

BIOMIMÉTICA E ENGENHARIA CIVIL

Lays Fernanda Tamarozi, Taynara Umlauf, Ana Paula Bertoldi Oberziner¹, Mirian Bernadete Bertoldi Oberziner

3

Nas disciplinas de Cálculo Diferencial e Integral II e Álgebra Linear e Geometria Analítica II, do curso de Engenharia Civil, propôs-se a criação de um sólido de revolução com o tema de Biomimética e Engenharia Civil, para saber lidar com situações problemas e desenvolver novos conhecimentos para a formação profissional. O projeto desenvolvido é uma torre sustentável, em forma de tulipa, que capta a luz solar e a água da chuva. Sendo assim, criou-se o desenho do sólido em um papel milimetrado, empregando características de retas e cônicas. Com a definição das equações, foi calculado a área do corte transversal longitudinal e o volume do sólido de revolução.

Palavras-chave: Integrais. Cônicas. Biomimética. Sustentabilidade. Área. Volume.

BIOMIMETICS AND CIVIL ENGINEERING

In the disciplines of Differential and Integral Calculus II and Linear Algebra and Analytic Geometry II, the civil engineering course, proposed the creation of a solid of revolution with the theme of Biomimicry and Civil Engineering, to know how to deal with problem situations and develop new knowledge for vocational training. The project developed is a sustainable tower, tulip shape in which captures sunlight and rainwater. So it was created the sound design on a graph paper, using straight and tapered features. With the definition of the equation, it was calculated longitudinal cross-sectional area and volume of solid revolution.

Keywords: Integrals. Conic. Biomimetics. Sustainability. Area. Volume.

¹ E-mail: anabertoldi@catolicasc.org.br

1 INTRODUÇÃO

Ao decorrer do segundo semestre do curso de Engenharia Civil, foi proposto nas disciplinas de Cálculo Diferencial e Integral II e Álgebra Linear e Geometria Analítica II a construção de um sólido de revolução com o tema “Biomimética e Engenharia Civil”.

4

O projeto desenvolvido é uma torre sustentável, em forma de tulipa, não apenas representando fisicamente a planta, mas também suas ações como captar a luz solar, e a água da chuva. Neste contexto, o projeto tem como principal objetivo obter os cálculos da área do corte transversal longitudinal e do volume sólido de revolução gerado.

Para a identificação das equações, realizaram-se análises do corte transversal longitudinal do sólido de revolução para obter os dados necessários para encontrar as cônicas (parábola, circunferência, elipse e hipérbole) correspondente cada segmento. Com as equações definidas, calculou-se a área do corte transversal longitudinal e volume do sólido de revolução através de integrais definidas. Os resultados encontrados puderam ser comparados com os resultados do *Software Winplot* e *Wolfram Alpha*. Por sua vez, pretende-se que a partir dos resultados obtidos neste projeto, seja possível lidar com situações problemas do dia a dia e desenvolver novos conhecimentos para o futuro profissional do acadêmico.

2 BIOMIMÉTICA E ENGENHARIA CIVIL

Biomimética (BENYUS, 2007) é um termo respectivamente novo, porém, o homem sempre se inspirou nas ricas ideias fornecidas pela natureza, de forma a superar novas formas de adaptação e tentando imitar suas configurações, processos e sistemas, como exemplo, a transmissão de alta frequência dos morcegos, a capacidade de submersão de alguns animais, a habilidade de voar, as fortes estruturas das árvores e até mesmo o próprio corpo humano, eram e são inspirações para os avanços da mente humana. Alterando o pensamento de retirar e usar os diversos elementos da natureza para a ideia de visualizar e aprender com eles e assim, utilizar um padrão ecológico para julgar a sustentabilidade das invenções.

Para Geada (2006, p.22):

A biomimética visa o estudo da Natureza no sentido de aprender com ela (e não sobre ela) e utilizar esse conhecimento em diferentes domínios da ciência. Proveniente do

grego “bios”, que significa vida, e “mimesis”, que significa imitação, a biomimética baseia-se no estudo de sistemas biológicos para desenvolver ou aperfeiçoar novas soluções de engenharia, já que os problemas por eles enfrentados são similares, em muitos aspectos, aos encontrados em sistemas de engenharia. Os biomimeticistas encontram na Natureza um modelo perfeito de imitação, de inspiração, pois ela tem muito para nos ensinar, tem muitas respostas às nossas questões. É nesse âmbito, da imitação/inspiração nos modelos/processos da natureza, que os biomimeticistas procuram respostas com vista a solucionar os seus problemas [...]

A aplicação deste conhecimento tem trazido grandes benefícios no desenvolvimento de diversas áreas tecnológicas e científicas, como, por exemplo, a Engenharia Aeroespacial, a Medicina, a Engenharia Civil, a Engenharia Mecânica entre outras. Pode-se afirmar que toda tecnologia desenvolvida pelo ser humano possui similar na natureza, desde as máquinas mais simples como a roda e a alavanca, até as máquinas mais sofisticadas, como computadores e aeronaves.

Antigamente, o incentivo que a natureza concedia era focado simplesmente no *design* decorativo da arquitetura, o que difere da atualidade, pois essa inspiração é agora utilizada na execução de novos sistemas estruturais. Atualmente, existem diversas edificações que provavelmente foram projetadas tendo como inspiração um elemento da natureza. Segundo Martins (2012) existe uma grande variedade de estruturas naturais que podem ser encontradas na natureza e que têm sido facilmente transmitidas para as estruturas efetuadas pelo homem, como exemplo, o projeto de Santiago Calatrava a Gare do Oriente, localizada em Lisboa, é uma plataforma projetada com estruturas inspirada nas propriedades estruturais das árvores conforme é demonstrado na Figura 1.

Novos Saberes, v. 2, n. 1 (2015)

Figura 1: Gare do Oriente



Fonte: Farml Arquitetura (2014)

Outra forma de estrutura usada é a estrutura da casca, na qual a estrutura da obra é espelhada em cascas morfológicas encontradas na natureza como conchas do mar, tartarugas, entre outras. “Um dos grandes mentores das estruturas tipo casca foi Felix Candela, um engenheiro e arquiteto do século XIX que estudou e desenvolveu teorias para a construção em concreto armado deste tipo de estruturas” (MARTINS, 2012, p.13), sendo o restaurante Los Manantiales da Figura 2, uma das suas obras mais famosas.

Figura 2: Restaurante Los Manantiales, Xochimilco, México.

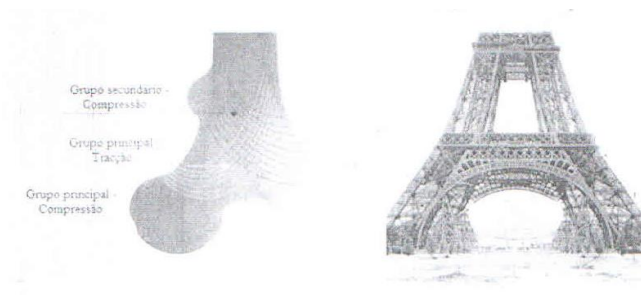


Fonte: ITESO *fundamentos de diseño* (2014)

O projeto realizado entre 1957 e 1958 foi inspirado na forma de uma concha de mar cujas curvas eram focadas num único centro, sendo utilizado concreto armado que auxilia na resistência à tração e compressão.

Grandes símbolos como Torre Eiffel, criada pelo engenheiro e arquiteto Gustavo Eiffel entre 1887 e 1889, teve sua estrutura baseada no fêmur humano conforme é demonstrado na Figura 3, encaixando-se na classificação de estrutura tipo esqueleto, enquadrado na Biomimética.

Figura 3: Similaridade do fêmur e a Torre Eiffel.



Fonte: Martins, 2014.

A aplicação da Biomimética no campo da Engenharia Civil pode trazer grandes vantagens, pois, tanto os sistemas naturais como os diversos projetos de engenharia têm como objetivo desenvolver sistemas maximizando os custos e a quantidade de recursos. Segundo Nunes (2014, p.3) “Ineficiência não existe em sistemas naturais, e os engenheiros humanos e designers procuram nela as soluções para problemas atuais”. Biomimética não consiste apenas em imitar forma da natureza, mas aprender com ela, pois para Martins (2014, p.5)

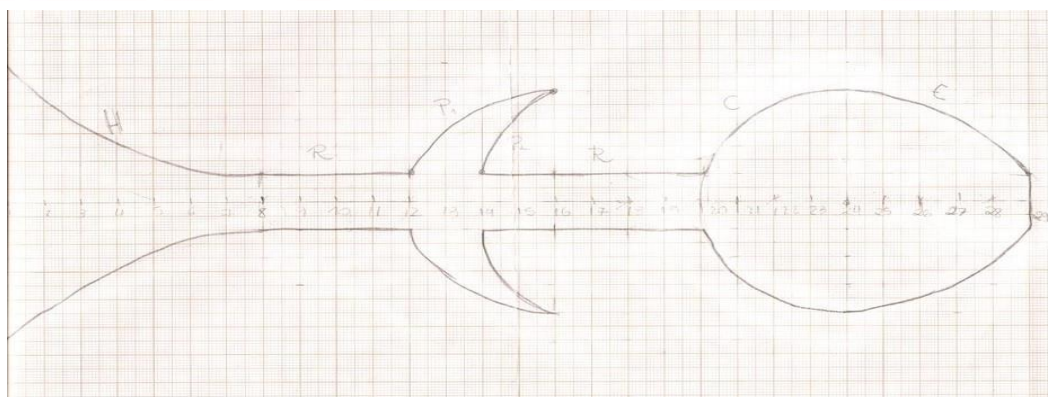
Tomar a natureza como fonte de inspiração é justificável devido ao fato dos sistemas biológicos existentes terem conseguido sobreviver ao longo de milhares de anos através da adaptação às condições do meio ambiente predominante, utilizando os recursos da natureza de uma forma surpreendentemente eficiente.

O fator sustentabilidade é uma forma de aprender com a natureza, portanto tem uma ligação direta com biomimética. Na Engenharia Civil a sustentabilidade é uma tendência crescente no mercado, sempre buscando soluções que sejam viáveis economicamente, ambientalmente, socialmente e culturalmente. (CORRÊA, 2009).

3 METODOLOGIA

Usando os conhecimentos desenvolvidos disciplinas de Cálculo Diferencial e Integral II e Álgebra Linear e Geometria Analítica II, primeiramente foi criado o desenho do corte transversal longitudinal do sólido de revolução, com o tema de Biomimética aplicada à Engenharia Civil que teve como resultado uma torre em formato de tulipa com características de retas e cônicas conforme a Figura 4.

Figura 4: Desenho no papel milimetrado



Fonte: Os autores

Este desenho foi feito em papel milimetrado para que fosse possível a retirada de dados e definição das cônicas. Foram definidas nove funções (Tabela 1) para posteriormente calcular a área do corte transversal longitudinal e do volume do sólido de revolução. A figura foi dividida em vários segmentos para que os cálculos sejam realizados.

Tabela 1: Funções

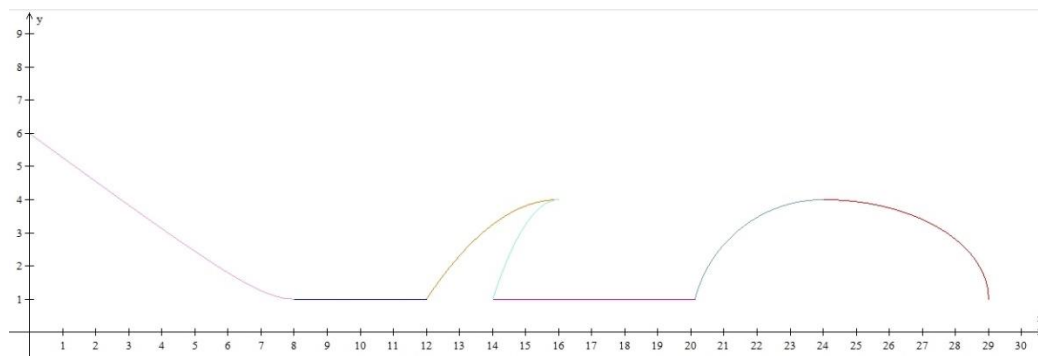
Segmentos	Funções
Hipérbole	$y = \pm \sqrt{1 + \frac{(x-8)^2}{64}}$
Reta	$y = 1$
Parábola (Equação 1)	$y = 4 - \frac{3(x-16)^2}{16}$
Parábola (Equação 2)	$y = 4 - \frac{3(x-16)^2}{4}$
Reta	$y = 1$
Circunferência	$y = \sqrt{16 - (x-24)^2}$
Elipse	$y = \sqrt{9(1 - \frac{(x-24)^2}{25})} + 1$
Hipérbole	$y = \pm \sqrt{1 + \frac{(x-8)^2}{64}}$
Reta	$y = 1$

Fonte: Os Autores (2014)

Com essa representação, verifica-se que o 1º segmento é uma hipérbole, 2º segmento uma reta, 3º segmento duas parábolas, sendo uma inversa, para ser semelhante a uma folha, 4º segmento uma reta, 5º segmento uma circunferência e o 6º segmento uma elipse. Assim representa uma tulipa em seis segmentos.

Ao determinar as funções do sólido que apresenta cinco cônicas e duas retas, realizou-se os cálculos das áreas dos cortes transversais longitudinais e dos volumes de cada segmento e com o auxílio do *software Winplot* utilizado para a verificação dos resultados e a reprodução do gráfico do corte transversal longitudinal (Figura 5).

Figura 5: Representação em 2D com o uso do *Winplot*

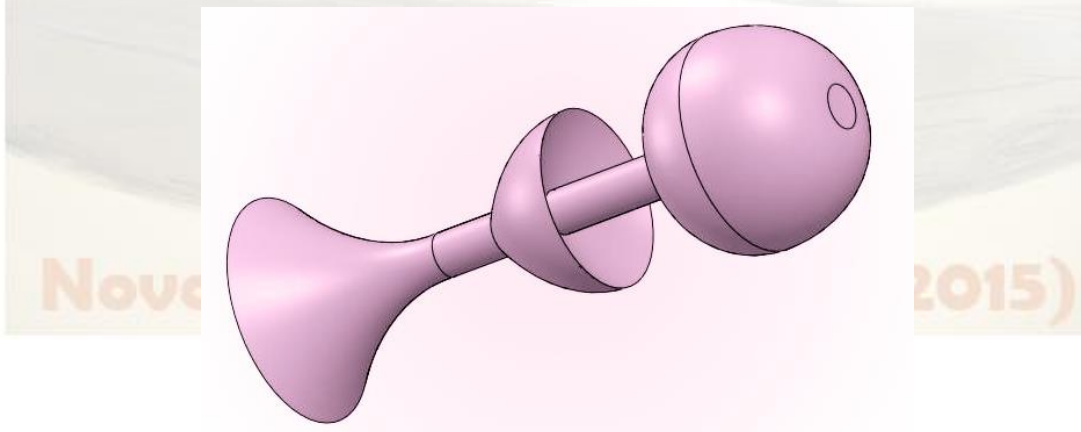


Fonte:

Os autores

Em seguida utilizou-se o *software SolidWorks* para a construção do gráfico do sólido de revolução, conforme a Figura 6.

Figura 6: Representação em 3D com o uso do *SolidWorks*



Fonte: Os autores (2014)

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Através das funções encontradas, foi utilizado o conceito de integrais definidas para o cálculo da área do corte transversal longitudinal e o volume do sólido de revolução correspondente a

uma hipérbole, duas retas, duas parábolas, uma circunferência e uma elipse, demonstradas na Tabela 2.

Tabela 2: Função, área e volume dos segmentos

Segmento	Função	Área (m ²)	Volume (m ³)
Hipérbole	$y = \pm \sqrt{1 + \frac{(x-8)^2}{64}}$	25,67	318,35
Reta	$y = 1$	4	12,67
Parábola (Equação 1)	$y = 4 - \frac{3(x-16)^2}{16}$	4,5	34,48
Parábola (Equação 2)	$y = 4 - \frac{3(x-16)^2}{4}$	6	61,57
Reta	$y = 1$	6,13	19,25
Circunferência	$y = \sqrt{16 - (x-24)^2}$	12,57	134,04
Elipse	$y = \sqrt{9(1 - \frac{(x-24)^2}{25})} + 1$	16,78	183,97
		151,3	744,96

Fonte: Os Autores (2014)

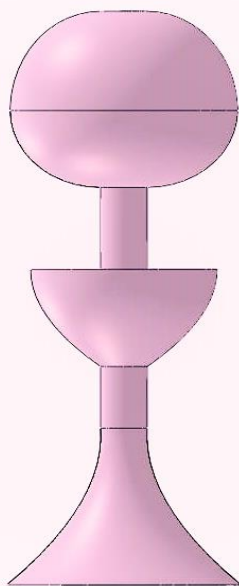
Através das equações obteve-se que a área do corte transversal longitudinal de 151,3 metros quadrados e o volume do sólido de revolução de 744,96 metros cúbicos. Além da área e volume, é proposto para este projeto uma torre sustentável em forma de tulipa, na qual suas folhas têm painéis solares, para a captação da luz solar, fazendo uma semelhança com o processo natural das plantas, chamado de fotossíntese, além de servir também para captação da água das chuvas para reutilização, obtendo um projeto que atinja o principal objetivo da biomimética, o da sustentabilidade. A Figura 7 traz a tulipa real.

Figura 7: Tulipa real



Fonte: Flor Arte (2014)

A Figura 8 apresenta o gráfico correspondente ao sólido de revolução desenvolvido no projeto.

Figura 8: Sólido de revolução utilizando *SolidWorks*

Fonte: Os autores (2014).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao final do projeto interdisciplinar, obteve-se o resultado de que sólido possui uma área de $151,3 \text{ m}^2$ e um volume $744,96 \text{ m}^3$. Além de ter como produto final uma representação de uma torre sustentável, abrangendo o principal objetivo da ciência biomimética que é segundo Martins (2014, p.1) “[...] utilizar um padrão ecológico para julgar a sustentabilidade das invenções humanas, pois, ao longo da sua evolução, a natureza aprendeu o que funciona, o que é apropriado e o que perdura.”

Pode-se também, chegar à conclusão de que os conceitos desenvolvidos em aula são fundamentais para que o engenheiro de qualquer área possa resolver eventuais situações de maneira correta e precisa. Além de ser eficiente trabalhar em equipe, preparando-nos para lidar com essa habilidade na vida profissional.

6 REFERÊNCIAS

BAR-COHEN, Yoseph. **Biomimetics, Biological Inspired Technologies**. Califórnia: Taylor & Francis, 2006.

BENYUS, Janine. **Biomimética: Inovação inspirada pela natureza**. 3.ed. São Paulo: Cultrix, 2007.

CORRÊA, Lásaro Roberto. **Sustentabilidade na Construção Civil**. 2009. 70 f. Dissertação (Especialização em Construção Civil) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

Farmi Arquitetura. Disponível em: <<http://famiarquitetura.blogspot.com.br/2013/03/estudo-de-caso-gare-intermodal-de-lisboa.html>>. Acesso em: 31 de out. 2014.

Flor Arte. Disponível em: <<http://www.florarte.com.br/imagens/signos/Sagitario/Tulipa-Silic-Creme-Rosa.jpg>>. Acesso em: 29 out. 2014.

GEADA, Oriana. **Biomimética: uma nova abordagem na conquista do espaço**. Fundação Calouste Gulbenkian. Disponível em: <<http://www.cienciahoje.pt/index.php?oid=2896&op=all>>. Acesso em: 20 out. 2014

ITESO fundamentos de diseño. Disponível em: <<http://ar675930.blogspot.com.br/2010/04/felix-candela.html>>. Acesso em: 31 de out. 2014.

MARTINS, Rui Alberto Linheiro. **Biomimética no projeto de estruturas espaciais**. 2012. 161 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Nova de Lisboa, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Lisboa, 2012.

NUNES, Luiza Ferreira. Biomimética a ciência para a sustentabilidade. **II Ciclo de conferências: Conselho Técnico – Científico**, Castelo Branco, 2014

STEINBRUCH, Alfredo; WINTERLE, Paulo. **Álgebra Linear**. 2ed. São Paulo: Pearson Makron Books, 1987.

STEWART, James. **Cálculo**. 2. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2012.



Sobre as autoras:

Lays Fernanda Tamarozi e Taynara Umlauf são acadêmicas do Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Católica de Santa Catarina em Jaraguá do Sul.

Ana Paula Bertoldi Oberziner e Mirian Bernadete Bertoldi Oberziner são professoras de Cálculo, Geometria Analítica e Álgebra Linear dos cursos de Engenharia do Centro Universitário Católica de Santa Catarina em Jaraguá do Sul.

Novos Saberes, v. 2, n. 1 (2015)