

Este artigo tem como objetivo expor o desenvolvimento de um artefato para auxiliar as opera es de suporta o e calçamentos em geral, aplicáveis em equipamentos com superfícies cilíndricas, e em especial, dutos submarinos ou terrestres, discorrendo sobre suas rela es com a biomimética e o padrão natural em espiral utilizado como referência para o projeto; pretende esclarecer também sobre os objetivos, o contexto, o estado da arte e os problemas encontrados para o desenvolvimento em questão. Portanto, o uso da analogia natural foi traduzido numa soluço viável para promover um artefato com alto grau de adaptabilidade e desempenho devido a sua configura o, da mesma forma como ocorre nas solu es do mundo natural, cujas formas ou processos, são também embasados na eficiência de recursos.

Palavras-chave: Biomimética; Padrões da Natureza; Espirais; Suporta o de Dutos e Superfícies Cilíndricas.

Abstract

The aim of this article is to show the development of an artifact to support the operations of support and shimming in general, applicable in equipment with cylindrical surfaces, especially, submarine or terrestrial ducts, discussing their relations with biomimetics and the natural pattern in spiral used as reference for the project; aims to clarify also the objectives, the context, the state of the art and the problems encountered for the development in question. Therefore, the use of natural analogy was translated into a viable solution to promote an artifact with a high degree of adaptability and performance due to its configuration, just as it does in natural world solutions, whose forms or processes, are also based on resource efficiency.

Keywords: Biomimetics; Patterns of Nature; Spirals; Support of Ducts and Cylindrical Surfaces.

1. Introdução

A inspiração na natureza tem gerado uma série de invenções, inovações e de recursos no decorrer do tempo. Atualmente, uma grande entusiasta e disseminadora destas estratégias é a bióloga e pesquisadora americana Janine Benyus, que procura difundir os princípios da Biomimética, uma nova ciência que estuda modelos, princípios e processos da Natureza e depois imita-os ou inspira-se neles para a resolução de problemas humanos. (BENYUS, 1997)

A análise de fenômenos morfológicos da natureza facilita e estimula a capacidade de percepção de detalhes e princípios presentes em sua estrutura. Ideias inovadoras vêm evoluindo em que a analogia baseada na forma natural nem sempre produz apenas um ganho estético, mas também um ganho em eficiência. Neste sentido Versos (2010) introduz um bom exemplo através do Trem-bala *Shinkansen* desenvolvido pelo engenheiro Eiji Nakatsu. O projeto teve como referência a forma do bico alongado do pássaro *Martim-Pescador*, que facilita o mergulho, sem espirrar água, em busca de sua refeição. Visando solucionar um dos grandes problemas do trem bala que é a vibração e o barulho, o engenheiro mudou a parte inicial do trem para o formato do bico deste pássaro, o que resultou numa melhora significativa com um trem-bala 10% mais rápido, consumindo 15% menos energia, e ainda, reduzindo a pressão do ar em 30% em relação ao modelo anterior.

Desta forma, entre as muitas possibilidades de referências e inspirações para o desenvolvimento da configuração do dispositivo para suportação de dutos submarinos, acredita-se que a Natureza se demonstra um caminho muito promissor, visto o exemplo bem-sucedido citado. Como diria CARDOSO (2012): “Precisamos integrar ainda mais projeto, pesquisa, prática profissional [...], sem perder de vista a natureza essencial do Design como atividade projetual, capaz de viabilizar soluções sistêmicas e criativas para os imensos desafios do mundo complexo”.

A seguir, se apresentará as espirais, inspiração para o desenvolvimento, como um padrão recorrente na Natureza. Em seguida serão apresentados o contexto, o estado da arte e os problemas encontrados para situações de suportação de dutos submarinos e por fim, a solução projetual proposta, cujo resultado é fruto de esforç os do laboratório de robótica da Petrobrás, trazendo uma proposta inovadora bastante consistente, colaborando com o aumento de patentes de produtos genuinamente brasileiros e bioinspirados.

2. Padrões na Natureza: Espirais

Tão importante quanto entender sobre as analogias da Natureza é reconhecer e compreender alguns padrões existentes nela, formas e princípios recorrentes. Soares (2016) explica sobre alguns destes, tais como as modulações, os fractais, as formas curvas orgânicas, os círculos, elipses, espirais, e até mesmo formas mais geométricas como pentágonos e hexágonos, etc., que possuem diversos exemplos recorrentes na Natureza. Mas aqui se destacará com mais detalhes uma destas formas peculiares, as espirais, referência

natural utilizada no projeto. Elas foram primeiro estudadas pelos gregos, a espiral de Arquimedes, a de distâncias constantes e a espiral logarítmica de Descartes (também chamada de equiangular), com crescimento em progressão geométrica (**Figura 1**). Todas as espirais têm em comum o fato de se desenrolarem em torno de um ponto fixo a uma distância variável. A espiral dourada, também chamada de espiral do crescimento é logarítmica, e pode ser construída geometricamente através do retângulo ou triângulo áureo como mostra a figura abaixo. (HEMENWAY, 2010)

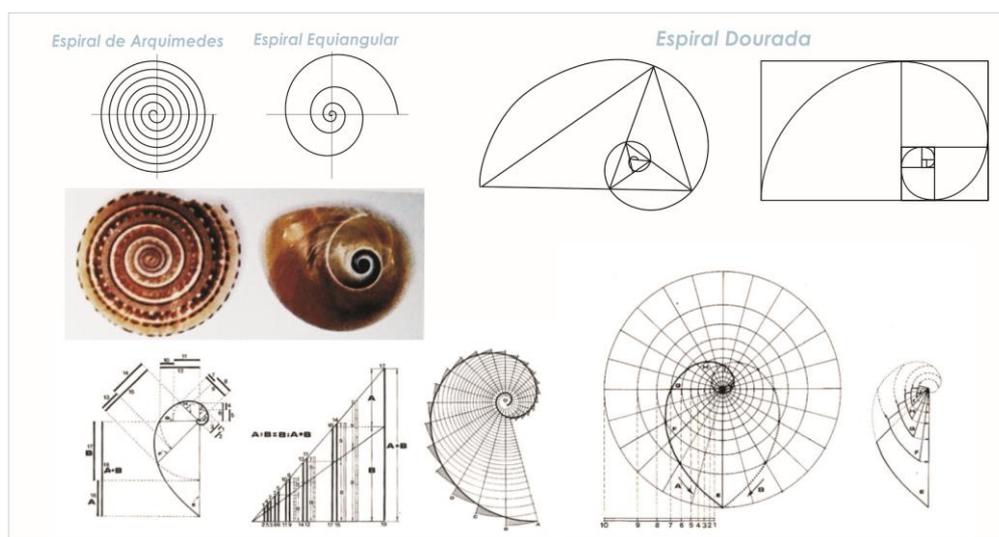


Figura 1: Espirais de Arquimedes, Equiangular e Áurea. Fonte: (SOARES, 2016).

A espiral logarítmica foi estudada por *Jacob Bernoulli* (1654-1705), que chamou esta curva de *spira mirabilis* (em latim quer dizer espiral maravilhosa), e pode ser escrita na forma da equação (1) abaixo:

$$\log(r/R) = \theta \cot \alpha \quad (1)$$

Que resulta de sua expressão analítica nas coordenadas polares r e θ :

$$r(\theta) = R e^{\theta \cot \alpha}$$

Sendo R o raio associado a $\theta = 0$. Esta expressão apresenta a distância à origem, O , de um ponto da curva em função de θ .

Se a amplitude α for 90° , a espiral equiangular é uma circunferência, mas se o ângulo não for reto, isto permite que a espiral cresça, este fenômeno ocorre, por exemplo, no crescimento gnomônico das conchas em moluscos, onde o animal cresce, mas mantém sempre a mesma forma. (PICADO, 2006)

Em resumo, o molusco não alarga a sua concha de modo uniforme: adiciona somente material numa das extremidades da concha (a extremidade aberta ou “de crescimento”); e o faz de maneira que a nova concha seja sempre um modelo exato, à escala, da concha menor.

A **figura 2** a seguir mostra o caso típico do crescimento da concha dos náutilos, também do tipo cone, assim como ilustra alguns dos vários tipos de conchas. Em cada caso o material novo é progressivamente acrescentado na abertura da concha. (PICADO, 2006)

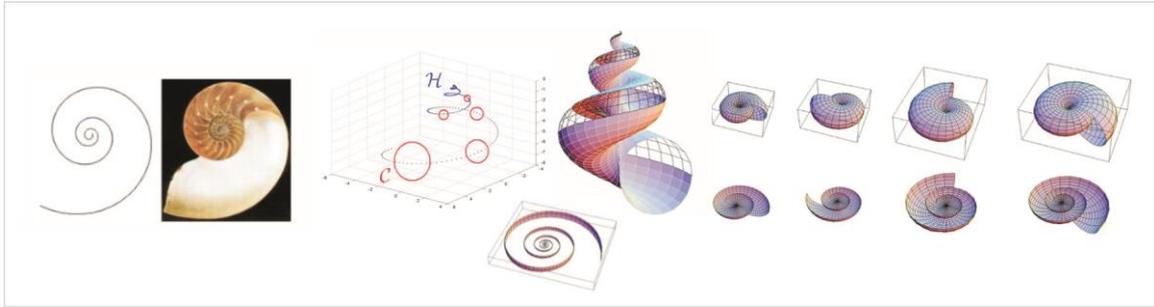


Figura 2: Espirais logarítmicas no crescimento em diversos tipos de conchas. Fonte: (PICADO, 2006)

Este padrão de crescimento é tão recorrente que por muitos também é chamado de "lei da natureza", pois são frequentemente encontrados não apenas no exemplo mais clássico do náutilo, mas também nas demais conchas de moluscos. Também são encontradas espirais na disposição de algumas plantas suculentas, na formação de ventos, no quebrar das ondas, no enrolar do corpo, calda, tromba, língua, tentáculos e antenas de animais, no crescimento da maioria dos seus cornos, garras, cabelos, nas teias de aranha, na disposição das sementes do girassol, no crescimento das plantas e de frutos, no nascimento das plantas e dos embriões, etc. (**Figura 3**)

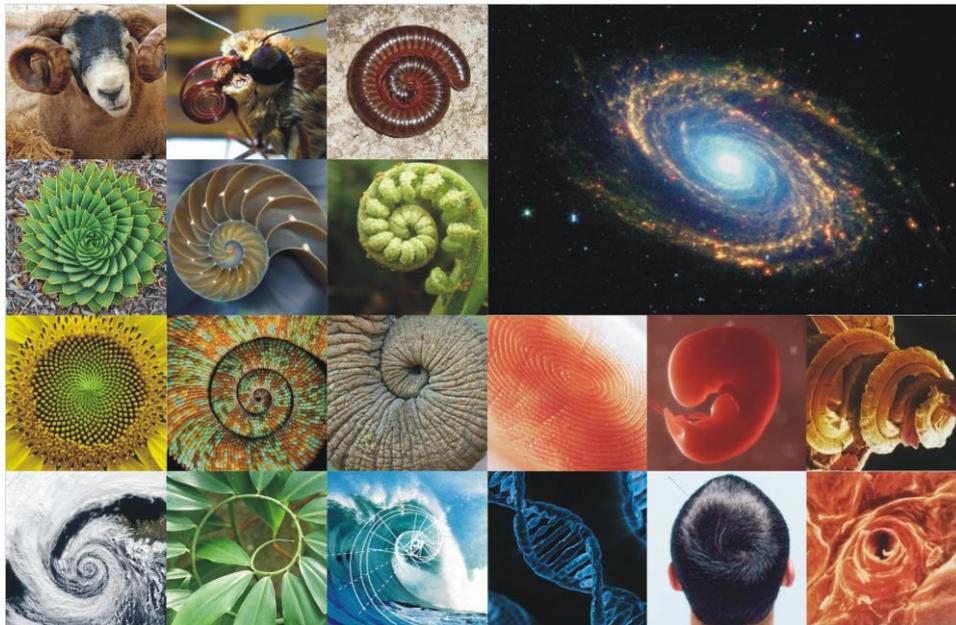


Figura 3: Exemplos de espirais na natureza. Fonte: (SOARES, 2016).

As espirais na natureza representam o princípio dinâmico da regeneração e de crescimento simétrico e equilibrado. A vida está a expandir-se, a desenvolver-se, a ser prolongada; ou está a diminuir, a dissolver-se, a ruir. Ao ver uma folha a se desenrolar, ou um padrão de pétalas numa rosa, se reconhece a espiral perfeita e delicada. Na água e nas nuvens, se formam e desaparecem; e também no corpo humano, no mesmo desabrochar que se vê nas plantas, no movimento do embrião. (HEMENWAY, 2010)

Os braços das galáxias também são considerados espirais logarítmicas. Na Via Láctea, os astrônomos informam que existem quatro braços espirais maiores, cada um deles de aproximadamente 12 graus; A formação dos ventos, dos ciclones tropicais, como os furacões, também são exemplos; e Hemenway (2010) também comenta sobre as espirais no corpo humano: no redemoinho do topo da cabeça, nos folículos dos cabelos, nas digitais, na disposição das fibras do coração, no embrião, no ouvido interno, no DNA, dentre outros.

3. Dispositivo para Calçamento de Dutos Submarinos ou Terrestre

O artefato em questão, portanto, é bioinspirado nesta figura matemática muito recorrente no mundo natural, a espiral, reconhecido padrão da Natureza. Tal configuração que também é comumente utilizada na engenharia mecânica pode ser chamada de excêntrico ou cames.

Observa-se que o objetivo deste dispositivo é auxiliar as atividades relacionadas à integridade estrutural de equipamentos em geral, e em particular, dutos e tubulações de grande porte em condições instáveis, visto que este projeto nasce de pesquisas do laboratório de robótica do Centro de Pesquisas da Petrobras - CENPES, situado no Rio de Janeiro. Diferentemente de outros dispositivos de suporte que consideram o duto como o item secundário, este sistema parte do duto, referencial principal a ser preservado, em busca do apoio e sustentação necessários.

3.1 Contexto: Estado da Arte das Técnicas Utilizadas e Problemas Encontrados

As atividades industriais modernas, bem como seus processos de produção e de distribuição são crescentemente dependentes de dutos e malhas tubulares. Avanços substanciais têm acompanhado o crescimento, porém, apesar de esforços feitos pelos profissionais envolvidos nestas operações, um grande número de problemas continua sendo relatado. Este cenário mobiliza especialistas de várias disciplinas que precisam estar preparados para lidar com as mais variadas ocorrências, estando entre estas, situações que provoquem a perda de estabilidade destes dutos, induzindo vibrações que levam à fadiga, dano mecânico severo, deterioração nos mesmos, o que pode obrigar paralisação total da produção, ou ainda, eventos emergenciais para evitar vazamentos com perda de produto, resultando em consequências danosas ao meio ambiente, visto que, segundo Manzini & Verzzoli (2002): “[...]As atividades humanas não devem empobrecer o capital natural, que será transmitido às gerações futuras.”

Na indústria do petróleo este tipo de problema pode ocorrer tanto nas instalações terrestres quanto nas marítimas, em malhas tubulares enterradas ou não, com dificuldades e gravidades diferentes de acordo com a profundidade das águas atuantes. Há ainda um crescente aumento da malha tubular terrestre instalada em áreas sujeitas a acomodações do solo por onde passa o duto, ou decorrentes de eventos naturais, ou ainda provocado por atividades econômicas/industriais. Tal complexidade, tem início na construção e instalação dos dutos no campo e acompanha a vida do empreendimento até o envelhecimento das instalações que, sob severas condições de operação tendem a provocar um substancial crescimento no número de intervenções, sejam elas de rotina ou emergenciais como mostrado na **figura 4**.



Figura 4: Imagens de intervenções em dutos terrestres e de poitas de concreto pesadas para suportação em v o livres de dutos submarinos. Fonte: Elaborado pelos autores.

A crescente exploração de petróleo em águas cada vez mais profundas tem exigido dos especialistas o desenvolvimento de novas técnicas para intervenções em equipamentos localizados no leito do mar, visando minimizar ou mesmo eliminar a necessidade da utilização de mergulhadores para a execução dessas tarefas.

Uns dos problemas mais comuns encontrados em instalações submarinas (equipamentos ou dutos de escoamento) têm sido a ocorrência de erosão no entorno das estruturas bem como aparecimento e aumento de vãos livres em dutos, como mostrado na **figura 5**, o que leva   necessidade de criar soluções para o calçamento e suportação dos mesmos.

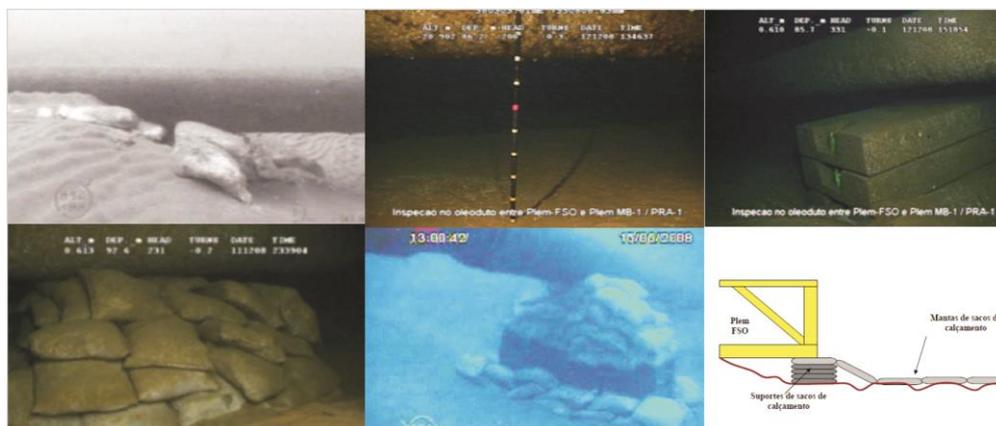


Figura 5: Imagens de vãos livres em dutos submarinos e da suportação por sacos de areia empilhados.
 Fonte: Elaborado pelos autores.

Em fases iniciais dos empreendimentos   praticamente impossível prever a totalidade dos pontos em que ocorrerão tais depressões. Tal situa o   motivada por desconhecimento de alguns dados importantes, a saber:

1. Correntes de fundo são pouco estudadas no Brasil e no mundo;
2. Processos oceanográficos complexos pela intera o de correntes oceânicas, correntes de maré e oscila es de ondas com a geomorfologia da bacia (cânions, platôs, quebra de plataforma, parc is);
3. Pouco conhecimento sobre a rela o entre correntes, transporte de sedimentos e formas de fundo;
4. Como antever e prevenir esta intensa intera o que ocorre entre estruturas e equipamentos submarinos;
5. Poucos fundeios, esparsos e com curto período para aquisi o de dados;

Como decorrência, alguns problemas são relatados:

1. Erosão no entorno de estruturas, aumento nos vãos livres, etc.;
2. Superdimensionamento de dados para cálculo de estruturas, tensão em dutos, vibra o de risers de perfura o, etc., aumenta-se o coeficiente de segurança por falta destes dados, aumentando assim os custos;
3. Soterramento de estruturas submarinas;
4. Aumento dos gastos com manuten o, incertezas e riscos.

Como observado, dutos e equipamentos estão sujeitos a uma série de variáveis, muitas delas de difícil determina o, as quais são fundamentais para a elabora o do projeto de assentamento dos dutos sobre os leitos oceânicos.

Muitas vezes o próprio leito no mar   tão acidentado que a única soluço viável para o assentamento da tubula o   promover o calçamento por meio de algum equipamento projetado especificamente para a fun o.

Para tanto, a técnica utilizada   resultado de inspe es regulares efetuadas com o auxílio de câmeras de televisão acopladas a veículos de opera o remota - ROVs, os operadores

deparam-se com surgimento de vãos no solo marinho nas regiões onde estes dutos se apoiavam, com a conseqüente necessidade de efetuar uma complexa operação submarina para conseguir instalar os atuais sistemas de calçamento dos dutos.

Estes vãos, normalmente causados pelas fortes correntes submarinas, retiram material sob estes dutos, induzem vibrações nocivas à instalação e trazem risco à integridade do mesmo. Por conseqüência, a solução mais empregada para esses casos é a recomposição da estabilidade e, de alguma forma, promover nesses vãos um calçamento para que o mesmo passe a operar segundo as características e especificações originais do projeto.

Diversas soluções têm sido propostas para solucionar o problema. Uma delas sugere a utilização de dois módulos acoplados entre si. Os dois módulos são descidos até a tubulação por meio de um cabo de suspensão, sendo a operação conduzida por cabos guia, previamente instalados na tubulação. O primeiro módulo destina-se a ser fixado ao trecho de tubulação o qual deseja-se suportar, e o segundo módulo é passível de ser recuperado por uma embarcação na superfície.

Através de uma sequência de operações, duas pernas telescópicas laterais são ajustadas, de forma a obter-se o calçamento desejado. Este equipamento tem um bom desempenho, mas apresenta o sério inconveniente de demandar a utilização de cabos guia, solução desaconselhada para grandes profundidades, além de possuir um excessivo número de componentes sujeitos a falhas.

Outra proposta sugere o uso de uma estrutura triangular que dispõe em seu lado inclinado de uma peça em formato de cunha, destinada a suportar a tubulação. Por meio de tração de um cabo, a cunha desliza para cima pelo lado inclinado, até atingir a tubulação a ser suportada, proporcionando dessa forma o seu calçamento.

Esta solução é bem mais simples que a anterior, apresentando, entretanto, o inconveniente de ser bastante pesada, o que traz dificuldades as operações no que tange seu posicionamento e ajuste em grandes profundidades onde não é possível a operação com mergulhadores.

Uma outra técnica amplamente empregada consiste em injetar nata de cimento em sacas previamente colocadas na região do leito marinho imediatamente abaixo do ponto da tubulação o qual se deseja suportar.

Quando possível de ser bem executada esta técnica pode apresentar resultados satisfatórios de suportaçã, tendo, porém, o sério inconveniente de demandar a utilização de sistemas de bombeio para injeção da nata de cimento, o que encarece a operação. Há de se considerar ainda, os potenciais problemas comuns em pontos de conexão onde ocorrem vazamentos no sistema de injeção da nata de cimento, em face às altas pressões envolvidas.

Mais recentemente, com o desenvolvimento da técnica de utilização dos veículos de operação remota, novas soluções foram surgindo, mas praticamente todas elas não passam de adaptações das técnicas anteriores, onde se substitui a sensível e cuidadosa mão de obra de mergulhadores – limitadas às suas faixas de profundidade - pelos pouco sensíveis braços manipuladores dos veículos de operação remota -ROVs.

3.2 O Artefato Desenvolvido: Um Came em Curva Espiral

A partir do exposto, surge a necessidade de se desenvolver uma nova família de equipamentos destinados ao calçamento destes dutos com vãos livres, a fim de evitar o comprometimento da sua integridade estrutural ou sua instabilidade mesmo que temporária. Desta forma, o design proposto para operação de calçamento parte da premissa de que ele possa ser operado de maneira simplificada por diversos meios de atuação, desde operação manual (com auxílio do homem) ou em modo tele operado (com auxílio de veículo de operação remota). Pode também, como fator suplementar, ser usado em novas obras de instalação.

O sistema compreende basicamente um conjunto de excêntricos que são portados e acoplados ao duto em ponto de interesse por meio de ação humana ou em modo tele operado. Uma vez fixados ao duto permitem que sejam girados em torno da superfície cilíndrica a ser suportada, até que se atinja um contato com o solo, proporcionando de uma maneira simples, rápida e eficaz o seu calçamento como mostra o esquema da **figura 6** abaixo.

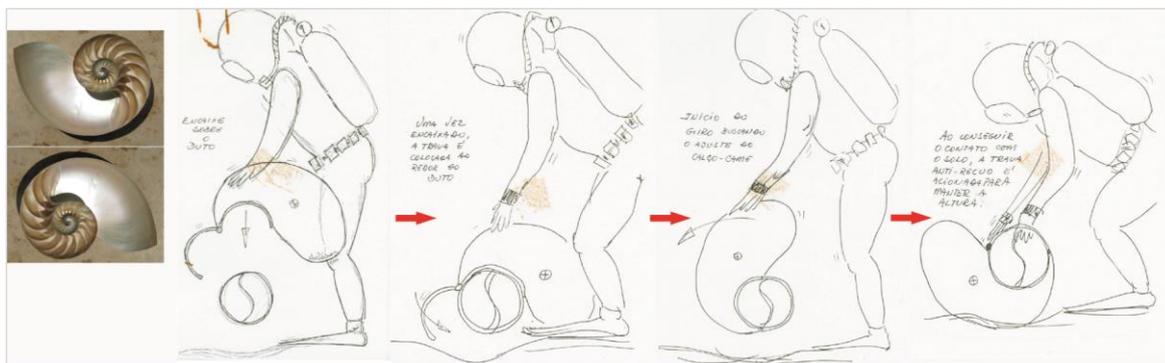


Figura 6: Referência natural para o projeto à esquerda, e representação do esquema sequencial da acoplagem do artefato pelo mergulhador. Fonte: Elaborado pelos autores.

Este dispositivo para calçamento de dutos que serve tanto para situação submarina quanto terrestre possui estrutura reforçada com o interior preenchido de material de baixa densidade, para conferir empuxo ao conjunto; uma das faces laterais desse came dispõe de pelo menos um rolete de apoio, que corre em uma guia, a qual envolve todo o duto e que a fixa a uma sela de apoio; em sua outra face lateral é fixado a um dispositivo de acionamento que lhe confere um movimento giratório em torno de duto; como sua superfície de apoio tem o perfil de uma curva espiral, ela se ajustará gradativamente ao leito submarino, mesmo acidentado, através do movimento de rotação do came, promovendo dessa forma um calçamento mais ergonômico e eficiente.

Outra analogia a ser feita se refere à adaptação ao crescimento feito pelos náutilos em suas conchas (**Figura 2**). Ao perceber que precisa de mais espaço, aumenta progressivamente a sua casa segundo a sua arquitetura e método construtivo que lhe é

natural. No caso do Calço tipo Cames, esta analogia se faz quando a distribuição de forças/apoios inicialmente conseguidas é perdida pela continuidade do assoreamento ou retirada de material de apoio. Diante de um incremento do vão, o perfil espiralado possibilita um novo rearranjo físico dos cames, com novas forças envolvidas e, conseqüentemente, uma nova arquitetura. Esta ajustagem é possível enquanto os raios de formação dos cames atenderem o vão. Caso o vão passe a ser maior, um novo conjunto de cames, com raios de formação maiores serão instalados. O conjunto que sai de serviço, vai para a oficina ser tratado e poderá ser reutilizado em outro local com vão compatível ao seu alcance.

Para as situações em que a operação será remota, ressalta-se a importância do *Sistema Orbital Universal*, outro artefato também desenvolvido pela equipe de robótica em questão para ser empregado para acionamento do dispositivo, ou seja, o que torna possível ser amigável à operação com robôs. Ele é considerado o mais adequado para a perfeita operação do dispositivo para o calçamento de dutos, pois apresenta características que se adéquam perfeitamente às condicionantes limitadoras dos robôs. Dotada de um sistema de embreagem e multiplicador de torque, tal característica será, ainda, benéfica pela operação com mergulhador por demandar menos esforço na aplicação das funções e requisitos inerentes ao artefato desenvolvido.

Sobre o calçamento com o *Sistema Orbital Universal*, o conjunto da guia permanecerá fechado todo tempo da operação, devido ao peso do sistema e à posição relativa entre a cremalheira e sua própria guia, que, por não serem coincidentes como no início do movimento, ficam impossibilitadas de abrir.

Para que o conjunto possa ser novamente aberto, a cremalheira deverá ocupar a posição retomada no início da operação de fechamento, de forma que a posição de seu segmento central coincida com a posição do segmento central da guia. Os segmentos laterais da cremalheira e da guia também terão posições coincidentes entre si. Esta é a única situação que permite a abertura do conjunto, como mostra o esquema sequencial da **figura 7**.

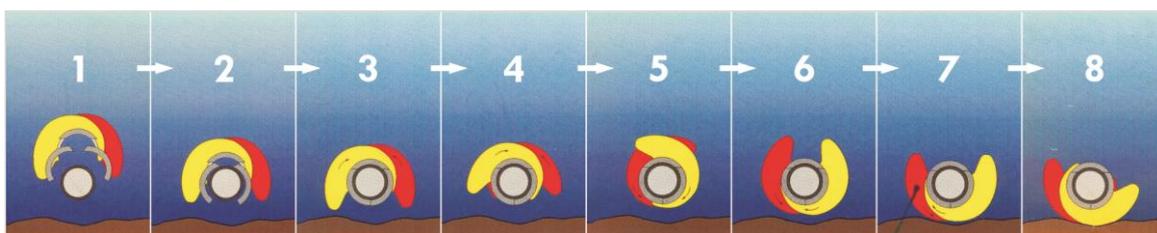


Figura 7: Esquema sequencial do calçamento remoto com o Sistema Orbital Universal, mostrando o acoplamento, giros dos cames e travamento para manter as alturas ajustadas ao solo.
Fonte: Elaborado pelos autores.

Em conclusão, pode-se dizer que em comparação aos métodos e equipamentos existentes para calçamento de dutos é relativamente simples de ser instalado, dispõe de reduzido número de componentes e, devido ao perfil curvo externo inspirado na configuração espiral do came, apresenta grande facilidade para assentar-se em superfícies acidentadas.

Vale destacar também o fato de ter sido desenvolvido no Brasil e ter gerado as patentes referentes ao ***Dispositivo para calçamento de dutos submarinos*** PI-9501923-5, depositada em maio de 1995 e concedida em janeiro de 2004, e a BR 10 2016 022468-3, depositada em dezembro de 2013, ainda em trâmite de publicação.

Ainda é importante frisar que apesar de o *sistema orbital universal* ser o mais indicado para acionar o came, ele não pode de forma alguma ser considerado como limitante, pois, além de não ser parte integrada do artefato desenvolvido, qualquer outro meio de acionamento que possibilite a execução das operações necessárias para esta instalação do dispositivo poderá ser utilizado.

Algumas aplicações correlatas onde a invenção poderá também ser utilizada:

1. Estabilização de dutos sob condições limites e de estresse;
2. Cruzamento de dutos em malhas complexas;
3. Suporte temporário e/ou definitivo de instalações em novos empreendimentos;
4. Ferramenta auxiliar e de apoio operacional em casos de emergência;

Para um melhor entendimento, a seguir será apresentado um exemplo de análise da tarefa para que ocorra o devido calçamento do duto de maneira remota. Por certo, cada cenário de aplicação merecerá avaliação própria e indicações de metodologia/etapas dedicadas.

- 1- Identificação das áreas com o duto em balanço;
- 2- O ROV (robô veículo) chega à região descalçada;
- 3- Inspeção com Laser para conhecer a ordem de grandeza do vão;
- 4- Escolha do Calço adequado, no estoque;
- 5- Mergulho do ROV + Calço acoplado e com os comes para cima;
- 6- Posicionamento alinhado longitudinalmente sobre o duto;
- 7- Apoio e ajuste da sela sobre o duto;
- 8- Travamento da sela no duto;
- 9- Acionamento de um dos comes até o toque no solo;
- 10- Veículo desacopla, vai até o outro lado e ajusta o segundo came;
- 11- Veículo faz uma inspeção de 360 graus para ver se há algo a corrigir;
- 12- Por fim, o veículo volta ao primeiro came e aplica o torque final.

A **figura 8** mostra imagens de alguns protótipos desenvolvidos para estudos dos mecanismos envolvidos. E a **figura 9** apresenta um desenho técnico e uma imagem renderizada do modelo mais bem-sucedido.

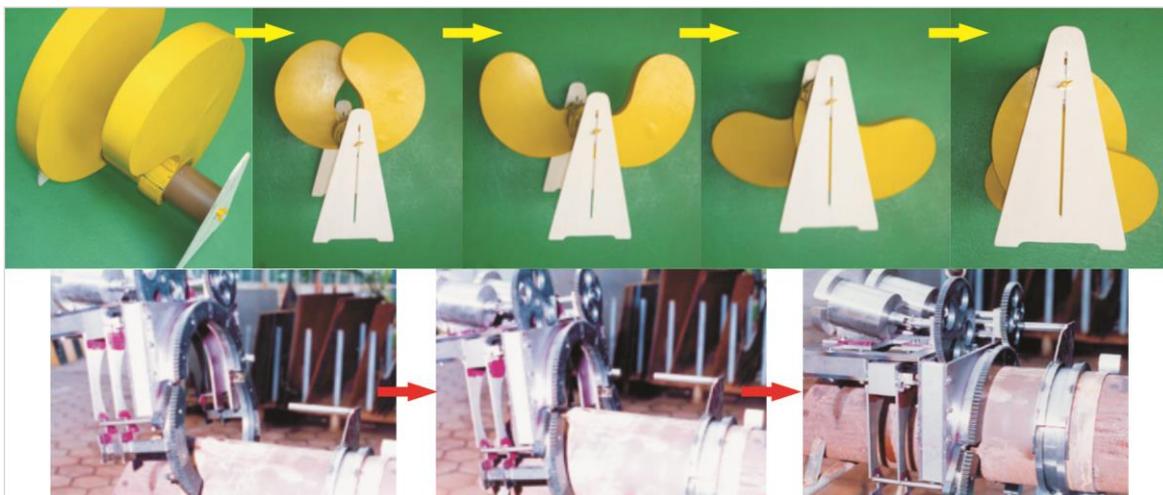


Figura 8: Protótipos para estudos dos mecanismos. Fonte: Elaborado pelos autores.

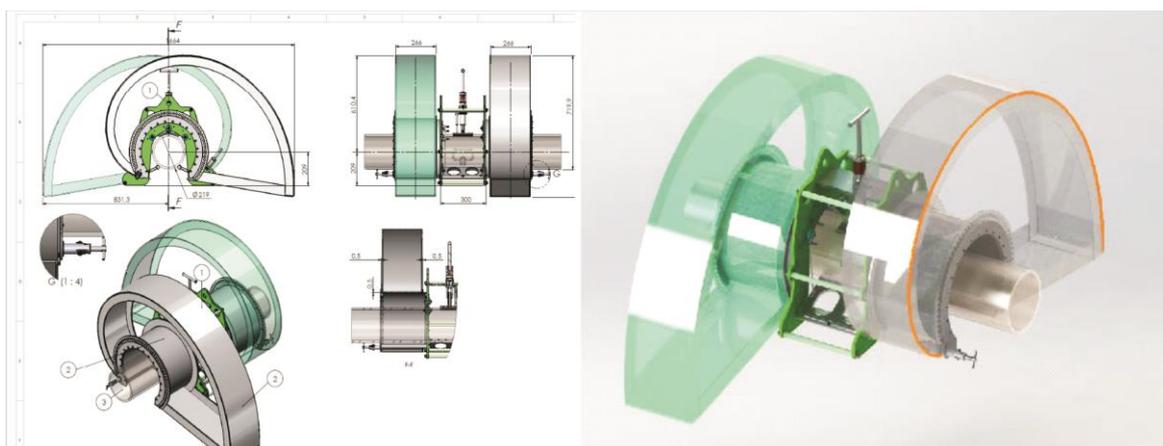


Figura 9: Desenho técnico e imagem renderizada do modelo virtual do artefato para suportação de tubulações cilíndricas terrestres ou submarinas desenvolvido pelo laboratório de robótica do Centro de Pesquisas da Petrobras - CENPES. Fonte: Elaborado pelos autores.

Conclusão

As empresas que utilizam dutos como seu modal de transporte, frequentemente se deparam com problemas oriundos de dutos sem apoios adequados, com tendência a agravamento e conseqüentes falhas operacionais e danos ambientais. As metodologias e equipamentos oferecidos pelo mercado mostram esgotamento, bem como limites operacionais. Um expressivo crescimento da malha de dutos do país já é uma realidade e o artefato desenvolvido inspirado nas espirais da Natureza, se traduz numa solução viável e

eficaz, que incentiva o desenvolvimento e a adoção de novas tecnologias, preferencialmente mais simples, econômicas, seguras e de conteúdo nacional.

O projeto é portanto, bioinspirado não apenas pela configuração estética das espirais da natureza, mas pelo sentido eficiente que este formato promove com suas superfícies curvas ergonômicas e melhor adaptadas às condições adversas do tipo de solo em que se apoiarão. Também se demonstra versátil, pois pode ser utilizado por montadores em situações para suportes dos tubos cilíndricos em terra, assim como também podem servir de apoios e suportes temporária em casos de emergência e contingência. Para as situações de suportes em águas rasas foi projetado para ser operado facilmente por mergulhadores, e em águas profundas, tele operado por veículo robótico. Neste último caso, também pode ser produzido de material amortecedor para uso em regiões sensíveis como os Bancos de Corais, demonstrando a versatilidade e adaptabilidade do artefato.

Por fim, abordando o tema do design de maneira mais abrangente, acreditando que o designer é todo aquele que concebe, cria e implementa ideias que tenham efeito sobre o homem de maneira cultural, tecnológica, social, científica, dentre outros, se faz necessário então que mais pesquisadores abracem a biomimética para que haja incentivo em disseminar este assunto que é tão importante, não apenas dentro das academias de atividades projetuais como nas escolas de Design, Arquitetura e Engenharia, mas também em outros âmbitos, como os mercadológicos e institucionais.

Referências

- BENYUS, J. M. **Biomimética: Inovação inspirada pela natureza**. 6ª ed. São Paulo: Ed. Pensamento- Cultrix, 1997.
- CARDOSO, R. **Design para um mundo complexo**. São Paulo: Cosac Naify, 2012.
- HEMENWAY, P. **O código secreto: a fórmula misteriosa que governa a arte, a natureza e a ciência**. Koln: Evergreen, 2010.
- MANZINI, E.; VEZZOLI, C. **O desenvolvimento de produtos sustentáveis: os requisitos ambientais dos produtos industriais**. São Paulo: Edusp, 2002.
- PICADO, J. **A beleza matemática das conchas marinhas**. Coimbra: Centro de Matemática da Universidade de Coimbra, 2006. Disponível em: <<http://mat.uc.pt/~picado/conchas/index.html>>. Acesso em 8 de agosto de 2016.
- REIS, N. R. S. **Dispositivo para calçamento de dutos submarinos**. BR Pat. PI-9501923-5, Depositada em 05/05/1995, publicada em 26/08/1997 e concedida em 06/01/2004,
- REIS, N. R. S. **Dispositivo para calçamento de dutos submarinos**. BR Pat. BR 10 2016 022468-3; Depositada em 27/12/2013, ainda em trâmite de publicação.
- REIS, N. R. S. **Sistema Orbital Universal para operações em superfícies cilíndricas submarinas**. BR Pat. PI-95001741-0 BR, Depositada em 20/04/1995 publicada em 18/08/1997 e concedida em 23/12/2003.

SOARES, T. L.F. **A biomimética e a geodésica de Buckminster Fuller: uma estratégia de Biodesign**. 2016. 286f. Dissertação (Mestrado em Design) – Programa de Pós-graduação em Design, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2016.

VERSOS, C. A. M. **Design biônico: A natureza como inspiração criativa**. 2010. 186f. Dissertação (Mestrado em Engenharia). - Departamento de engenharia Eletromecânica, Universidade da Beira Interior, Covilhã, 2010.