

JEAN-VICTOR PONCELET: MATEMÁTICO E ENGENHEIRO POLITÉCNICO

Agamenon R. E. Oliveira

Escola Politécnica da UFRJ

Depto. Mecânica Aplicada e Estruturas

agamenon.oliveira@globo.com

RESUMO – Neste artigo, apresentamos as duas contribuições científicas fundamentais de Jean-Victor Poncelet (1788-1867): seu trabalho sobre a geometria projetiva e os desenvolvimentos feitos à mecânica aplicada na forma de um curso ministrado tanto na Escola de Artilharia e de Engenharia de Metz, quanto na Sorbonne, onde foi criada uma cátedra especialmente para ele. Também as relações entre a geometria e a mecânica são analisadas em um contexto mais amplo.

INTRODUÇÃO – As relações entre a mecânica e a geometria são bastante antigas. O exemplo mais significativo de uma estreita colaboração entre elas, pela importância para a história das ciências, é o caso de Arquimedes (287 a.c.-212 a.c.) ao usar o princípio da alavanca para calcular centros de gravidade de figuras geométricas, inclusive um segmento de parábola. O segundo grande exemplo se expressa nos “Principia” de Newton (1642-1727) cuja estrutura é semelhante aos “Elementos” de Euclides (325 a. c.-265 a. c.), além de utilizar a linguagem geométrica para demonstrar as leis do movimento. Outro exemplo notável é a geometria descritiva de Gaspar Monge (1746-1818) que teve como objetivo criar um novo ramo da geometria para aplicar aos problemas industriais da época. Finalmente, a mecânica de Lazare Carnot (1753-1823), como uma nova teoria geral para as máquinas, fortemente influenciada por d’Alembert (1717-1783), utiliza uma linguagem geométrica com uma abordagem extremamente original.

O trabalho de Poncelet no campo da matemática pura oferece uma oportunidade para se investigar e estabelecer novas relações entre a geometria e a mecânica. No que concerne a geometria, Poncelet, em março de 1820, apresentou à Academia de Ciências de Paris seu trabalho mais importante sobre as seções cônicas. Infelizmente, o célebre matemático Cauchy (1789-1857), que era o indicado pela Academia para analisá-lo não ficou completamente convencido de sua importância, e Poncelet teve dificuldade em obter o devido reconhecimento neste período inicial.

Com relação à mecânica aplicada, os cursos ministrados por Poncelet tanto na Escola de Artilharia e de Engenharia de Metz, de 1820 a 1834, quanto o outro na Sorbonne, a partir de 1837, são considerados peças fundamentais para a criação desta disciplina, com uma enorme repercussão

internacional na época em que foram ministrados. Estes cursos serão analisados de forma mais detalhada na parte final deste trabalho.

NOTA BIOGRÁFICA – Jean-Victor Poncelet nasceu em Metz em primeiro de Julho de 1788, filho de Claude Poncelet, um rico proprietário de terras e advogado, com Anne-Marie Perrein. Cursou o secundário no Liceu de Metz, onde ingressou em 1804 com dezesseis anos. Após o termino deste curso, os alunos poderiam entrar para a Universidade ou se prepararem para cursar as “Grandes Ecoles”, reservadas para a elite intelectual do país. Aqueles aceitos pelas “Grandes Ecoles” tinham praticamente assegurada uma carreira no serviço público, o que não acontecia com os egressos das Universidades. Alguns Liceus, como era o caso de Metz, tinham cursos especiais preparatórios para o ingresso naquelas “Ecoles”.



Fig. 1: Jean-Victor Poncelet

Em 1807, Poncelet entrou para a Escola Politécnica e teve como professores Monge, Lacroix (1765-1843), Ampere (1775-1836), Poinsot (1777-1859) e Hachette (1769-1834). Após perder um ano por problemas de saúde, obteve o grau de engenheiro politécnico com vinte e dois anos e imediatamente foi admitido no corpo de engenheiros militares. Após dois anos de treinamento em Metz, seu primeiro trabalho foi na fortificação da ilha de Walcheren. Em seguida foi designado para a campanha da Rússia. Foi então que na retirada de Moscou foi feito prisioneiro

na batalha de Krasnov, em Novembro de 1812, e enviado para o campo de prisioneiros no rio Volga, em Saratov. Nesta situação ficou por dezoito meses.

Devido às condições extremamente adversas a que estava submetido e para fugir do isolamento, começou a pensar e desenvolver suas idéias sobre a geometria. Sem poder consultar qualquer livro teve que reconstruir mentalmente os elementos de uma nova geometria analítica, em um sentido mais amplo. Foi assim que chegou a desenvolver muitas idéias originais relativas a geometria projetiva, em especial sobre as cônicas e sistemas de cônicas. As anotações feitas neste período em que esteve prisioneiro passaram a ser chamadas de “Cadernos de Saratov”. Eles vieram a constituir parte de suas “Applications d’analyse et de geometrie”, publicadas em 1862.

Depois de seu retorno à França em setembro de 1814, Poncelet foi promovido a capitão no corpo de engenharia em sua cidade natal de Metz, onde pelos próximos dez anos trabalhou na organização de um arsenal de engenharia e em vários outros projetos de topografia e fortificação. Foi no trato com estes problemas que adquiriu um grande conhecimento sobre problemas industriais. Em 1824, projetou e construiu uma roda d’água com palhetas curvas e que operava com alta eficiência. Devido a este estudo, o artigo no qual descrevia o invento, ganhou um prêmio de mecânica na Academia de Paris, em 1825.

Poncelet dedicava grande parte de seu tempo ao ensino, aperfeiçoando seus cursos de engenharia. O desenvolvimento de uma disciplina de mecânica aplicada foi o centro de suas preocupações e seu objetivo era que esta disciplina adquirisse cada vez mais uma característica industrial. Em 1841, publicou a “Introdução à mecânica industrial física ou experimental”, que logo teve grande repercussão nos meios científicos e tornou-se um texto de referência fundamental neste campo.

Poncelet faleceu em Paris em 22 de dezembro de 1867 com setenta e nove anos de idade. Infelizmente muitos de seus manuscritos e outros documentos relativos a suas atividades científicas desapareceram durante a primeira guerra mundial e certamente muitos fatos importantes perderam seus registros.

PONCELET E A GEOMETRIA PROJETIVA – Embora a geometria projetiva tenha sido estudada inicialmente por Désargues (1591-1661), Pascal (1623-1662), Gaspar Monge e Lazare Carnot, seu grande desenvolvimento se deu no início do século XIX com Poncelet. Seu “Traité des Propriétés Projectives des Figures” foi publicado em 1822 e é considerado um marco fundamental na história da geometria projetiva, tendo a partir daí dado um grande impulso aos estudos dessa disciplina. O trabalho de Poncelet estimulou uma verdadeira legião de matemáticos aos estudos neste campo de conhecimento. Entre eles podemos citar: Geogonne (1771-1859), Julian Brianchon

(1785-1864), Chasles (1793-1880), Plücker (1801-1868), Steiner (1796-1863), Cremona (1830-1903) e muitos outros. Além disso, somente a partir de Poncelet é que os teoremas de Désargues relativo a propriedades projetivas de triângulos e o de Pascal sobre interseções de cônicas ficariam completamente entendidos.

Poncelet desenvolveu conceitos e princípios novos para a geometria projetiva. Entre eles podemos citar o “princípio da dualidade” e o “princípio da continuidade”. O primeiro, aplicado a qualquer curva contínua, pode ser entendido se observarmos que uma curva qualquer, desde que contínua pode ser gerada tanto pelo movimento de um ponto quanto por retas tangentes a mesma. Dessa forma, pontos e retas estão íntima e reciprocamente associados a curva mencionada. Por qualquer ponto da curva passa uma reta e sobre qualquer reta da curva existe um ponto da mesma. Assim, ponto e reta são intercambiáveis. Isto tem consequências importantes tanto na geometria euclidiana evitando enunciados de exceção como na geometria projetiva em termos de propriedades de pontos e retas que também são intercambiáveis. Então, é possível dualizar certos enunciados.

O “princípio da continuidade” pode ser aplicado, por exemplo, para o caso de duas circunferências que se interceptam em dois pontos A e B. Então, o lugar geométrico em relação às duas circunferências é a reta AB. Esta propriedade também deve ser suscetível de demonstração através da geometria analítica. Mas este método ignora se os pontos A e B de interseção das duas circunferências são reais ou imaginários. Então o sistema de equações que prova a proposição no caso em que A e B são reais simultaneamente prova que a proposição quando A e B são imaginários também é válida. Como decorrência, quando as duas circunferências não se interceptam o lugar dos pontos P é ainda uma reta. Este método de raciocínio no qual a demonstração de um teorema para uma situação real, se obtém o teorema para uma situação imaginária, foi chamado por Poncelet de “princípio da continuidade” da geometria. Ele empregou esta proposição na geometria projetiva estendendo sua validade do caso de uma projeção real para uma projeção imaginária.

Poncelet encontrou algumas resistências da parte de vários matemáticos quanto à aplicação deste princípio.

O trabalho de Poncelet em geometria projetiva teve continuidade e alcançou um grande desenvolvimento na figura do matemático suíço Jacob Steiner. Ele chegou a ser comparado com o famoso matemático grego Apolônio (262 a. c.-190 a. c.) e entre suas contribuições à geometria projetiva está o estudo sobre as seções cônicas baseada na definição de uma cônica como o lugar dos pontos de interseção das retas correspondentes de dois feixes homográficos com vértices distintos.

O lado analítico da geometria projetiva foi desenvolvido por Ferdinand Möbius (1790-1868), Michel Chasles e particularmente por Julius Plücker.

OS CURSOS DE MECÂNICA APLICADA – Poncelet, a partir de meados dos anos 1820, inicia uma longa carreira como professor de mecânica aplicada. Os cursos ministrados na Escola de Artilharia e de Engenharia de Metz e na Sorbonne com a cátedra de mecânica física e experimental fazem parte importante de sua contribuição à engenharia e seu ensino.

- a) O curso de mecânica aplicada às máquinas em Metz (1825-1834): Poncelet, é, inegavelmente uma das principais figuras da refundação do ensino de mecânica para engenheiros na França, no período 1820-1850. Com seus conhecimentos de mecânica ele introduziu uma série de modificações no programa elaborado pela Instituição. Ao lado do propósito de familiarizar seus alunos com o estudo das máquinas, ele também tinha consciência como homem de ciência que era da necessidade de aprofundar certos conhecimentos científicos que eram do interesse geral dos engenheiros. Um desses assuntos era o fenômeno do atrito, assunto desenvolvido no final do século XVIII por Charles-Augustin Coulomb (1736-1806).

Na tarefa de implementar constantes modificações e conteúdos novos no curso de mecânica aplicada às máquinas, Poncelet contou com uma série de colaboradores. Entre eles podemos citar o oficial de artilharia Arthur-Jules Morin (1795-1880), nomeado professor adjunto em 1829 encarregado de fornecer os dados experimentais utilizados no curso.

Outro colaborador de Poncelet foi o oficial de engenharia Joseph-Aymé Lesbros (1790-1860) também encarregado de montar algumas experiências sobre as leis do escoamento d'água através de orifícios, cujos resultados foram incorporados ao curso de máquinas. Mais um assistente de Poncelet foi o engenheiro politécnico Jean-Louis Woisard, encarregado de colaborar na questão do atrito nas engrenagens.

O curso de mecânica aplicada às máquinas era ministrado durante o segundo semestre do curso de engenharia com duas aulas por semana no segundo e último ano.

- b) O curso de mecânica física e experimental na Sorbonne (1838-1848): Em 1837, Louis-Jacques Thenard (1777-1857) professor da Sorbonne e pessoa influente no governo, propõe ao ministro da Instrução Pública a criação na Sorbonne de uma cátedra de mecânica com uma orientação prática. Ao lado do ensino existente de mecânica teórica (mecânica racional)

o novo curso terá por finalidade difundir as idéias da mecânica ao público que frequenta as “Grandes Ecoles” além de tornar os resultados da mecânica racional aplicáveis aos jovens que possuem somente a matemática elementar. Isto sem entrar em choque com os objetivos do CNAM (Conservatório Nacional de Artes e Ofícios) que visava atingir os industriais, os chefes de oficina e outras categorias profissionais.

Ao propor este novo curso Thenard já tinha candidato a titular: Poncelet. Ele é nomeado por determinação real em 12 de dezembro de 1837. Dez anos depois Poncelet se demite para ocupar uma cátedra de mecânica criada no “College de France”. Com o fim deste curso seis meses depois, Poncelet encerra sua carreira como professor de mecânica aplicada.

CONCLUSÕES - Ao analisarmos o conteúdo do curso ministrado por Poncelet durante o inverno de 1840-41 na Sorbonne, podemos comprovar a grande influência da geometria. O título do curso como: Mecânica Física e Experimental tem um significado bastante abrangente e completamente diferente do que hoje podemos encontrar nos cursos e manuais de engenharia. Logo na primeira parte, a Seção I tem o título de: “Do movimento considerado sob o ponto de vista geométrico”. Nela Poncelet aborda não somente aspectos teóricos do movimento, mas algumas formas de medição do tempo, como por exemplo, o pêndulo. Em várias partes do curso podemos encontrar referências a métodos experimentais tornando seu título inteiramente apropriado.

Outro aspecto importante de ser observado é a inclusão de teorias mais gerais sobre o movimento como é o caso do movimento planetário e as leis de Kepler o que dá ao curso um caráter ainda mais amplo. É o primeiro curso de cinemática teórica ministrado na França e no mundo. Com isto ele cria uma ciência do movimento abstraindo-se as causas que o produzem, isto é as forças. Sendo a cinemática uma geometria do movimento ela pode ser considerada como uma disciplina intermediária entre a geometria e a mecânica. Além disso, Poncelet utiliza com frequência métodos gráficos para resolver muitos problemas de mecânica como é o caso da determinação do centro gravidade de figuras geométricas.

Com o desenvolvimento da mecânica aplicada há uma mudança epistemológica importante. A mecânica dita racional cujas leis do movimento poderiam ser deduzidas somente a partir do pensamento passa a incorporar o método experimental conquista fundamental da Revolução Científica do século XVII embora continue a se apoiar firmemente no quadro conceitual anterior. Somente assim os problemas colocados pelo desenvolvimento industrial teriam soluções satisfatórias.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CHATZIS, K.; Jean-Victor Poncelet et La “Science des Machines” à l’Ecole de Metz: 1825-1870, Actes de la Journée d’ Étude du 2 Novembre, Paris, 1995.

CHATZIS, K.; Jean-Victor Poncelet (1788-1867) ou le Newton de la Mécanique Appliquée, Bulletin de la Société des Amis de la Bibliothèque de l’Ecole Polytechnique, Paris, Juin, 1998.

D’ALEMBERT, J. L.; Traité de Dynamique, 2 Vol., Gauthier- Villars et Cie Editions, Paris, 1921.

NEWTON, I.; Principia: Principios Matemáticos de Filosofia Natural, Edusp, 2002.

PONCELET, J. V.; Introduction a La Mécanique Industrielle, Gauthier-Villars, Paris, 1870.

URBANEJA, P. M. G.; Arquimedes y los Origenes Del Calculo Integral, Ciencia Aberta, Nivola Libros Ediciones, 2008.