

TRAJETÓRIA DE UM CORPO EM TORNO DA TERRA QUANDO SUJEITO A PEQUENAS VARIAÇÕES DE VELOCIDADE



J. J. Teixeira^{1,4}, A. A. Soares^{2,3,4}

¹Agrupamento de Escolas Fernão de Magalhães, 5400-285 Chaves, Portugal

²Dep. de Física - ECT/UTAD, Apartado 1013, 5001-801 Vila Real, Portugal

³Ciener-INEGI/UTAD, Apartado 1013, 5001-801 Vila Real, Portugal

⁴LabDCT/CIDTFF, Apartado 1013, 5001-801 Vila Real, Portugal

jjsteixeira@gmail.com, asoares@utad.pt



Resumo

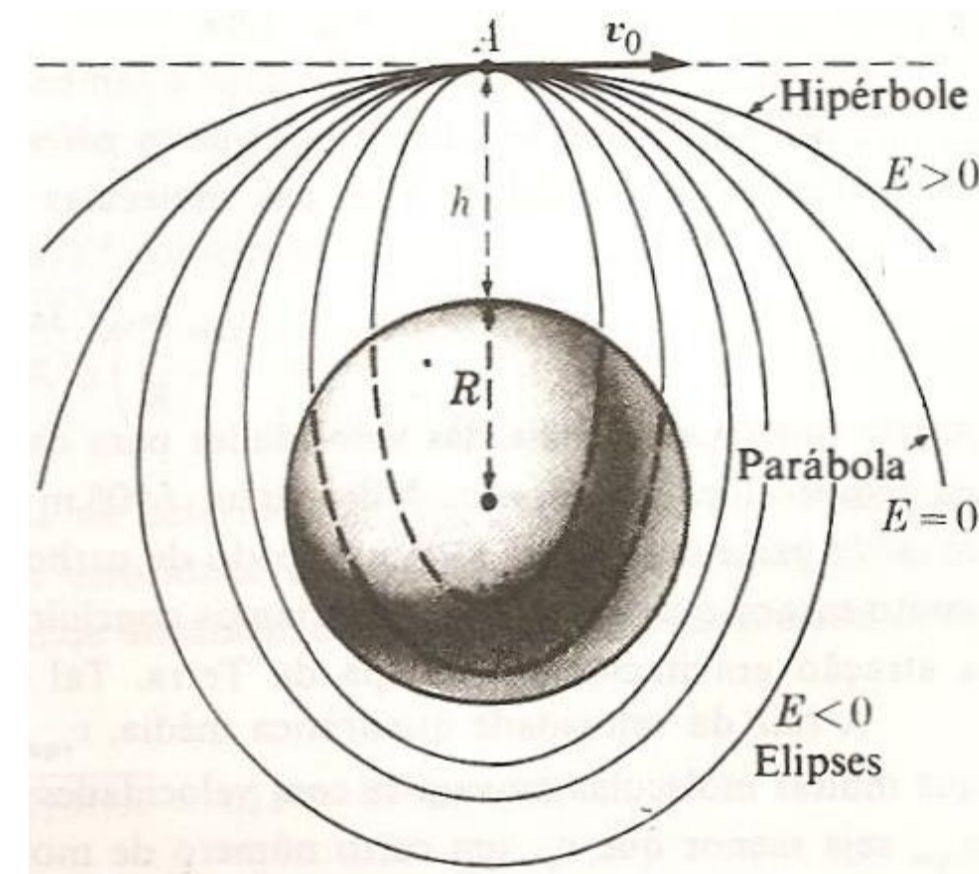
O estudo incide sobre a previsão das trajetórias de um corpo à volta da Terra quando sujeito a pequenas variações de velocidade. O trabalho baseia-se na análise de um questionário aplicado a professores do ensino secundário e na análise de manuais de Física. Identificou-se uma dificuldade sistemática relativamente à previsão das trajetórias dos corpos que se movimentam à volta da Terra. O uso de simulações computacionais na prática letiva é sugerido como estratégia para ultrapassar esta dificuldade.

Introdução

As órbitas de um satélite dentro do campo gravítico produzido por um planeta podem ser de três tipos: parabólica, elíptica ou hiperbólica. A órbita circular é um caso particular da órbita elíptica. O tipo de órbita é determinado pela energia mecânica: se a energia mecânica é positiva, a órbita é hiperbólica; se a energia mecânica é nula, a órbita é parabólica e se a energia é negativa, a órbita é elíptica [1].

A figura 1 mostra as trajetórias de um satélite lançado da Terra, após alcançar a sua altura máxima, h , e receber um impulso final, no ponto A, que lhe confere a velocidade horizontal v_0 . O centro da Terra é um dos focos da trajetória. Para se obter uma órbita parabólica, a velocidade do satélite teria de ser igual à velocidade de escape (energia mecânica nula). Para velocidades inferiores, a órbita será elíptica e, no caso particular da órbita circular, a velocidade tem de conferir uma energia cinética que é exatamente igual a metade do valor absoluto da energia potencial.

Figura 1. Alonso, M. e Finn, E. J. (1972). "Trajetórias de uma partícula lançada horizontalmente de uma altura h acima da superfície da Terra, com velocidade v_0 ". Física: um curso universitário, 403. São Paulo: Edgard Blücher.



Se a energia cinética for muito baixa a órbita elíptica interceta a Terra e o satélite colide. O mesmo raciocínio pode ser aplicado ao sistema Terra-Lua. A Lua apresenta uma trajetória parabólica de excentricidade baixa ($\approx 0,055$) e uma velocidade orbital média de $\approx 1,0$ km/s. A velocidade de escape da Lua relativamente ao campo gravítico terrestre é $\approx 1,4$ km/s. A partir da expressão da velocidade no afélio, deduzida por [2], verifica-se que se a velocidade no afélio for reduzida em aproximadamente 20 %, o periélio diminui cerca de 50%.

Neste contexto, o principal objetivo deste trabalho consiste em verificar se os professores, do ensino secundário, preveem corretamente a trajetória de corpos que se movimentam à volta da terra em órbitas de excentricidade nula ou baixa, quando o valor da velocidade do corpo sofre uma pequena alteração. São também sugeridas estratégias para ultrapassar eventuais dificuldades.

Metodologia

Para a consecução do objetivo proposto foi aplicado um questionário a 30 professores do ensino secundário. O questionário foi validado por um especialista em Física e foi aplicado a uma amostra piloto de dois professores. O tempo de serviço de 87 % dos professores está compreendido entre os 16 e os 30 anos e as habilitações académicas variam desde a licenciatura (67 %) até ao doutoramento. A experiência profissional, nos últimos 10 anos, no ensino da Física nos 10.º, 11.º e 12.º anos é de 3,1; 2,6 e 0,2 anos, respetivamente. Paralelamente foram analisados os manuais mais consultados por estes professores relativamente à forma como estes abordam a trajetória de corpos à volta da Terra.

Para os professores verificarem se a sua previsão estaria correta criou-se uma simulação no *Modellus*, onde se pode observar a trajetória da Lua quando o valor da velocidade desta sofre alterações (figura 2).

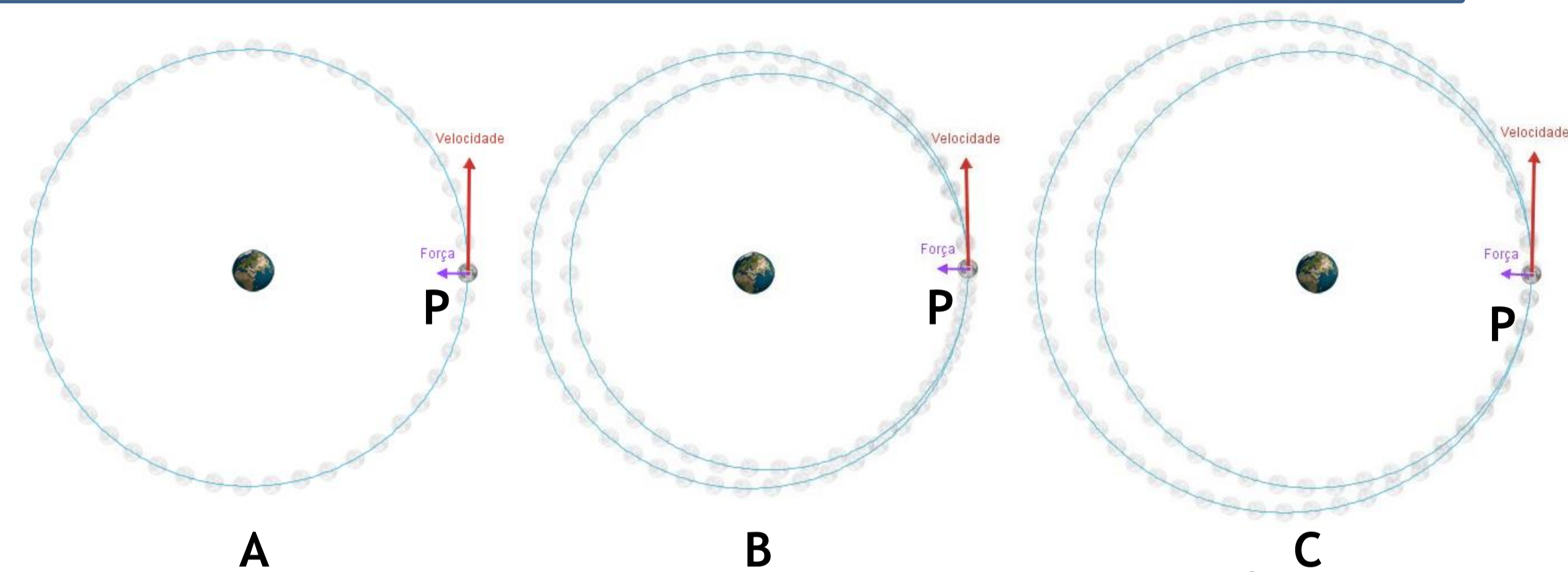
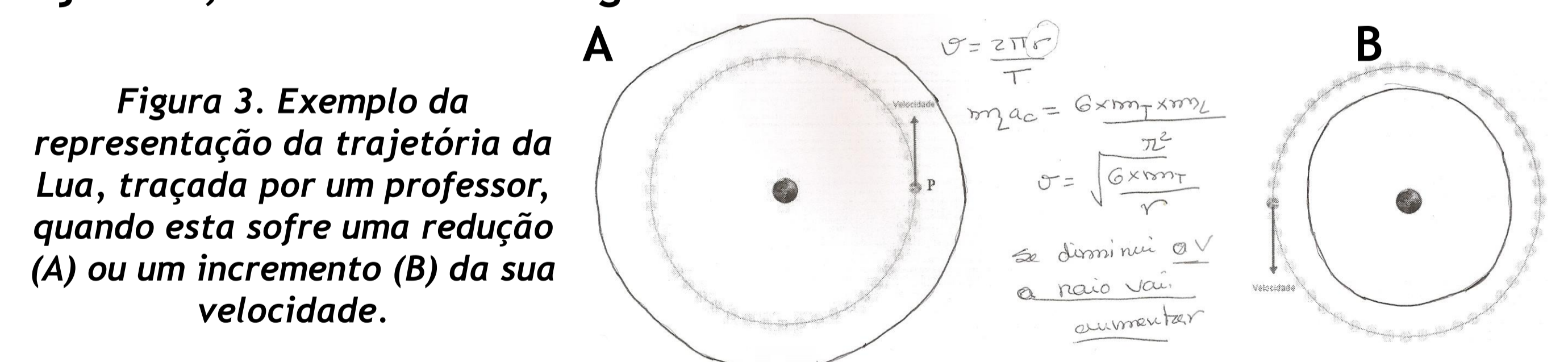


Figura 2. Comparação das órbitas da Lua em três situações diferentes: A - Órbita normal da Lua (aproximadamente circular); B - Órbita normal da Lua e órbita da Lua quando a velocidade desta sofre uma diminuição de 5% (elipse interna); C - Órbita normal da Lua e órbita da Lua quando a velocidade desta sofre um incremento de 5% (elipse externa).

Resultados

Da análise aos questionários, verificou-se que nenhum professor representou corretamente a trajetória da Lua quando esta sofre incrementos ou reduções "instantâneas" da sua velocidade em 5 %. Em apenas 20 % das respostas é que a órbita interna corresponde à velocidade mais baixa e a externa à mais elevada. As órbitas são sempre circulares e em 73 % das respostas a órbita interna corresponde à velocidade mais elevada (Figura 3). Não representaram qualquer trajetória 7 % dos professores. Somente 20 % dos professores iniciaram o traçado da trajetória no ponto P. Menos de metade dos professores (47%) relacionaram a trajetória da Lua com a força gravítica e com a velocidade inicial desta. Metade dos professores (50 %) deduzem a expressão da velocidade orbital de uma trajetória circular para justificar que a diminuição de velocidade provoca um aumento do raio da nova trajetória ou o aumento da velocidade a diminuição do raio dessa trajetória, como mostra a Figura 3.



Os dois manuais do 11.º ano mais consultados pelos professores explicitam que a velocidade adequada da Lua, em combinação com a força gravítica, determina a sua órbita elíptica ou praticamente circular. Dois manuais do 12.º ano explicam o lançamento e as trajetórias de satélites na rubrica "Física em ação", que se encontra no final de cada capítulo. Um terceiro manual propõe apenas, numa questão, a procura de uma simulação que permita visualizar o tipo de trajetórias. Os manuais que dão maior profundidade a este assunto e os menos consultados pelos professores são os do 12.º ano.

Conclusões e sugestões

Os professores mostraram ter dificuldades na previsão das trajetórias dos corpos que se movimentam à volta da Terra quando o valor da velocidade destes sofre pequenas alterações.

Apenas alguns manuais do 12.º ano explicam as trajetórias dos satélites em rubricas que são pouco abordadas e consultadas pela maioria dos professores.

Sugere-se que, nesta temática, sejam utilizadas simulações computacionais para suprir as dificuldades manifestadas pelos professores e a abordagem superficial efetuada pelos manuais.