



ROCKETEERS UNIFAL-MG: O ENSINO DE FÍSICA ATRAVÉS DO LANÇAMENTO DE FOGUETES ARTESANAIS

*Rodrigo Rocha Cuzinatto**
Arthur Moraes D'Ambrosio
Hugo Ferreira de Andrade
Bárbara Rosalin Duarte
Victor Carmelino Lorencetti
Sérgio Alexandre Maéstri
Renan Dresch Martins
Mauro Fleury de Toledo Filho

RESUMO

Apresentamos os resultados do projeto de extensão “A Física do Lançamento de Foguetes Artesanais”, realizado pela equipe *Rocketeers* UNIFAL-MG, no município de Poços de Caldas (MG) e região. Desenvolvemos protótipos de foguetes de garrafas PET, propelidos à água pressurizada por um sistema de tubos de PVC conectado a uma bomba de ar manual. Os protótipos incluíram um foguete com sistema de recuperação (paraquedas acionado no ponto mais alto do voo). Esse sistema artesanal foi tomado como um laboratório de ensino de física para estudantes do ensino médio e fundamental: o movimento foguete materializa a cinemática física (e.g. lançamento vertical e oblíquo de projéteis), a dinâmica (pela aplicação das leis de Newton) e as leis de conservação (em particular, a conservação do momento linear). Fizemos apresentações em três edições da Semana Nacional de Ciência e Tecnologia (2012, 2013 e 2014), visitamos quatro escolas da rede pública e atendemos uma universidade. Estimamos em cerca de 1300 o número de pessoas atingidas diretamente pelas ações do projeto. As atividades incluíam seminários interativos sobre a física no movimento de foguetes artesanais e profissionais, oficinas de construção do sistema foguete-lançadora, lançamento de foguetes artesanais junto com os estudantes, realização de laboratórios de tratamento dos dados coletados durante os lançamentos usando as equações que aprendemos nas aulas de teoria. Como resultados das ações do projeto, citamos o oferecimento de uma tecnologia adicional para o ensino da física nos colégios da região, o estímulo dos estudantes do ensino fundamental e médio para a dedicação ao estudo das ciências exatas e a desmistificação da física pelos aspectos prático e lúdico evidentes no lançamento de foguetes, que podem ser construídos pelos próprios estudantes com materiais recicláveis.

Palavras-chave: Educação em Física. Foguetes de garrafas PET.

* Doutorado em Física (UNESP). Docente do curso de Bacharelado Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia, Instituto de Ciência e Tecnologia, Universidade Federal de Alfenas, Poços de Caldas, MG. Contato: rodrigo.cuzinatto@unifal-mg.edu.br.

ROCKETEERS UNIFAL-MG: TEACHING PHYSICS BY LAUNCHING HANDCRAFTED ROCKETS

ABSTRACT

We present the results of the extension project “The Physics of the Handmade Rockets Launching” performed by the “Rocketeers UNIFAL-MG” team in the city of Poços de Caldas (MG, Brazil) and neighbour cities. We developed prototypes of PET-bottle rockets propelled by pressurized water through a system of PVC pipes connected to a manual air pump. The prototypes included a rocket with a recovery module (parachute released at the maximum height). This handcrafted launching system was taken as a Physics teaching laboratory for elementary and high school students: the rocket’s motion realizes kinematical physics (e.g. vertical trajectory and oblique motion), dynamics (by the application of Newton’s laws) and conservation laws (especially through momentum conservation). We did presentations in the 2012, 2013 and 2014 editions of the National Week of Science and Technology; we visited four public schools and assisted one university. The number of people directly affected by the project is estimated in 1,300. The activities included interactive seminars about the Physics involved in handmade and professional rocket launching, workshops for the construction of the rocket–launch-pad system, rocket launching by students, labs for processing the data collected during the launches using the equations learned in the theory classes. The results from the project actions are the provision of an additional method for teaching Physics, stimulation of elementary and high-school students for dedicating themselves to studying natural science, demystification of Physics through the practical and playful aspects inherent in rocket launching; rockets that they can build on their own with recyclable materials.

Keywords: Education in Physics. PET-bottle rockets.

ROCKETEERS UNIFAL-MG: LA ENSEÑANZA DE FÍSICA CON EL LANZAMIENTO DE COHETES DE ARTESANÍA

RESUMEN

Se presentan los resultados del proyecto de educación continua “Física en el lanzamiento de cohetes artesanales”, realizado por el equipo Rocketeers UNIFAL-MG, en la ciudad de Pocos de Caldas (MG) y región. Se desarrollaron prototipos de cohetes hechos de botellas de PET, propulsados por el agua a presión con un sistema de tubería de PVC conectado a una bomba de aire manual. Los prototipos incluyen un sistema de recuperación de cohetes (paracaídas que son desencadenados en el punto más alto del vuelo). Este sistema artesanal se tomó como un laboratorio de enseñanza de física para los alumnos de educación primaria y secundaria: el movimiento del cohete es la ilustración de la cinemática física (por ejemplo, proyectiles de lanzamiento verticales y oblicuos), dinámica (mediante la aplicación de las leyes de Newton) y las leyes de conservación (en particular, la conservación del momento). Hemos hecho presentaciones en tres ediciones de la Semana Nacional de Ciencia y Tecnología (2012, 2013 y 2014),

41

hemos visitado cuatro escuelas públicas y servido a una universidad. Estimamos alrededor de 1,300 personas atendidas directamente por las acciones del proyecto. Las actividades incluyeron talleres interactivos acerca de la física del movimiento de los cohetes artesanales y profesionales, seminarios acerca de la construcción de un sistema cohete-lanzador, los lanzamientos de cohetes artesanales juntamente con los estudiantes, la realización de laboratorios de tratamientos de los datos recogidos durante los lanzamientos utilizando las ecuaciones que fueron enseñadas en las clases de teoría. Como resultado de las acciones del proyecto, citamos la oferta de una tecnología adicional para la enseñanza de física en las escuelas de la región, la motivación de los alumnos de educación primaria y secundaria para la dedicación al estudio de las ciencias exactas, y la desmitificación de la física por los aspectos práctico y lúdico evidentes en el lanzamiento de cohetes, que pueden ser construidos por los propios estudiantes con materiales reciclables.

Palabras clave: Educación en Física. Botellas de PET Rocket.

INTRODUÇÃO

A Constituição Federal de 1988 garante em seu texto, no artigo 6º, a educação como um direito social ([BRASIL, 1988](#)). A educação deve figurar como sendo um direito inerente à natureza humana, visando à construção da cidadania e integração social do indivíduo. A Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional ([BRASIL, Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996](#)) atribui aos estados a obrigação de assegurar o ensino fundamental àqueles de direito, além de oferecer, com prioridade, o ensino médio a todos que o demandarem, cabendo à União prestar assistência técnica e financeira.

O ensino fundamental e de nível médio, por via de regra, não são reconhecidos como pontos fortes no que tange à prestação de serviços públicos em nosso país. A todo instante são veiculadas notícias que demonstram o sucateamento das escolas e o descaso com que são tratados os profissionais do setor ([PIRES, 2012](#); [RODRIGUES, 2011](#)). A deficiência na estrutura educacional de cunho público ([GENTILE, 2007](#)) acaba por gerar profissionais desmotivados na atividade de ensino e cria também alunos desinteressados pelos assuntos propostos na sala de aula. As disciplinas de cunho mais teórico e técnico, como matemática e física, que requerem um pouco mais de atenção e dedicação devido a maior grau de abstração, acabam tendo sua abordagem prejudicada. O profissional responsável pela docência destas disciplinas, muitas vezes desmotivado com sua condição de trabalho, ou então distante dos recursos de que necessita, não consegue criar mecanismos de ensino que tornem o aprendizado interessante. Os alunos, por sua vez, tornam-se vítimas de um sistema defasado de ensino mecanicista, que pouco contribui para o despertar do interesse destes jovens.

A deficiência do ensino em disciplinas do campo das ciências exatas é percebida quando verificamos a busca do aluno pelos cursos de graduação. Segundo o Censo da Educação Superior de 2009 do MEC ([INEP, 2009](#)), levando-se em conta os 10 cursos mais procurados no ano de 2009, verificamos que entre quase 4 milhões de alunos, apenas pouco mais de 10% realizaram matrículas em cursos de graduação de engenharia. O restante dos alunos escolheu cursos como administração, direito, pedagogia, enfermagem, letras, ciências biológicas, entre outros.

Tais números mostram como os alunos egressos do ensino médio, público ou privado, possuem clara preferência por aqueles cursos que não são focados em disciplinas como matemática ou física. Há que se destacar que entre os mais procurados não estão incluídos os cursos de matemática ou física, o que serve de indicativo de que eles são evitados pelos alunos. Além do baixo número de inscritos nos cursos de engenharia, verifica-se que mais de 50% dos alunos desistem do curso já nos dois primeiros anos (IEL, 2006), alegando que o curso apresenta uma matriz curricular muito difícil, basicamente por conta das disciplinas de cálculo e física.

Várias pesquisas e estudos (ALVES, 2001; NAGEM, 2001) são realizados no sentido de investigar o uso de alternativas pedagógicas para o ensino de disciplinas em que alunos apresentem dificuldade de aprendizado e desempenho. Neste trabalho, apresentaremos a alternativa proposta pelos integrantes do projeto de extensão “A Física do Lançamento de Foguetes Artesanais”, que busca despertar o interesse de alunos do ensino fundamental e médio do município de Poços de Caldas e região para as disciplinas de física e matemática, através do estudo dos princípios que regem o lançamento de foguetes de água, utilizando para isso a confecção e o lançamento de protótipos montados com garrafas PET e tubos de PVC, como aquele da Figura 1.

Se vamos aguar as plantas em um jardim e seguramos uma mangueira com uma certa inclinação para cima, vemos a água descrever uma trajetória curva desde a ponta da mangueira até o canteiro. Esse caminho em arco, encurvado para baixo, descrito pela água é a curva chamada de parábola. Essa trajetória é a mesma seguida por balas de canhão ou foguetes de água e tem a forma:

$$(1) \quad y = Ax^2 + Bx + C .$$

A mecânica – área da física que estuda os movimentos – estabelece que y é a altura, x é a distância na horizontal e as constantes A , B e C na Eq. (1) são (HALLIDAY et al., 2008; RAMALHO et al., 2008):

$$(2) \quad A = -\frac{g}{(2v \cos \theta)^2}, \quad B = \tan \theta, \quad C = 0$$

Na Eq. (2), g é o valor da aceleração gravitacional perto da superfície da Terra, v é a velocidade de lançamento e θ é o ângulo com respeito à horizontal com que a água sai da mangueira, a bala sai do canhão, ou o foguete de água sai do cano de pressurização. Essas equações são estudadas no ensino médio e fazem parte do conteúdo cobrado em vestibulares e no ENEM. São também vistas nas disciplinas introdutórias de Física nos cursos de ciências exatas e engenharia, na universidade. Porém, existe uma notória dificuldade dos estudantes com a disciplina de Física, em geral, e com a mecânica, em particular. Entretanto, é possível fazer com que os alunos vejam as Eqs. (1) e (2) ganharem vida e simplicidade ao observarem, por exemplo, o lançamento de foguetes de água. É o que realizamos com o projeto de extensão cujos resultados apresentamos neste artigo.

O foguete de água funciona assim. Colam-se aletas de isopor (recortadas na forma de asas) no lado externo de uma garrafa PET de refrigerante e próximo à boca dela. Parte do volume da garrafa é enchido de água. A garrafa é fixada a uma das pontas de um cano de PVC. A outra ponta do cano é ligada (com uma certa angulação) a um sistema de

tubos e conexões em forma de H, paralelo ao chão. Esses tubos servem de base para sustentar o cano do foguete e também como caminho de injeção de ar, pois neles é ligada uma bomba de ar do tipo usado para encher pneus de bicicleta. O ar pressuriza a garrafa até um valor crítico de pressão; nesse momento, a trava que prende a garrafa ao cano é aberta (por uma manopla como a de freio de bicicleta). O foguete é, então, liberado e a água é expulsa pelo ar pressurizado do interior da garrafa. A água vai para baixo e empurra o foguete para cima. Essa é a realização da Terceira Lei de Newton ([RAMALHO et al., 2008](#)), a “lei da ação e reação”:

$$(3) \quad \mathbf{F}_{\text{água}} = -\mathbf{F}_{\text{garrafa}},$$

ou seja, como lê-se em ([NUSSENZVEIG, 1996](#)): “A toda ação corresponde uma reação igual e contrária, ou seja, as ações mútuas de dois corpos um sobre o outro são sempre iguais e dirigidas em sentidos opostos.” Entende-se “ação” como “força”, representada na Eq. (1) pela letra \mathbf{F} .

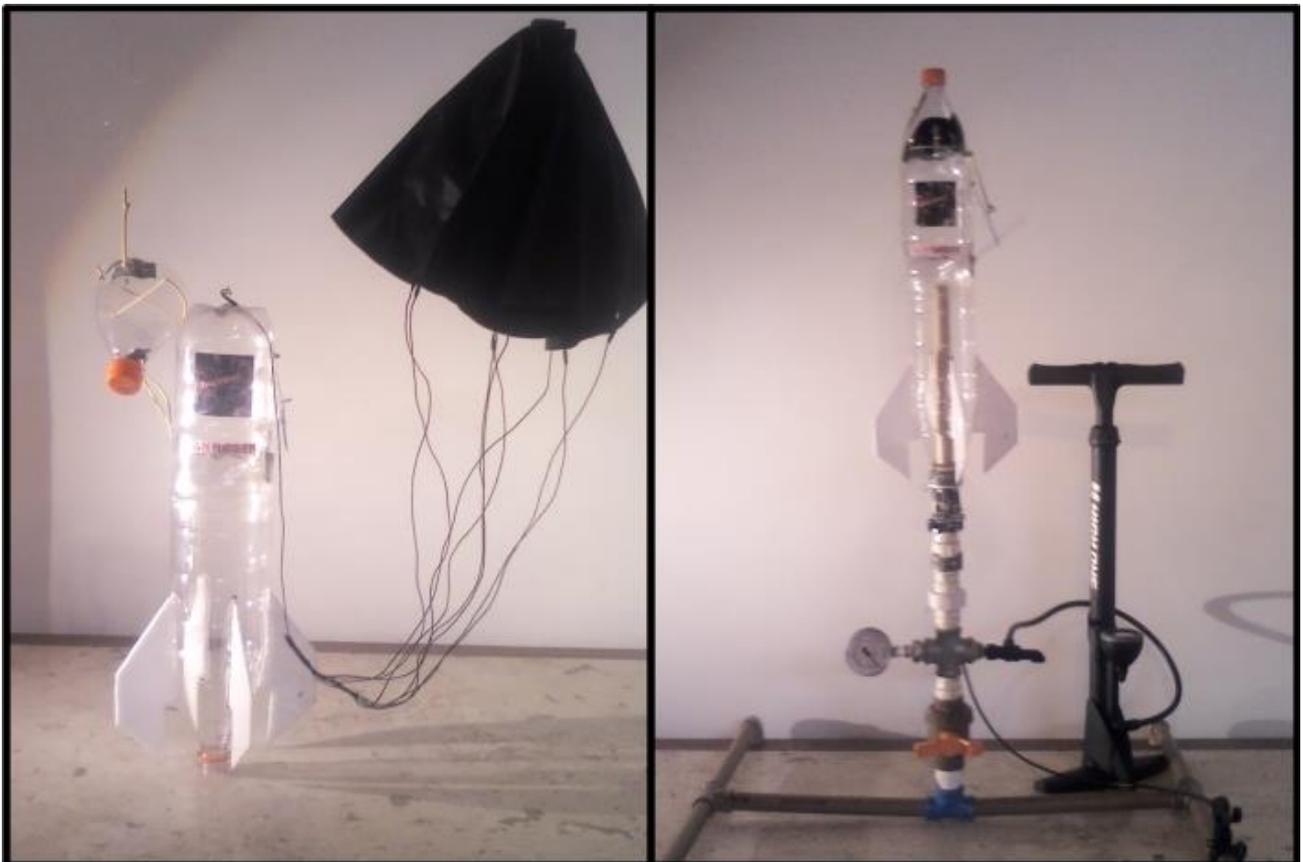


Figura 1. Foguete de garrafa PET com sistema de paraquedas de recuperação (à esquerda); e o foguete acoplado à base de lançamento de tubos e conexões de PVC e bomba de ar manual.

A força que impele a garrafa, $\mathbf{F}_{\text{garrafa}}$, é o que imprime a ela a sua aceleração \mathbf{a} , que é encontrada pela famosa Segunda Lei de Newton:

$$(4) \quad \mathbf{F} = m\mathbf{a},$$

sendo m a massa do corpo. A aceleração da garrafa leva-a desde o repouso (situação em que o foguete está parado no topo do cano de PVC) até a velocidade inicial v do lançamento. A velocidade de lançamento é alcançada quando toda a água é expulsa da garrafa. A partir daí, o foguete de garrafa PET segue o movimento balístico parabólico, atingindo um alcance R que poder ser calculado por ([HALLIDAY et al., 2008](#)):

$$(5) \quad R = \frac{v^2}{g} \sin 2\theta .$$

Eventuais desvios da forma parabólica da trajetória dos foguetes podem ser explicados pelo efeito não-desprezível da força de arrasto F_R ,

$$(6) \quad F_R = Dv + Fv^2 ,$$

onde v é a velocidade do projétil e os coeficientes D e F dependem da forma do corpo em movimento e das características do meio onde ele se move ([NUSSENZVEIG, 1996](#)). Tudo isso é não apenas explicado, mas visualizado e experimentado pelas crianças, adolescentes e demais pessoas atendidos pelo projeto de extensão. Veremos como essa tarefa foi executada em detalhes abaixo.

Nosso projeto foi aprovado pela Pró-Reitoria de Extensão da Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL-MG) para a vigência entre janeiro de 2012 e dezembro de 2014. Ele foi contemplado com financiamento do MEC através do edital PROBEXT 2014. A equipe do projeto, auto-intitulada “Rocketeers UNIFAL-MG”, é composta por um docente e sete discentes de graduação dos cursos de Bacharelado Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia, Engenharia Química e Engenharia de Minas da UNIFAL-MG.

OBJETIVO

O objetivo primário do projeto foi criar ou expandir o interesse de alunos do ensino fundamental e médio pelas disciplinas de física e matemática, através da utilização de uma ferramenta pedagógica atraente, com o potencial de cativar os estudantes e inspirá-los a aprofundarem-se nos estudos pertinentes a tais disciplinas, eventualmente levando-os à opção por uma carreira em ciências exatas.

Para isso, buscamos atrelar os assuntos clássicos da física ([RAMALHO et al., 2008](#)) e matemática ([MACHADO, 2012](#)), como as Leis de Newton, cinemática, vetores, trigonometria e outros, às experiências práticas que, no caso do nosso projeto, foram: os lançamentos de protótipos de foguetes feitos com garrafas PET, que usam como combustível ar comprimido e água; as oficinas de construção de foguetes e suas bases de lançamento; as mesas redondas sobre os foguetes artesanais e profissionais.

Outro objetivo foi promover o intercâmbio dos discentes de graduação participantes do projeto com a comunidade na qual encontram-se inseridos, visando contribuir de maneira produtiva com a sociedade através da interação com alunos do ensino fundamental e médio, disseminando entre estes os conhecimentos adquiridos durante a graduação, reforçando assim o papel da Universidade na busca pela ampliação dos recursos de ensino na comunidade da qual ela faz parte.

Finalmente, podemos incluir como objetivo do projeto, ainda, prover os professores do ensino médio de uma sugestão de tecnologia de ensino de mecânica e estatística: o

sistema foguete-lançadora para o estudo experimental do lançamento oblíquo, das leis de Newton e da conservação de momento.

METODOLOGIA E ESTRATÉGIAS DE AÇÃO

As ações do projeto assumiam formatos diferentes, de acordo com o evento e o público a que se destinavam. As ações incluíam seminários seguidos de seção de lançamentos de foguetes; laboratório de tratamento de dados coletados durante os lançamentos e oficinas de construção de foguetes e lançadoras.

De qualquer forma, todas as ações utilizaram protótipos de foguetes fabricados a partir de garrafas PET e bases de lançamentos fabricadas com tubos de PVC e alguns poucos acessórios, como abraçadeiras metálicas e plásticas, manômetro e bomba de ar manual. Durante as apresentações, também foram empregados recursos audiovisuais, como slides, animações, vídeos de diversos tipos de lançamentos e encenações dos apresentadores. Mantemos um *website* no endereço da Ref. ([MARTINS et al., 2013](#)), onde pode-se baixar o manual de construção do sistema foguete-base de lançamento ([D'AMBRÓSIO, 2014](#)). A referência ([TOLEDO FILHO, 2014](#)) contém o material usado em uma das apresentações. Os vídeos de montagem do sistema foguete-lançadora preparados em AutoCAD estão disponíveis no canal do grupo no YouTube, cujo link aparece na referência ([MARTINS et al., 2014](#)).

Em feiras de ciências (como a Semana Nacional de Ciência e Tecnologia), a apresentação começava com uma breve explicação dos princípios de funcionamento dos foguetes. Como esses eventos ocorreram em locais com grande aglomeração de pessoas, as apresentações foram preparadas de forma bastante interativa e simples: foram feitas analogias dos princípios físicos envolvidos no lançamento de foguetes com situações cotidianas vivenciadas pelos espectadores (como o ato de empurrar um colega em uma brincadeira, abandonar um objeto de uma determinada altura, esvaziar uma bexiga, colocar a mão para fora da janela de um carro em movimento, localizar-se em um mapa, para dar alguns exemplos). Isso possibilitou a percepção de que a física e a matemática estão ao alcance da experiência e do entendimento de todos. Por fim, foram realizados vários lançamentos de protótipos, o ponto alto das apresentações.

Em eventos realizados em escolas de ensino fundamental, onde os participantes são estudantes com uma faixa etária entre nove e quatorze anos, o objetivo da apresentação foi mais pungente no que tange ao despertar da curiosidade do aluno e menos enfático na abordagem do assunto teórico. Quando o público foi da faixa etária entre quinze e dezessete anos, composto por estudantes do ensino médio, abordamos mais detidamente os fenômenos físicos observados no movimento dos foguetes, bem como as equações relevantes.

A divulgação do grupo foi feita via o site www.unifal-mg.edu.br/foguetes, através do qual as escolas interessadas poderiam contatar-nos para que fôssemos atendê-las *in loco*. O coordenador do projeto também firmou uma parceria com a Secretaria Municipal de Educação de Poços de Caldas, que indicou uma das escolas visitadas. Outras escolas atendidas pelas ações do projeto foram contatadas diretamente pelo grupo. O coordenador de extensão da UNIFAL-MG Poços de Caldas foi o responsável pelos convites para a nossa participação na Semana Nacional de Ciência e Tecnologia (SNCT).

Os recursos financeiros captados junto ao MEC foram usados para o pagamento das bolsas aos estudantes universitários envolvidos no projeto e para a compra de materiais usados nos eventos. A Pró-Reitoria de Extensão da UNIFAL-MG também

forneceu algum material necessário à construção do sistema foguetes-base de lançamento e provisionou transporte aos Rocketeers UNIFAL-MG até as escolas e locais de realização das diversas ações de extensão realizadas no âmbito do projeto.



Figura 2: Folder preparado para a divulgação das atividades de extensão dos Rocketeers UNIFAL-MG. A parte exterior do folder está à esquerda; a interior, à direita.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Todos os eventos realizados no contexto do projeto “A Física do Lançamento de Foguetes Artesanais” partiram de uma mesma estrutura básica, que consistia em uma apresentação didática sobre a física do movimento, adaptada ao grau de escolaridade dos alunos, e, posteriormente, dos lançamentos de diferentes tipos. A única exceção foi a oficina, com um formato estendido que permitia também a construção de foguetes pelos estudantes. Apesar do núcleo estrutural comum, podem ser destacadas algumas particularidades que tornaram os eventos singulares. Vamos caracterizar cada um desses eventos a seguir.

Semana Nacional de Ciência e Tecnologia 2012

O grupo contribuiu com a Semana Nacional de Ciência e Tecnologia 2012 (SNCT 2012), realizada no Shopping Poços de Caldas, de 15 a 21 de outubro de 2012 (DE MELO, 2012). Houve a participação ampla do público geral e também visitas agendadas de várias escolas do ensino fundamental e médio do município. Foram feitas três seções diárias de apresentação do “grupo dos foguetes” nos dias 16 e 17/10/2012. As

apresentações incluíam seções de slides com a explicação dos fenômenos mecânicos envolvidos em um lançamento e uma seção de vídeo dos lançamentos experimentais (bem e mal sucedidos) na UNIFAL-MG realizados com os primeiros protótipos do sistema foguete-lançadora. Depois disso, o público saía para o estacionamento do shopping, chamado pelo som de uma buzina de ar. Todos faziam a contagem regressiva enquanto o ar era bombeado no foguete de água, e, então, o lançamento era efetuado (Figura 3). Estimamos um público total de 2500 pessoas na SNCT 2012, das quais pelo menos 500 assistiram os lançamentos.



Figura 3. Preparação de um dos lançamentos oblíquos durante a SNCT 2012.

Essa experiência foi apresentada na mostra de extensão da UNIFAL-MG, chamada IV Semana do Programa Integrado de Ensino, Pesquisa e Extensão (PIEPEX), em 7 de dezembro de 2012, e gerou publicação no caderno de resumos ([MAÉSTRI et al., 2012](#)).

Para a ocasião dos lançamentos do shopping na SNCT 2012, foram preparados foguetes pintados em diversas cores (para facilitar a visualização durante o voo), de *diferentes tamanhos* (com garrafas de refrigerante de 1,5 l e 2 l) e *número de aletas* (2, 3 ou 4 asas). O objetivo foi ilustrar a *força de arrasto* F_R , quantificada pela Eq. (6): foguetes que não executaram uma trajetória parabólica foram aqueles decisivamente afetados pelo arrasto. O público pôde observar que, na presença de F_R , a trajetória era mais curta, ou seja, o alcance R diminuía ([HALLIDAY et al., 2008](#); [MARION et al., 2011](#)), exatamente como previsto teoricamente. Os lançamentos no shopping mostravam ao público que as diferentes condições do vento e formas de foguete mudavam o coeficiente de arrasto e os projéteis caíam em lugares diferentes. O conceito de *centro de massa* (CM) também foi

discutido. CM é o ponto geométrico que funciona como se toda a massa do corpo estivesse nele concentrada, e como se todas as forças externas agissem sobre ele ([NUSSENZVEIG, 1996](#)). Percebemos que os protótipos mais adequados para um movimento parabólico deveriam ter seu CM deslocado para a ponta do foguete; implementamos isso acrescentando uma pequena quantidade da cola DUREPOX na parte de dentro da tampa da garrafa.

Contagem Regressiva!

A ação "Contagem Regressiva!" foi realizada na Escola Estadual Prof. Arlindo Pereira Polivalente no dia 16 de agosto de 2013 para um público de cerca de 200 estudantes e 3 professoras da própria escola.

A primeira parte do evento foi o encontro em um auditório para a apresentação dos fundamentos teóricos do movimento de projéteis. A apresentação contou com recursos audiovisuais como slides dinâmicos e interativos, vídeos, explicação de equações, discussão de algumas situações-problema e experiências em forma de encenações, entre outros. Por exemplo, para explicar a decomposição do vetor velocidade nas direções horizontal e vertical empregamos um exemplo divertido, em que os meninos precisariam definir uma rota até a casa da atriz Angelina Jolie para merecer o seu beijo. A *terceira lei de Newton* – ação-reação, o análogo da Eq. (3) – e a conservação do momento linear foram explicadas usando o efeito de afastamento mútuo entre dois dos *Rocketeers*: os dois estavam em pé sobre patins, abraçados; então, um empurrava o outro e ambos saíam em direções opostas. Observávamos que a taxa da velocidade de afastamento era tanto maior, quanto maior a força do empurrão e assim ilustrávamos a segunda *lei de Newton*, Eq. (4). Depois disso, era fácil discutir a dinâmica do foguete: tal como os monitores sobre patins, o foguete e a água por ele expelida afastam-se mutuamente.

Assim que a etapa expositivo-interativa teve fim, alunos e equipe caminharam juntos até um campo de futebol (aberto) nas dependências da escola (vide a Figura 4). Nesse espaço amplo foram realizados vários lançamentos de protótipos feitos com garrafas PET de 1,5 litro, pintados com guache e com *aletas inclinadas* com respeito ao eixo da garrafa. As aletas inclinadas eram instrumentais para discutir a *conservação do momento angular*: os foguetes adquiriam um pequeno movimento de rotação ao deixar a base de lançamento e mantinham essa rotação até o impacto com o solo. Isso acontece pela ausência de torques externos.

Os lançamentos foram realizados nos ângulos de 30°, 45° e 90°, com o intuito de mostrar como *os diferentes ângulos influenciam no alcance*. Com isso podíamos verificar experimentalmente, junto com os alunos da escola atendida, que o alcance máximo acontece para o ângulo de 45°, algo que pode ser deduzido diretamente da Eq. (5) para *R*. Os estudantes viam que o foguete vai mais longe quando ajustamos $\theta = 45^\circ$.

Foram realizados cinco lançamentos com *trajetórias parabólicas* e, durante os intervalos entre um lançamento e o preparo do próximo, eram realizadas conversas e discussões com os alunos, buscando a correlação entre a teoria apresentada e a prática observada naquele instante. Os alunos faziam as contagens regressivas e comemoravam a cada lançamento bem sucedido, conforme registrado nos vídeos disponibilizados no canal dos *Rocketeers* UNIFAL-MG no YouTube ([MARTINS et al., 2014](#)).

Por fim, foram realizados dois lançamentos na vertical de um protótipo que conta com um *sistema de recuperação* (Figura 1): o sistema de recuperação é um paraquedas dobrado e alocado dentro da ogiva destacável do foguete PET; na altura máxima, o

foguete pára e começa a cair; a resistência do ar levanta uma aba de plástico, destacando a ogiva e liberando o paraquedas; este desdobra-se rapidamente e atenua a queda do foguete até o solo. Esses lançamentos com queda suave encerraram as atividades práticas.

Todo o evento, incluindo as etapas expositiva e prática, teve a duração de cerca de três horas. A ação foi considerada de extrema valia pedagógica pelo corpo docente da escola, que preencheram três formulários de avaliação.



Figura 4. Estudantes da escola Arlindo Polivalente durante o seminário interativo sobre a física do lançamento de foguetes e participando dos lançamentos no campo de futebol da escola.

Semana Nacional de Ciência e Tecnologia 2013

A SNCT 2013 aconteceu em 21 e 27 de outubro de 2013 com eventos distribuídos em três locais: o Shopping Poços de Caldas, o campus da UNIFAL-MG em Poços de Caldas e o Complexo Cultural da URCA em Poços de Caldas ([DE MELO, 2013](#)).

A equipe *Rocketeers* UNIFAL-MG montou uma exposição com os protótipos preliminares de bases de lançamento e foguetes que foram usados nos primeiros testes de desenvolvimento. Os vídeos dos voos bem e mal sucedidos eram permanentemente exibidos no espaço de exposição que continha os experimentos de astronomia, física, química e engenharias.

As explicações sobre a física do movimento de foguetes artesanais seguidos dos lançamentos ocorreram no estacionamento superior do shopping nos dias 21 e 25 de outubro. Contamos com um público de cerca de 150 pessoas, que incluía estudantes das escolas de ensino médio e fundamental da cidade bem como o público geral.

Repetimos o formato de apresentação da SNCT 2012, incluímos alguns dos tipos de lançamentos realizados no evento “Contagem Regressiva!” (e.g. variação angular, aletas inclinadas) e acrescentamos o seguinte experimento. Fizemos lançamentos com diferentes valores de pressão crítica, que é o valor máximo de pressão (na iminência do lançamento), lida no *manômetro* acoplado à base de lançamento (vide o dispositivo que lembra um relógio na Figura 1). Com isso, podíamos verificar experimentalmente que quanto maior o valor de pressão crítica, tanto maior a *velocidade inicial* do lançamento, já que o foguete alcançava distâncias maiores. Isso se explica pela relação direta entre a velocidade inicial v e o alcance R do foguete. De fato, conforme a Eq. (5) e as observações, um maior valor de v leva a um maior valor de R .

A SNCT 2013 e as atividades dos *Rocketeers* nesse evento receberam ampla atenção da mídia local. Os lançamentos foram filmados e a equipe concedeu entrevistas para a TV Plan de Poços de Caldas ([TV PLAN, 2013](#)).



Figura 5. Imagens da reportagem do canal TV PLAN com a participação dos *Rocketeers* UNIFAL-MG na SNCT 2013.

Foguetes na Fazenda!

Decidimos que a iniciativa dos *Rocketeers* UNIFAL-MG deveria ser levada às escolas mais isoladas do nosso município, talvez as mais carentes da interação escola-universidade. Então, a Secretaria de Educação de Poços de Caldas, parceira do nosso projeto de extensão, indicou-nos a Escola Municipal Raphael Sanches, situada na Fazenda Boa Vista, zona rural de Poços de Caldas.

Nossa visita à escola aconteceu no dia 22 de novembro de 2013 para um público de 90 estudantes do ensino fundamental entre 9 e 12 anos de idade. Duas professoras da escola também participaram do evento. Como os estudantes eram alunos do 4º ao 7º ano, ajustamos a linguagem para excluir a explicação detalhada de equações e discutir os fenômenos físicos que envolvem o lançamento de corpos de maneira teatral. Por exemplo, em um trecho da apresentação, um dos *Rocketeers* perguntou aos alunos: “Como funcionam esses foguetes que acabamos de ver nos vídeos? Quem acertar ganhará um dos nossos foguetes coloridos de garrafas PET!”. Aproveitando o silêncio dos alunos, outro dos *Rocketeers* entrou na sala com uma bexiga cheia de ar na mão, dizendo: “Eu, sei! Eu sei!”, tropeçou e liberou a bexiga, a qual expulsou o ar e viajou pela sala. Muitos alunos da escola, vendo aquilo, levantaram a mão para responder. Um deles arriscou: “É como a bexiga!”, e levou o foguete de presente. E assim falamos das leis de Newton... A força gravitacional e a queda dos corpos foi explicada pela queda do *Rocketeer* que tinha tropeçado anteriormente enquanto carregava o balão! Usando o exemplo do jardineiro regando a horta *da fazenda* com uma mangueira de água, explicamos a trajetória parabólica de projéteis lançados obliquamente, e assim por diante.



Figura 6. Participação dos estudantes da E. M. Rafael Sanches no evento na fazenda, com destaque para o aluno que ganhou um dos foguetes PET no *quiz* realizado pelo grupo. A foto inferior direita mostra a descida suave do foguete com módulo de recuperação (paraquedas) após o lançamento vertical.

Os lançamentos de foguetes foram realizados em um campo de futebol de tamanho médio, ao lado da própria escola. Como se tratava de um local aberto e amplo, não existiam restrições para o uso de toda a potência da base de lançamento (associada a uma pressurização de segurança de 100 psi). A parábola formada pelo movimento dos

projéteis no lançamento oblíquo foi a maior jamais obtida: os foguetes atravessavam o campo para se perderem na mata além dele. Nos lançamentos verticais, o foguete alcançava uma altura muitas vezes maior que o tamanho das frondosas árvores vizinhas. Além disso, a liberação do módulo de recuperação produziu uma queda suave do sistema foguete-paraquedas, a ponto de um dos *Rocketeers* apanhá-lo antes da aterrissagem. Cinco fichas de avaliação da ação foram preenchidas pelos professores da escola, que elogiaram bastante o trabalho executado, enfatizando a animação dos estudantes.

Campo de Lançamento!

A ação "Campo de Lançamento!" foi realizada na Escola Estadual David Campista, no centro de Poços de Caldas, no dia 9 de maio de 2014.

Os seis bolsistas de extensão MEC/SESu PROEXT 2014 e o sub-coordenador deste evento, Prof. Dr. Fernando G. Gardim (UNIFAL-MG), deram entrevista ao grêmio estudantil do Colégio David Campista, chamado Grupo RadioAtividade, contando a história do projeto "A Física do Lançamento de Foguetes Artesanais", a sua motivação, os seus desdobramentos, as perspectivas futuras. Essa entrevista foi gravada para divulgação interna e postada no YouTube ([BONILHA, 2014](#)). Depois a equipe executora recebeu cerca de 60 alunos e 3 professores da Escola em um espaço para exibição de slides sobre os princípios físicos que explicam o movimento dos foguetes. Este foi também um momento interativo do evento, oportunidade em que a equipe executora e os estudantes do Colégio discutiram aspectos práticos da construção da base de lançamento de tubos de PVC e bomba de pneu de bicicleta, e dos foguetes de garrafas PET.

O interesse dos estudantes foi grande porque parte deles estava inscrito na MBFOG (Mostra Brasileira de Foguetes), um evento a ser realizado no contexto da OBA (Olimpíada Brasileira de Foguetes). Os estudantes receberam, então, uma cópia da monografia preparada pela equipe executora da UNIFAL-MG que apresenta a lista de materiais necessários à construção do sistema base-foguete, um passo-a-passo da montagem e o registro das atividades do grupo. (Esse material está sendo preparado para publicação.) Foram discutidos aspectos éticos do lançamento de foguetes artesanais e profissionais, questões legais envolvidas e até aplicações dos foguetes como veículos de dispersão de sementes para recuperação de áreas florestais degradadas; como veículos lançadores de satélites e sondas; como veículos para a exploração humana do espaço.

Depois disso, foram efetuados os lançamentos dos foguetes artesanais produzidos pela equipe executoras em um espaço de médio porte da Escola (uma quadra poliesportiva). Como o espaço era coberto, apenas lançamentos oblíquos foram realizados e, ainda assim, com pressões relativamente baixas (de até 80 psi) para garantir a segurança dos presentes e a integridade do espaço. Um novo protótipo de base foi preparado para essa apresentação com um sistema de disparo otimizado: com ele, o mecanismo de liberação da garrafa pressurizada pôde ser acionado a uma distância de 3 m da base. Assim, na situação pouco provável de rompimento da garrafa, minimiza-se o risco para os operadores. Os lançamentos verticais de foguetes com paraquedas de recuperação foram exibidos em vídeos.

Ao final do evento os estudantes foram informados sobre a UNIFAL-MG, seus cursos, método de ingresso, possibilidades profissionais para os egressos. O coordenador da ação recebeu avaliações positivas sobre o evento (5 delas via formulário de avaliação), além de e-mail de estudantes elogiando o que foi feito.

Ciência no Contraturno

O evento “Ciência no Contraturno” aconteceu entre 29 de setembro e 3 de outubro de 2014 no campus de Poços de Caldas da UNIFAL-MG. Esta ação foi organizada pelo programa de educação tutorial “PET Ciência” da UNIFAL-MG, na pessoa do tutor Prof. Daniel J. Pamplona da Silva e seus estudantes ([PAMPLONA DA SILVA, 2014](#)). A gênese desse nome peculiar está relacionada ao período de realização do evento: o vespertino, que está entre os períodos da manhã (o “turno”) e da noite. Os períodos diurno e noturno são os turnos convencionais para o ensino médio da rede pública de ensino na cidade.

O evento foi um minicurso de cinco dias com a proposta de mostrar o ambiente acadêmico de um curso de exatas de maneira fidedigna aos estudantes do ensino médio, para auxiliá-los na sua escolha profissional. Por isso, cada dia abordava uma área das ciências básicas – biologia, matemática, química, física – além de um dia de visita dirigida ao campus de Poços de Caldas da UNIFAL-MG. O objetivo era não apenas fazer divulgação científica, mas abordar os conteúdos de forma quantitativa. Assim, haveria aula teórica seguida de experimentos. Nesses experimentos, os dados deveriam ser coletados e também tratados. Isso exigiria uma atenção especial aos estudantes de ensino médio por parte dos executores da ação, limitando o número de alunos atendidos.

Os *Rocketeers* UNIFAL-MG contribuíram com o “Experimento dos Foguetes” no dia 01/10/2014, dedicado à área de física do evento. Atendemos 25 alunos da Escola Estadual “Dr. Alcides Mosconi” (Andradas, MG) que vieram até o campus da UNIFAL-MG.

Na primeira parte da aula, mostramos a importância dos foguetes para a civilização moderna e argumentamos que a única maneira de projetá-los e operá-los é considerando a física e a engenharia. A partir daí, propomo-nos a estudar a trajetória parabólica de foguetes usando a cinemática no nível compatível com aquela ensinada na escola. Deduzimos as equações do lançamento oblíquo, incluindo a Eq. (1). Apresentamos também a fórmula do alcance R do foguete, Eq. (5). Essa foi a parte mais tradicional da nossa aula no minicurso. Porém, o cuidado que tivemos em ilustrar as equações discutidas com vídeos de lançamentos de foguetes, dinamizaram a aula, capturando o interesse dos alunos.

Depois de um breve intervalo para o café, os estudantes foram levados a um espaço aberto no campus, onde lançamos juntos os foguetes artesanais para a tomada de dados. Os estudantes foram divididos em grupos, cada qual responsável por tomar dados de um determinado tipo. Três eram os tipos de dados a serem medidos: o ângulo θ de lançamento; o tempo t de voo do foguete; e o alcance R .

O ângulo θ era medido com um transferidor colocado ao lado do tubo inclinado da lançadora onde o foguete de garrafa já estava acoplado e devidamente semipreenchido de água, mas não pressurizado – conforme a Figura 7 e as fotos disponíveis em ([GAGLIERI et al., 2014](#)). Depois de pressurizado, o foguete era lançado e outro grupo cronometrava o tempo t desde a saída do foguete até o impacto com o chão, usando o cronômetro do celular ou do relógio de pulso. Por fim, a terceira equipe media a distância de voo na horizontal (alcance R), contando os passos desde a base de lançamento até o ponto de impacto. Realizamos três lançamentos com valores diferentes de θ , para que os 9 grupos de alunos (com no máximo 3 integrantes cada) executassem medidas diferentes de θ , t e R .

A última parte do “Experimento dos Foguetes” foi tratar esses dados coletados. Para isso, retornamos à sala de aula e rescrevemos a Eq. (5) na forma funcional:

$$(7) \quad v = \sqrt{\frac{gR}{\sin 2\theta}}$$

Substituindo os valores de θ e R na Eq. (7) e usando o valor $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ para a magnitude da aceleração gravitacional, os estudantes conseguiram estimar a velocidade inicial dos foguetes. Por exemplo, para $\theta = 45^\circ$ e $R = 33$ passos $\approx 30 \text{ m}$ (cerca de 90 cm por passo), os estudantes obtiveram $v = 17 \text{ m/s} \approx 62 \text{ km/h}$. Esses cálculos foram feitos pelas mesmas equipes que tomaram os dados; os grupos tiveram auxílio dos *Rocketeers* em todas as etapas dos cálculos.



Figura 7. Estudantes do ensino médio na UNIFAL-MG durante a aula sobre lançamento oblíquo e tomando dados da angulação do lançamento (no detalhe), do tempo de voo e do alcance do lançamento. Os dados foram usados para o cálculo da velocidade inicial do foguete e da sua altura máxima.

Ainda outro cálculo foi feito com os dados coletados pelos estudantes. Tínhamos mencionado para eles, na primeira parte da aula, que a altura máxima h_{max} atingida pelo foguete em sua trajetória de “parábola de boca para baixo” é dada por:

$$(8) \quad h_{max} = \left(\frac{t}{2}\right) v \sin \theta - \frac{1}{2} g \left(\frac{t}{2}\right)^2.$$

Com essa equação, com os valores medidos para θ e t , com $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ e com o valor da velocidade inicial v (obtida no cálculo anterior), os alunos encontraram h_{max} . Valores típicos eram da ordem de $h_{max} = 4,5 \text{ m}$ para $t = 4 \text{ s}$. O valor de h_{max} calculado era

consistente com a altura máxima que os alunos tinham observado no lançamento, por comparação visual com a altura dos prédios da universidade vizinhos ao espaço onde fizemos os lançamentos.

Diante da consistência dos resultados, a professora da escola fez o convite para realizarmos outro evento com a Escola Estadual “Dr. Alcides Mosconi”. Dessa vez, seriam os *Rocketeers* UNIFAL-MG a visitar a escola, realizando a “*Oficina de Foguetes!*”, evento sobre o qual falaremos abaixo.

“Lançamento de Foguetes Artesanais” na SNCT 2014

As atividades da Semana Nacional de Ciência e Tecnologia 2014 da UNIFAL-MG Poços de Caldas aconteceram nos dias 14 e 15 de outubro de 2014 nas dependências do próprio campus ([GAGLIERI, 2014](#)). Estudantes da rede municipal e estadual de ensino do município foram trazidos de ônibus até a universidade, em grupos.

Os *Rocketeers* UNIFAL-MG atenderam diretamente 160 alunos aproximadamente, em duas apresentações no dia. Os estudantes eram recebidos na bancada dedicada ao nosso grupo, onde estavam exibidos os diferentes tipos de foguetes artesanais e também duas bases de lançamento. Havia também um monitor exibindo constantemente uma coleção de vídeos do grupo contendo: filmagem dos lançamentos de diferentes tipos (vertical, oblíquo, com e sem módulo de recuperação, com foguetes de aletas retas e inclinadas, etc.); e animações produzidas em AutoCAD com a “visão explodida” dos protótipos seguida do encaixe das peças para formar o produto final.

Depois do espaço para explicações dos detalhes de montagem e dos conceitos físicos do movimento de foguetes, eram realizados os lançamentos. Tudo foi registrado pela mídia, conforme vídeo apenso nas referências ([GAGLIERI, 2014](#)).

Oficina de Foguetes!

No dia 6 de novembro de 2014, os *Rocketeers* UNIFAL-MG atenderam ao convite da Escola Estadual “Dr. Alcides Mosconi” para realizarmos uma oficina de construção dos foguetes artesanais e da base de lançamento dos foguetes para 34 alunos do ensino médio selecionados pela própria escola. Alguns desses estudantes estiveram também presentes no evento “Ciência no Contraturno” (descrito anteriormente); estes alunos afirmaram estar particularmente motivados e excitados em montar o arranjo experimental que usaram para fazer o laboratório de física na UNIFAL-MG.

A oficina durou toda a tarde, desde as 13h até as 18h, e teve quatro partes. Na primeira parte, os estudantes ocuparam o auditório onde mostramos o modelo de foguete que iríamos construir juntos, a base de lançamento que também seria montada ali e um conjunto de slides com um receituário do procedimento passo-a-passo de produção dos protótipos. Nessa etapa, os estudantes também fizeram perguntas sobre física, astronáutica e astronomia.

Na segunda parte da oficina, todos digiram-se para o laboratório da escola. Nesse espaço, os *Rocketeers* UNIFAL-MG montaram uma base de lançamento completa, dando o treinamento para os estudantes da escola, que cercavam a equipe. Esta metodologia foi escolhida devido à falta de tempo suficiente para que os alunos montassem eles mesmos bases de lançamentos completas. Essas bases possuem muitas partes: os canos de PVC devem ser furados e ter suas pontas transformadas em roscas por chaves adequadas; abraçadeiras metálicas devem ser dobradas adequadamente e parafusadas nos locais

convenientes; o bico de câmara de ar de pneu de bicicleta deve ser colado em um elemento de vedação de cano usando epóxi; o ajuste das abraçadeiras de plástico que prendem o bico da garrafa de PVC é delicado e demorado; etc. Além disso, não dispúnhamos desses materiais em abundância. Ainda assim, temos confiança que esse processo foi suficientemente bem detalhado para que todos os estudantes pudessem, eles mesmos, construir suas bases com o auxílio do manual de montagem preparado e disponibilizado pela nossa equipe (D'AMBRÓSIO, 2014).

A terceira parte da oficina foi aquela em que os estudantes fizeram seus próprios foguetes a partir de duas garrafas PET de refrigerante de 2 litros, placas de isopor (como aquelas usadas para embalar frios), cola quente e fita adesiva transparente. Pedimos que cada estudante trouxesse as duas garrafas que iria usar; a equipe de extensão forneceu o restante dos materiais necessários. Com a assistência dos *Rocketeers* e das ferramentas que levamos, os alunos montaram seus foguetes, alguns dos quais foram selecionados para serem lançados pela base montada na própria escola (na segunda parte do evento).

Então, na quarta parte do evento, os estudantes participantes da oficina, professores e os demais estudantes da escola, lotaram as laterais da quadra poliesportiva descoberta para participar dos lançamentos. Foram lançados foguetes decorados com coração, marcas de carros de luxo, com nomes de bandas de rock ou da namorada... alguns perdiam suas partes em pleno voo, outros realizavam parábolas perfeitas, mas todos recebiam aplausos demorados.



Figura 8. Estudantes da E. E. “Dr. Alcides Mosconi” (Andradas, MG) construindo seus próprios foguetes (acima) e lançando-os na quadra do colégio usando a base montada na oficina.

Terminamos o evento presenteando a escola com a base de lançamento construída *in loco*: queríamos, assim, estimular a continuidade dessa ação no seio da própria escola.

O evento foi registrado em fotos e divulgado no blog do PET Ciência da UNIFAL-MG pela estudante Alessandra M. de Queiroz – vide a Figura 8 e a referência ([QUEIROZ et al., 2014](#)).

Dezoito pessoas (alunos e professores) da escola atendida preencheram os questionários de avaliação desse evento. Todos os que responderam ao questionário indicariam a outras pessoas a participação nesse evento com diversas justificativas: acharam divertido, interessante, excelente forma de trabalho em grupo, tiveram dúvidas esclarecidas, obtiveram mais informações sobre a universidade. O tema foi considerado criativo; os profissionais, competentes. Segundo as respostas, os participantes obtiveram um maior entendimento sobre o assunto abordado em sala de aula através da diversão na atividade de confeccionar os foguetes.

CONCLUSÕES

O projeto pedagógico do Bacharelado Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia (BCT) da UNIFAL-MG ([LIMA et al., 2010](#)) prevê a atividade de “extensão integralizada curricularmente, na forma de créditos, na grade curricular regulamentar do curso de graduação”. A extensão aparece como parte do PIEPEX (Projeto Integrado de Ensino Pesquisa e Extensão) e das unidades curriculares PM de I a V (Projeto Multidisciplinar). As disciplinas PM são desenvolvidas a partir do segundo semestre de BCT até o sexto, e último, do curso. Isso motivou a criação do projeto de extensão “A Física do Lançamento de Foguetes Artesanais” que realizou todas as ações discutidas neste artigo.

Os estudantes que integraram a equipe *Rocketeers* UNIFAL-MG amadureceram com o projeto, crescendo pessoal e academicamente. A curto prazo, encontraram um tema com o qual se empolgassem para resolver o problema prático de cursar algumas unidades curriculares obrigatórias do curso. A médio prazo, os estudantes da equipe melhoraram seu desempenho acadêmico, introduzindo planejamento, trabalho de equipe, disciplina e dedicação – desenvolvidos no projeto – aos estudos regulares da graduação, melhorando sensivelmente as suas notas; lideranças foram despertadas; habilidades encontradas e levadas a um patamar mais alto de qualidade. A longo prazo, esses mesmo estudantes passaram a beneficiar os colegas de graduação e a comunidade externa da UNIFAL-MG através do projeto de extensão dos foguetes. Entre os benefícios diretos recebidos pelos *Rocketeers* UNIFAL-MG, destacamos a oportunidade de participar da “XVII Escola de Verão em Dinâmica Orbital e Planetologia”, realizada pela UNESP no campo de Guaratinguetá, SP, entre os dias 18 e 22 de fevereiro de 2013.

O projeto “A Física do Lançamento de Foguetes Artesanais” apresentou uma indissociável relação entre ensino, pesquisa e extensão. O aspecto “*ensino*” manifesta-se claramente nos objetivos da ação de extensão: fazer a difusão dos conceitos de física básica, através de experimentos específicos, para um público acostumado a aulas teóricas sobre o assunto ou instruindo o público leigo interessado. Ensinamos a física do lançamento oblíquo, do arrasto aerodinâmico, da conservação do momento, as leis de Newton, tudo isso pelo movimento desenvolvido por foguetes artesanais construídos pelos membros executores do projeto e pelos estudantes participantes das oficinas. O desenvolvimento dos protótipos dos foguetes e das bases de lançamentos caracterizam a “*pesquisa*” realizada no projeto. Os executores do projeto desenvolveram diferentes tipos

de foguetes para ilustrar os diversos aspectos no movimento de projéteis. (Um exemplo para recordar: foguetes com aletas fixadas paralelamente ao eixo da garrafa não apresentam rotação durante o voo; porém, foguetes com aletas inclinadas com respeito ao eixo da garrafa apresentam rotação durante o voo. Outro exemplo ilustrativo: garrafas com quantidades diferentes de água e níveis diferentes de pressurização têm alcances maiores ou menores). A “extensão” aconteceu ao levarmos o conhecimento acadêmico da física básica ao público-alvo, envolvendo-o nas oficinas de construção de foguetes, nos lançamentos e nas discussões acerca do movimento dos projéteis.

Desde o final de 2012 até o término de 2014 realizamos oito ações no contexto do nosso projeto de extensão; atendemos diretamente a 6 instituições diferentes (sem considerar as várias escolas que visitaram as feiras das três edições da Semana de Ciência e Tecnologia); servimos a um público de pelo menos 1300 estudantes. As avaliações dos eventos feitas por parte desse contingente atestaram a boa qualidade do trabalho e o cumprimento dos objetivos do projeto, incluindo o de introduzir uma nova ferramenta pedagógica para o ensino de física nos colégios. Essas ações contribuíram para estimular estudantes do ensino fundamental e médio da nossa região ao estudo das ciências exatas e, quiçá, à opção por uma carreira baseada nos cursos de física ou engenharia. Dessa forma, envidamos esforços para mudar, ao menos em uma escala local, o cenário sombrio descrito na seção Introdução deste artigo. Terminamos com o sentimento expresso nas palavras da Professora Beatriz Lino, vice-diretora da E. E. “Dr. Alcides Mosconi”, ditas ao final da “Oficina de Foguetes!”: “Hoje nós semeamos!”.

AGRADECIMENTOS

Os autores são gratos ao Ministério da Educação do Governo Federal do Brasil (edital PROBEXT 2014 MEC/SESu) e à Pró-Reitoria de Extensão da UNIFAL-MG pelo apoio financeiro. Agradecemos ao Prof. Cássius A. M. de Melo (coordenador de extensão da UNIFAL-MG no campus Poços de Caldas), ao Prof. Daniel J. Pamplona da Silva (tutor do PET-Ciência UNIFAL-MG), ao Prof. Fernando G. Gardim (colaborador de uma das ações do projeto) e à estudante Alessandra M. de Queiroz. Estamos em débito para com dois avaliadores anônimos, cujos comentários levaram à melhoria do texto deste artigo.

SUBMETIDO EM 14 jan. 2015
ACEITO EM 16 set. 2015

REFERÊNCIAS

[ALVES, E. M. S.](#) **Ludicidade e o ensino de matemática**. 4. ed. Campinas: Papyrus, 2001.

[BONILHA, G. \(Ed.\)](#) **RadioAtividade Eventos – Entrevista com os criadores do “Campo de Lançamento”**. 2014. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=eXZr-73ruaI>>. Acesso em: 13 jan. 2015.

[BRASIL. Constituição \(1988\).](#) **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado Federal, 1988. Disponível em:

<http://www.senado.gov.br/legislacao/const/con1988/CON1988_02.12.2014/CON1988.pdf>. Acesso em: 9 jan. 2015.

BRASIL. Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996. LDB: Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional. 8. ed. Brasília, DF: Câmara dos Deputados, 2013.

BRASIL. Ministério da Educação. **Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. Censo da Educação Superior de 2009.** Brasília, DF, 2009.

D'AMBRÓSIO, A. M. et al. Estudo da Física no Lançamento de Foguetes. Poços de Caldas, 2014. 44 f. Relatório sobre o trabalho do Projeto Multidisciplinar V. Instituto de Ciência e Tecnologia, Universidade Federal de Alfenas, Poços de Caldas, 2012. Disponível em: <www.unifal-mg.edu.br/foguetes>. Acesso em: 1 jan. 2015.

DE MELO, C. A. M. (Org.) Site da Semana Nacional de Ciência e Tecnologia 2012. Poços de Caldas: Pró-Reitoria de Extensão da UNIFAL-MG, 2012. Disponível em: <http://www.unifal-mg.edu.br/extensao/?q=snet_2012_pocos>. Acesso em: 1 jan. 2015.

DE MELO, C. A. M. (Org.) Programa da Semana Nacional de Ciência e Tecnologia 2013. Poços de Caldas: Pró-Reitoria de Extensão da UNIFAL-MG, 2013. Disponível em: <<http://www.unifal-mg.edu.br/comunicacao/files/file/ReleaseSNCT2013small.pdf>>. Acesso em: 9 jan. 2015.

GAGLIERI, C. (Ed.) Semana de Ciência e Tecnologia (SNCT). Poços de Caldas: PET Ciência UNIFAL-MG, 2014. Disponível em: <<http://petciencia.blogspot.com.br/2014/10/semana-de-ciencia-e-tecnologia-snet.html>>. Acesso em: 13 jan. 2015.

GAGLIERI, C et al. (Ed.) Ciência no Contraturno. Poços de Caldas: PET Ciência UNIFAL-MG, 2014. Disponível em: <<https://www.facebook.com/media/set/?set=a.1521393548104113.1073741829.1515603265349808&type=3>>. Acesso em: 13 jan. 2015.

GENTILE, P. A educação vista pelos olhos do professor. **Nova Escola**, São Paulo, v. 1, n. 207, p. 32-37, nov. 2007.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, R. Fundamentos de física: mecânica. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008.

INSTITUTO EUVALDO LODI. Inova engenharia propostas para a modernização da educação em engenharia no Brasil. Brasília, DF: IEL.NC: SENAI.DN, 2006.

LIMA, C. A. A. et al. Projeto Político Pedagógico do Bacharelado Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia da UNIFAL-MG (2010). Poços de Caldas: [s.n.], 2010. Disponível em: <<http://www.unifal-mg.edu.br/academico/?q=prg-ctecnologia-pc>>. Acesso em: 1 jan. 2015.

MACHADO, A. S. Matemática – Machado: volume único. São Paulo: Atual Editora, 2012.

MAÉSTRI, S. A. et al. A Física do Lançamento de Foguetes Artesanais. In: OLIVEIRA, D. C. et al. (Org.). **Caderno de Resumos da III Semana do Bacharelado Interdisciplinar em Ciência e Economia (BICE) / IV Semana do Programa Integrado de Ensino, Pesquisa e Extensão (PIEPEX) da UNIFAL-MG.** Varginha: UNIFAL-MG, 2012. p. 22. Disponível em: <<http://www.unifal-mg.edu.br/icsa/files/file/anais2012.pdf>>. Acesso em: 1 jan. 2015.

MARION, J. B.; THORNTON, S. T. **Dinâmica de partículas e sistemas.** São Paulo: CENGAGE, 2011.

MARTINS, R. D. et al. (Ed.) **A Física do Lançamento de Foguetes Artesanais.** Poços de Caldas: Pró-Reitoria de Extensão da UNIFAL-MG, 2013. Site do projeto. Disponível em: <<http://www.unifal-mg.edu.br/foguetes>>. Acesso em: 1 jan. 2015.

MARTINS, R. D. et al. (Ed.) **Rocketeers UNIFAL-MG.** 2014. Canal do YouTube. Disponível em: <https://www.youtube.com/channel/UChJ0EUyaOMni9qa7P_ViuZw>. Acesso em: 1 jan. 2015.

NAGEM, R. et al. Uma proposta de metodologia de ensino com analogias. **Revista Portuguesa de Educação**, Braga, Portugal, v. 1, n. 14, p.197-213, jul. 2001.

NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de física básica: mecânica.** 3. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1996.

PAMPLONA DA SILVA, D. J. (Org.). **Blog PET Ciência UNIFAL-MG.** 2014. Disponível em: <<https://www.facebook.com/blogpetcienciaunifal>>. Acesso em: 13 jan. 2015.

PIRES, R. **O sucateamento da educação no Brasil.** 2012. Disponível em: <<http://averdade.org.br/2012/03/o-sucateamento-da-educacao/>>. Acesso em: 9 jan. 2015.

QUEIROZ, A. M. et al. (Ed.) **Aprendendo a montar seu próprio foguete com os Rocketeers.** Poços de Caldas: PET Ciência UNIFAL-MG, 2014. Disponível em: <<https://www.facebook.com/media/set/?set=a.1535326713377463.1073741830.1515603265349808&type=3>>. Acesso em: 13 jan. 2015.

RAMALHO JR., F.; FERRARO, N. G.; SOARES, P. A. T. **Os fundamentos da física:** v. 1 – Ensino Médio – 1º. ano. São Paulo: Moderna – Didáticos, 2008.

RODRIGUES, C. **Ensino médio: a pior etapa da educação do Brasil.** 2011. Disponível em: <<http://ultimosegundo.ig.com.br/educacao/ensino+medio+a+pior+etapa+da+educacao+do+brasil/n1238031482488.html>>. Acesso em: 9 jan. 2015.

TOLEDO FILHO, M. F. et al. **A Física do Lançamento de Foguetes Artesanais.** Poços de Caldas: *Rocketeers* UNIFAL-MG, 2014. Color. Disponível em: <<https://prezi.com/8wqmfhd931g/apresentacao-pet/>>. Acesso em: 9 jan. 2015.

[TV PLAN](http://www.tvplan.com.br) (Poços de Caldas). Grupo Cioffi de Comunicação. **Semana Nacional de Ciência e Tecnologia**. 2013. Disponível em: <http://www.tvplan.com.br/noticias/noticias.php?action=mostra_noticia&id=1520>. Acesso em: 9 jan. 2015.