



Encontros Integrados em Física e seu Ensino 2022

II Encontro do MNPEF (En-MNPEF)
VIII Escola Brasileira de Ensino de Física (EBEF)
XI Escola de Física Roberto A. Salmeron (EFRAS)

Universidade de Brasília
Instituto de Física
12 a 16 de dezembro de 2022

100 anos de Darcy Ribeiro

O PROCESSO DE DESCOBERTA POR MEIO DE UM EXPERIMENTO USANDO APENAS UMA RÉGUA

THE PROCESS OF DISCOVERY THROUGH EXPERIMENTING USING A RULER ONLY

André Maurício Brinatti¹, Silvio Luiz Rutz da Silva², André Vitor Chaves de Andrade³, Jeremias Borges da Silva⁴

^{1, 2, 3, 4} Departamento de Física, MNPEF (Polo35 - UEPG), Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG)

brinatti@uepg.br¹, rutz@uepg.br², avca@uepg.br³, silvajb@uepg.br⁴

Resumo

Neste trabalho, apresenta-se uma prática experimental aplicada em sala de aula em uma disciplina de um curso de Licenciatura em Física, a fim de exemplificar o processo da descoberta, o currículo em espiral e a estrutura e forma de conhecimento sobre o assunto segundo a teoria de ensino de Bruner. A atividade propriamente é a busca da solução à pergunta: Como medir seus reflexos com uma régua? A solução deve ser devidamente justificada com os conceitos, princípios e relações de física. O processo, por meio de trabalho em equipe e em turma, é mediado pelo docente que faz uso do currículo em espiral nas discussões em equipe e com a turma. Uma vez que a solução é encontrada, mostra-se a importância da estrutura e forma de conhecimento sobre o assunto por meio da atividade e sua aplicação. Com base na experiência do docente, observações em relação às ações dos estudantes durante os anos em que a atividade foi aplicada e a discussão com colegas docentes, é possível afirmar que inicialmente os estudantes não associam a proposição à Queda Livre. No entanto, durante o processo, reconhecem o modelo proposto, uma vez que reveem assunto, destacando o currículo em espiral, há evidências de aprendizagem, motivação, satisfação da descoberta do modelo para a solução e aplicação na perspectiva das características da estrutura e forma de conhecimento sobre o assunto.

Palavras-Chave: currículo em espiral; teoria de ensino de Bruner; ensino de física; queda livre; tempo de reação.

Abstract

This study presents an experimental practice applied in the classroom in a subject of a Physics teaching undergraduate course. It aims to exemplify the discovery process, the spiral curriculum and the structure and form of knowledge on the subject according to Bruner's teaching theory. The task is to find the solution to the question: How can you measure your reflexes using a ruler? The solution must be well founded with concepts, principles, and physics relations. The process, developed as group and class work, is mediated by the teacher who uses the spiral curriculum in the discussions with the groups and the whole class. Once the solution is found, the importance of the structure and form of knowledge on the subject is shown through the activity and its accomplishment. Based on the teacher's experience, observations regarding students' actions throughout the years this task was used and discussions with other teachers, it is possible to state that initially students did not associate the proposition with Free Fall. However, during the process, they recognize the proposed model, since they review the subject, highlighting the spiral curriculum, there is evidence of learning,



motivation, satisfaction with the discovery of the model for the solution and application in the perspective of the characteristics of the structure and form of knowledge on the subject.

Keywords: spiral curriculum; Bruner's teaching theory; physics teaching; free fall; reaction time.

Introdução

O relato que se apresenta neste trabalho é de uma prática experimental aplicada em uma aula na disciplina de Ensino de Física I (EFI) do Curso de Licenciatura em Física da Universidade Estadual de Ponta Grossa. A EFI é obrigatória, anual com carga horária semanal de 2h perfazendo um total de 68 h no ano, e tem em sua ementa os vários enfoques das abordagens de ensino e aprendizagem (BRINATTI; SILVA; SILVA, 2014; UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA (UEPG), 2022). De maneira geral, no percurso da disciplina, antecedendo cada enfoque abordado, o docente propõe uma atividade que possibilite exemplificar elementos do respectivo referencial teórico que será desenvolvido na sequência da disciplina. Obviamente, e apesar de ser este o foco, durante todo o percurso da disciplina, frequentemente e sempre que possível, o docente faz referência a uma determinada atividade realizada anteriormente, mostrando elementos de outros referenciais teóricos, de forma que as atividades propostas na disciplina não são estanques e atreladas a um único referencial adotado, mas que em um primeiro momento foi útil para exemplificar e ou apontar elementos de uma dada abordagem.

Isto posto, a atividade apresentada neste relato é uma proposição direcionada aos estudantes para encontrar uma forma de medição dos seus reflexos, na realidade os seus atos voluntários e não os atos reflexos, com o uso de um único instrumento dado a eles, uma régua. Ressalta-se também que a atividade experimental propriamente apresentada neste relato não é nenhuma novidade, uma vez que é possível encontrar vídeos explorando a atividade na internet, bem como explorada em aulas ou também em forma brincadeiras. No entanto, esta atividade é apresentada como uma prática experimental que tem como foco a exemplificação do processo da descoberta, do currículo em espiral e da estrutura e forma de conhecimento sobre o assunto segundo a teoria de ensino de Bruner (LEFRANÇOIS, 2015; GOI; SANTOS, 2018; LEÃO; GOI, 2021; MOREIRA, 2022).

E, ainda, este relato tem como base a experiência do docente e suas observações das ações dos estudantes durante todos estes anos em que a atividade foi aplicada, mais precisamente esta atividade é aplicada desde 2004 na EFI e trabalhada com o mesmo docente, além da discussão com os colegas docentes que fazem parte da equipe envolvida com o Curso de Licenciatura em Física.

1. Fundamentação Teórica

Como base no que foi mencionado anteriormente, o referencial teórico de ensino e aprendizagem adotado é a teoria de ensino de Bruner, porém, com destaques para o processo da descoberta, o currículo em espiral e a estrutura e forma de conhecimento sobre o assunto (LEFRANÇOIS, 2015; GOI; SANTOS, 2018; LEÃO; GOI, 2021; MOREIRA, 2022).

O ponto de partida da atividade é uma proposição em que os estudantes devem encontrar a solução da situação problema. Desta forma, a situação deve ser percebida por eles como algo a descobrir cuja solução pode ocorrer por meio de exploração de alternativas sempre guiada pelo docente e a aprendizagem, então, se torne mais significativa e relevante (LEFRANÇOIS, 2015; GOI; SANTOS, 2018; LEÃO; GOI, 2021; MOREIRA, 2022).



O currículo em espiral, que diz respeito a viabilização do assunto por vezes em diferentes níveis de complexidade e em diferentes formas de representação (LEFRANÇOIS, 2015; GOI; SANTOS, 2018; LEÃO; GOI, 2021; MOREIRA, 2022), é também um elemento que fica evidente nesta atividade, uma vez que a solução da situação envolve conceitos, princípios e relações de Movimento Retilíneo Uniformemente Variável, mais precisamente, de Queda Livre. De fato, o docente tem como premissa que os estudantes trazem os conceitos envolvidos na solução, por isso, pode-se dizer que a atividade leva a retomada dos assuntos porque, após a discussão, há a formalização da solução por meio do modelo e as considerações necessárias para o seu uso na experimentação.

E por meio da solução e aplicação, pode-se perceber que o modelo de Queda Livre e as condições para a experimentação trazem as três características fundamentais da estrutura e forma do conhecimento do assunto: forma de representação utilizada, economia e potência efetiva (LEFRANÇOIS, 2015; GOI; SANTOS, 2018; LEÃO; GOI, 2021; MOREIRA, 2022). Neste sentido, a representação simbólica, a desejada em princípio, está relacionada a abordagem do modelo de Movimento Retilíneo Uniformemente Variável; a economia na representação está atrelada ao uso do modelo e a expressão de Queda Livre para a solução do problema; e a potência efetiva aparece pelo percurso necessário adotado do início da atividade ao fim, ou seja, da busca da solução do problema, da solução e da sua aplicação, ou seja, na totalidade da realização da atividade.

Levando em consideração a interpretação do tema de física abordado no experimento, como ponto de partida e para lançar mão do currículo em espiral, tem-se o Movimento Retilíneo Uniformemente Variado de uma partícula em uma dimensão (TIPLER; MOSCA, 2009; HEWITT, 2011; HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2016), na direção horizontal, escolhida como direção do movimento, da esquerda para direita sendo o sentido adotado como positivo cujo valor da posição aumenta, e que é regido pela equação horária do movimento dada por

$$x = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a t^2, \quad (1)$$

onde x é a posição final da partícula, x_0 é a posição inicial da partícula, v_0 é a velocidade inicial da partícula, a é a aceleração da partícula e constante, movimento uniformemente variado, t é o tempo, todas as variáveis consideradas em unidades no Sistema Internacional. E por se tratar de um movimento unidimensional, onde a direção e o sentido foram definidos inicialmente, a Eq. (1) apresenta as componentes escalares das grandezas vetoriais envolvidas.

E que deste movimento e da Eq. (1), pode-se transpor para o movimento de Queda Livre (TIPLER; MOSCA, 2009; HEWITT, 2011; HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2016), modelo coerente com a solução, uma vez que, nas condições da proposta, pode-se desprezar o atrito com o ar. Então, a Eq. (1) torna-se

$$y = y_0 + v_0 t + \frac{1}{2} g t^2, \quad (2)$$

onde, se admite o movimento unidimensional na direção vertical, no sentido de cima para baixo, este adotado como sentido positivo cujo valor da posição aumenta, y é a posição final da partícula, y_0 é a posição inicial da partícula, v_0 é a velocidade inicial da partícula, g é a aceleração da partícula e constante, movimento uniformemente variado, t é o tempo, todas as variáveis consideradas em unidades no Sistema Internacional. E, como antes, por se tratar de um movimento unidimensional, com a direção e o sentido definidos, a Eq. (2) apresenta as componentes escalares das grandezas vetoriais envolvidas.



Encontros Integrados em Física e seu Ensino 2022

II Encontro do MNPEF (En-MNPEF)
VIII Escola Brasileira de Ensino de Física (EBEF)
XI Escola de Física Roberto A. Salmeron (EFRAS)

Universidade de Brasília
Instituto de Física
12 a 16 de dezembro de 2022

100 anos de Darcy Ribeiro

E ainda, considerando que a partícula é abandonada da origem, então $v_0 = 0$ e $y_0 = 0$ e a Eq. (2), é escrita como

$$y = \frac{1}{2}gt^2. \quad (3)$$

E por meio da Eq. (3) é possível determinar o tempo de Queda Livre de uma partícula da seguinte forma

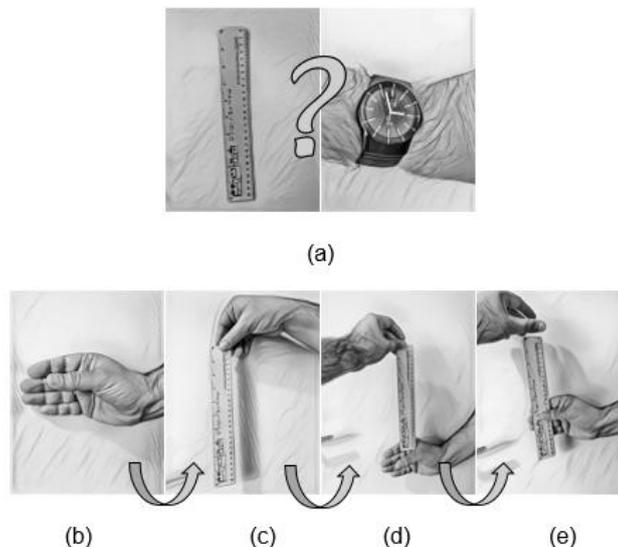
$$t = \sqrt{\frac{2y}{g}}. \quad (4)$$

Vale lembrar que uma alternativa a Eq. (4) é usar o fato de que é importante a variação da posição da partícula, ou seja, $\Delta y = y - y_0$, que é associada ao deslocamento da partícula, este que tem magnitude, valor da componente escalar, dada pelo valor de Δy , está na direção vertical e no sentido de cima para baixo, conforme previamente adotado. Então, a partícula não precisa necessariamente partir da origem, isto é, e $y_0 \neq 0$ e a Eq. (4), pode ser expressa por

$$t = \sqrt{\frac{2\Delta y}{g}}. \quad (5)$$

E na perspectiva que a solução da proposição seja uma atividade experimental proposta pelos estudantes de acordo com esquema mostrado na Figura 1.

Figura 1 – Proposição e sequência para o experimento: (a) proposição, (b) mão em forma de pinça do indivíduo que será testado, (c) régua suspensa por outro indivíduo e na posição correta, (d) situação inicial do processo de queda da régua indicando como as mãos dos indivíduos devem ser posicionadas, (e) fim do processo de queda a régua.



Fonte: Elaboração própria (2022).



Para que ocorra a transposição dos conceitos, princípios e relações envolvidos na solução da proposição e na respectiva atividade experimental, não se pode deixar de mencionar que é necessário reforçar que o atrito com o ar pode ser desprezado porque o movimento analisado tem uma duração muito pequena. Também, deve-se admitir que o ponto material que se desloca é um ponto da régua, que pode ser tomado como o início da régua, o zero de sua escala, por exemplo, de acordo com a Figura 1, ou qualquer outro ponto, mas se deve escolher um ponto, uma vez que a régua irá se movimentar em relação as mãos de quem irá pegá-la, ou seja, o indivíduo que será testado. Assim, admitindo que o ponto material está localizado no zero da régua, usa-se a Eq. (4) para determinação do tempo, de outra forma, deve-se usar a Eq. (5).

2. Métodos e Materiais

Foi mencionado anteriormente que a atividade experimental necessita somente de uma régua de acrílico ou de madeira de 30 cm, podendo ser maior, e no mínimo dois indivíduos para testagem. Mas preferencialmente deve-se trabalhar com equipes para garantir a discussão durante todo o processo.

Com o objetivo de levar os estudantes a uma descoberta, a atividade tem como título a pergunta inicial que é: Como medir seus reflexos com uma régua?

Assim, o docente inicia a atividade fazendo a indagação mostrando uma régua. Ele alerta que a régua deve ser o único instrumento a ser usado na experimentação da aula, que o processo de validação do uso dela como medidor dos reflexos de um indivíduo deve ser por meio dos integrantes das equipes e da turma, que a solução encontrada deve ser justificada com os conceitos, princípios e relações de física, e esclarece que o termo – reflexos – de que se trata a pergunta, são as reações consideradas voluntárias, atos voluntários, e não as involuntárias, os atos reflexos, propriamente.

Para que eles possam descobrir a solução da proposição, ou seja, do problema, o docente os deixa à vontade para refletir, discutir e encontrar a solução, no entanto, ele vai as equipes para sondar as proposições que surgem. Esta sondagem é com os propósitos de alertar os estudantes de que o único instrumento a ser usado é uma régua e a testagem da solução encontrada será por meio dos integrantes das equipes, de orientá-los caso estejam no caminho certo, ou caso estejam divagando em relação a proposição, ou seja, as intervenções do docente são para que a descoberta ocorra, evitar escolhas demasiadamente aleatórias e decorram desistências.

Após um certo tempo, aproximadamente meia hora, e depois do docente verificar que a maioria das equipes chegou na solução, ou muito próxima da solução, há a exposição das soluções para a turma. Então, com base na exposição de cada equipe e de forma mediada o docente faz uma síntese da discussão. Nesta síntese, ele lança mão do currículo em espiral e da representação simbólica, uma vez que eles tiveram que resgatar os conceitos relativos ao Movimento Retilíneo Uniformemente Variado, à Queda Livre, reconhecer relações, supor que a resistência do ar, no caso do experimento, poder ser desprezada, ou seja, descobrir a solução.

Na sequência da atividade, o docente propõe para que os estudantes façam a testagem da solução encontrada e, neste momento, pode-se inferir que é necessário a economia na representação do conhecimento sobre o assunto, uma vez que, para a determinação do tempo de reação, os estudantes devem usar a Eq. (4) ou a Eq. (5). Além disso, para a testagem entre os indivíduos, eles devem decidir o modo de coletar os dados, quantas repetições para cada indivíduo, a forma de tabulação dos dados e seu respectivo tratamento, possíveis erros e desvios. O procedimento é discutido em equipe e, novamente, o docente se faz presente para mediar as ações e corrigir as rotas. Esta etapa tem uma duração de aproximadamente meia hora. Ao final, eles apresentam os resultados para a turma, momento que se faz uma discussão geral.



Para finalizar a atividade, o docente pode mostrar, ou construir junto com os estudantes, a Tabela 1 que traz os dados que relacionam as variações da posição da régua com o tempo de reação. Vale notar que a Tabela 1 foi construída com variações de 0,025 m, considerando que este valor é adequado porque é a largura do polegar em média quando pressionado ao pegar uma régua, adotou-se $g = 9,8 \frac{m}{s^2}$, e o uso da Eq. (5). Em seguida, com a régua, o docente repete a experiência com novas medições entre os estudantes e, a cada medida, faz a leitura do valor de tempo na Tabela 1. Obviamente que no processo de leitura, o docente estabelece que há um erro para mais ou para menos e o leitor deve considerar a largura do dedo e, ainda, tomar como referência o lado superior, o inferior ou o meio do polegar, considerando este o mais paralelo possível a largura da régua. Neste fechamento vem à tona a representação simbólica, a economia e a potência efetiva que são as três características da estrutura e forma do conhecimento do assunto e, também, o currículo em espiral.

Tabela 1 – Relação entre a variação da posição da régua e o tempo de reação.

Variação da posição (m):	Tempo de reação (s):
0,025	0,071
0,050	0,101
0,075	0,124
0,100	0,142
0,125	0,160
0,150	0,175
0,175	0,189
0,200	0,202
0,225	0,214
0,250	0,226
0,275	0,237
0,300	0,247

Fonte: Elaboração própria (2022).

Vale lembrar que no decorrer da atividade o docente faz uso do processo da descoberta, do currículo em espiral e da estrutura e forma de conhecimento sobre o assunto, porém, não associa esses elementos à teoria de ensino de Bruner. De fato, a abordagem com foco na teoria de ensino ocorre na aula seguinte com a discussão mediada pelo docente buscando exemplificar os elementos citados e que são resgatados da atividade relatada no presente trabalho.

A avaliação da proposição tem como base a experiência do docente e suas observações das ações dos estudantes durante todos estes anos em que a atividade foi aplicada e a discussão com os colegas docentes.

3. Resultados e Discussões

Em linhas gerais, ao fazer a indagação, muitos estudantes não entendem de fato a proposição, ou entendem, mas não sabem como começar, alguns ficam esperando mais informação, outros se espantam, mas dificilmente alguém quer desistir.

Um fato interessante de registrar é a tendência bem frequente dos estudantes quererem usar algo além da régua.

Também há estudantes com a solução porque tiveram contato via algum vídeo disponível, ou algo similar, ou conhecem como uma brincadeira. Deste grupo, em sua grande maioria há



Encontros Integrados em Física e seu Ensino 2022

II Encontro do MNPEF (En-MNPEF)
VIII Escola Brasileira de Ensino de Física (EBEF)
XI Escola de Física Roberto A. Salmeron (EFRAS)

Universidade de Brasília
Instituto de Física
12 a 16 de dezembro de 2022

100 anos de Darcy Ribeiro

desconhecimento de que se trata de Queda Livre, ou seja, raramente algum estudante associa de imediato a proposição com a física envolvida.

É interessante ressaltar que durante o processo e com a discussão em equipe e ou em turma a atividade se desenrola de forma que muitos se surpreendem com a solução encontrada, começam a dar indícios que estão revendo e reforçando o entendimento sobre Queda Livre de uma forma mais significativa e, ao final, percebe-se que há uma certa satisfação em chegar à solução da proposição.

Para alguns estudantes, a Eq. (4) ou a Eq. (5) não é mais uma fórmula, mas torna-se um modelo de solução para um problema e aplicação. Isto pode ser percebido quando há a associação da escala da régua com os tempos indicados na Tabela 1 porque eles não apresentam dificuldades em admitir que a régua se tornou um medidor de tempo de reação.

Na aula seguinte, em que é abordada a teoria de ensino de Bruner, a exemplificação do processo da descoberta, do currículo em espiral e da estrutura e forma de conhecimento sobre o assunto fica facilitada ao resgatar o percurso da atividade do presente relato.

4. Considerações Finais

De fato, nem todos os estudantes inicialmente entendem a proposição, ou não sabem por onde começar, há aqueles que se espantam, os que esperam mais informação, ou querem usar algo além da régua e aqueles que conhecem a solução porque tiveram contato por algum meio como em uma brincadeira.

Em linhas gerais, no início os estudantes não associam a proposição à Queda Livre. Porém, durante o processo mediado pelo docente, evidencia-se que os estudantes reconhecem o modelo proposto como solução, uma vez que há uma revisão do tema, assim, destacando-se o currículo em espiral. Também é aparente a motivação, seguida de satisfação da descoberta deste modelo para a solução da proposição e sua respectiva aplicação na perspectiva da representação simbólica, da economia e da potência efetiva, características da estrutura e forma do conhecimento sobre Queda Livre e indícios de aprendizagem.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Agradecimentos à Universidade Estadual de Ponta Grossa pelo apoio recebido.

Referências

BRINATTI, A. M.; SILVA, J. B.; SILVA, S. L. R. A prática da disciplina articuladora na Licenciatura em Física. In: GOES, G. T.; CHAMMA, O. T. (Org.) **Arquitetura da Prática: interação do saber-fazer nas licenciaturas**. ed. atual. Ponta Grossa: UEPG, 2014. p. 137-150.

GOI, M. E. J.; SANTOS, F. M. T. Contribuições de Jerome Bruner: aspectos psicológicos relacionados à resolução de problemas na formação de professores de ciências da natureza. **Ciências & Cognição**, v. 23, n. 2, p. 315-332, 2018. Disponível em: http://www.cienciasecognicao.org/revista/index.php/cec/article/view/1477/pdf_124 . Acesso em: 01 nov. 2022.



Encontros Integrados em Física e seu Ensino 2022

II Encontro do MNPEF (En-MNPEF)
VIII Escola Brasileira de Ensino de Física (EBEF)
XI Escola de Física Roberto A. Salmeron (EFRAS)

Universidade de Brasília
Instituto de Física
12 a 16 de dezembro de 2022

100 anos de Darcy Ribeiro

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. Movimento Retilíneo. In: HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de Física: Mecânica**. 10. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016. p. 13-39.

HEWITT, P. G. Movimento Retilíneo. In: HEWITT, P. G. **Física Conceitual**. 11 ed. Porto Alegre: Bookman, 2011. p. 35-50.

LEÃO, A. F. C.; GOI, M. E. J. Um olhar na teoria da aprendizagem de Bruner sobre o ensino de Ciências. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 13, e367101321214, 2021. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i13.21214> .

LEFRANÇOIS, G. R. Três teorias cognitivas: Bruner, Piaget e Vygotsky. In: LEFRANÇOIS, G. R. **Teorias da aprendizagem: O que a velha senhora disse**. 5 ed. São Paulo: Cengage Learning, 2015. P. 219-273.

MOREIRA, M. A. A teoria de ensino de Bruner. In: MOREIRA, M. A. **Teorias de aprendizagem**. 3. ed. ampl. Rio de Janeiro: LTC, 2022. p. 72-83.

TIPLER, A. P.; MOSCA G. Movimento em uma dimensão. In: TIPLER, A. P.; MOSCA G. **Física para cientistas e engenheiros: Mecânica, Oscilações e Ondas, Termodinâmica**. 6 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009. p. 27-62.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA (UEPG). **Curso de Licenciatura em Física: Currículo 7**, 2009. Ponta Grossa: UEPG, 2020. Disponível em: https://www2.uepg.br/prograd/wp-content/uploads/sites/19/2021/06/Matriz-Curricular_Lic-Fisica_SITE.pdf