



SEARA DA CIÊNCIA

CURIOSIDADES DA FÍSICA

José Maria Bassalo



Stevin, os Princípios do Equilíbrio das Forças e o da Solidificação, e a Queda dos Corpos.

Em 1586, o matemático e físico flamengo Simon Stevinus (Stevin) de Bruges (1548-1620) publicou, na cidade de Leiden, seu livro intitulado **De Beghinselen der Weeghconst** (“Princípios Fundamentais da Arte da Balança”), no qual abordou o estudo das máquinas simples e o da Hidrostática, usando para isso dois princípios: **Princípio do Equilíbrio das Forças** e **Princípio da Solidificação**. Com o primeiro, obteve resultados importantes sobre a Estática dos Sólidos como, por exemplo, demonstrou a impossibilidade do movimento perpétuo. Com efeito, usando uma corrente sem fim (formada de um colar de esferas ou **cloutcrans**) e dois planos inclinados reunidos, de modo a formar um triângulo, determinou, geometricamente, que a corrente deveria permanecer imóvel. Sobre essa descoberta – conhecida como **triângulo de forças** – Stevin escreveu: *Wonder en is gheen wonder* (“A maravilha não é uma maravilha”). Baseado nesse resultado, ele estudou ainda nesse livro (e também geometricamente) a condição de equilíbrio de toda espécie de corpos (esféricos, cilíndricos, prismáticos etc.) em um plano inclinado, lançando mão de arranjos mecânicos envolvendo outras máquinas simples, principalmente, balanças e polias (roldanas). Em seu estudo sobre polias e suas combinações, chegou a um importante resultado: *Em um sistema de polias em equilíbrio, são iguais os produtos dos pesos pelos deslocamentos respectivos*. Observe-se que esse resultado contém o germe do **Princípio da Velocidade (Deslocamento) Virtual**, que foi mais tarde, em 1717, discutido e analisado pelo matemático suíço John (Johann, Jean) Bernoulli (1667-1748).

Com o **Princípio da Solidificação**: *A solidificação de um fluido em equilíbrio não perturba esse mesmo equilíbrio*, Stevin redescobriu os resultados obtidos pelo matemático grego Arquimedes de Siracusa (c.287-212) (vide verbete nesta série) e obteve novos. Para chegar a esses resultados, Stevin imaginou as seguintes experiências. Seja um recipiente contendo água. Então, qualquer parte A dessa água ficará em equilíbrio no seio do líquido, pois, se assim não fosse, essa parte desceria, e uma nova parte da água que ocupasse o seu lugar também desceria, e assim sucessivamente. Portanto, haveria um movimento perpétuo o que, contudo, não é observado. Desse modo, Stevin concluiu: *A água imersa em água perde seu peso*. Agora, continuou Stevin, se imaginarmos a superfície de uma parte solidificada dessa água, a **vas superficialium**, como a denominou, ela estará também sujeita às mesmas condições analisadas anteriormente. Assim, concluiu então que uma parte de um líquido em equilíbrio se acha temporariamente solidificada. De posse dessas conclusões, Stevin passou a realizar uma série de engenhosas experiências nas quais estudou a distribuição do peso de líquidos sobre as paredes verticais e a base de recipientes, chegando finalmente ao hoje famoso **Princípio de Stevin**: *A força (f) exercida por um líquido sobre a base de um recipiente independe de sua forma, dependendo somente de sua altura (h) e da área (A) dessa base, isto é: $f = \rho g h A$, onde ρ é a densidade do líquido e g é a aceleração da gravidade*.

Com esse princípio Stevinano, iniciou-se a explicação do famoso **Paradoxo Hidrostático**, que intrigava os estudiosos de Hidrostática desde o Mundo Antigo: *Dado um conjunto de recipientes de formas muito diferentes, porém de mesma base, e conectados entre si, se forem cheios com um líquido, a altura atingida pelo mesmo em cada recipiente é a mesma.* Contudo, a explicação completa desse “paradoxo” só veio quando foi desenvolvido o conceito de **pressão interna**, ocorrido no Século 18, conforme veremos mais adiante, e importante para entender a distribuição do peso de um líquido nas paredes dos recipientes que o contêm, principalmente quando elas são inclinadas. É claro que o próprio Stevin percebeu a importância desse conceito ao analisar essa distribuição e, com isso, antecipou os métodos do Cálculo Integral. Vejamos como. Usando o “método da exaustão Arquimediano”, Stevin dividiu a superfície sob o peso do líquido, em elementos cada vez menores e cada um dos quais suportando um peso que se encontra entre dois valores determináveis. Aumentando o número dessas divisões, esse seu processo poderia ir tão longe quanto possível, de modo que as diferenças entre valores limítrofes se tornassem menor do que qualquer quantidade dada, por menor que fosse. Ora, esse procedimento está em perfeita analogia com o conceito de **limite**, formalizado pelo matemático francês Jean Le Rond d’Alembert (1717-1783), em verbete na *Encyclopédie*, em 1765.

Esse processo de **limite** que foi usado por Stevin, significa dizer que a força exercida por um líquido incompressível sobre uma superfície sempre é perpendicular à mesma, conforme mais tarde foi discutido pelo físico e matemático suíço Leonard Euler (1707-1783), em seu livro intitulado **Scientia Navalis** (“Ciência Naval”), publicado em 1738, no qual ele apresenta o conceito de **pressão interna**, que significa a força exercida por um fluido sobre uma superfície hipotética no seu interior, qualquer que seja sua posição ou forma.

É oportuno observar que, para o entendimento completo do **Princípio de Stevin**, além do conceito de **pressão interna**, visto acima, foi necessário o conceito de **pressão atmosférica**, desenvolvido no Século 17, graças aos trabalhos do físico italiano Evangelista Torricelli (1608-1647), em 1643, e do físico e matemático francês Blaise Pascal (1623-1662) em 1647. Desse modo, podemos resumir esse princípio pela seguinte expressão: **$P = p + \rho gh$** , onde P indica a pressão (que significa força dividida por área) no interior do líquido a uma altura h, p é a pressão atmosférica, e as demais letras já foram definidas anteriormente. Observe-se que essa expressão explica também o princípio do **sifão**, um dispositivo inventado pelo engenheiro grego Heron de Alexandria (c.20 d.C.- ?), descrito em sua obra intitulada **Hidráulica** (composta de dois livros), e que era empregado para extrair líquido de um recipiente, sem entortá-lo.

Ainda em seus estudos sobre Hidrostática, ao pesquisar as condições de equilíbrio de corpos flutuantes, Stevin chegou a dois resultados importantes: *Primeiro – O centro de gravidade de um corpo deve achar-se na mesma linha perpendicular com o centro de gravidade da água que se desloca e quanto mais baixo se encontrar o centro de gravidade do corpo flutuante, mais estável será o equilíbrio; Segundo – O centro de gravidade de um triângulo se encontra na intersecção de suas medianas.*

Por fim, é interessante destacar que, ainda em 1586, Stevin mostrou que duas esferas de chumbo, uma dez vezes mais pesada do que a outra, elas atingiam o solo ao mesmo tempo quando largadas de uma altura de 30 pés.



ANTERIOR

SEGUINTE