



## Educação Maker no Currículo de Matemática: catapultas e o estudo de funções

*Eliton Meireles de Moura (USP)<sup>1</sup>*

*Alex Medeiros de Carvalho (IF Triângulo Mineiro)<sup>2</sup>*

*Fernando da Costa Barbosa (UFG)<sup>3</sup>*

*Deive Barbosa Alves (UFT)<sup>4</sup>*

*Arlindo José de Souza Júnior (UFU)<sup>5</sup>*

### Resumo

Este artigo analisa processos de produção e socialização de saberes docentes de um grupo de professores de Matemática na transformação de uma sequência didática maker. A narrativa se concebe na constituição histórica do trabalho coletivo de docência e pesquisa com Educação Maker e Robótica Educacional, e envolve um período de 15 anos elucidando uma docência que é, ao mesmo tempo, singular e coletiva, e que ocorre por meio dos diferentes encontros de produção no desenvolvimento de um projeto recorrente, embora não equivalente: a construção de protótipos de catapultas e sua relação com o currículo matemático de Funções. O artigo promove práticas docentes preocupadas em criar condições para que os estudantes aprendam conceitos curriculares presentes nos produtos que constroem.

*Palavras-chave: Educação Maker; Ensino de Matemática; Currículo; Catapultas.*

### Abstract

This paper analyzes the processes of production and socialization of teaching knowledge of a group of Mathematics teachers in the transformation of a maker sequence didactic. The narrative is conceived in the historical constitution of the collective work of teaching and research with Maker Education and Educational Robotics and involves 15 years of a teaching that is, at the same, singular and collective, and occurs through the different meetings of production in the development of a recurring project, although not equivalent: the construction of prototypes of catapults and their relationship with the mathematical curriculum of Functions. The article promotes teaching practices concerned with creating conditions for students to perceive curricular concepts present in the products they build.

*Keywords: Maker Education; Mathematics teaching; Curriculum; Catapults.*

---

<sup>1</sup> Contato: e.meireles@alumni.usp.br

<sup>2</sup> Contato: alex@ifm.edu.br

<sup>3</sup> Contato: fermat.ufu@gmail.com

<sup>4</sup> Contato: deive@mail.uft.edu.br

<sup>5</sup> Contato: arlindoufu@gmail.com

## 1. Introdução

Ao tratar de Educação Maker em sua pesquisa, Moura (2019) conceitua o termo como ação ou atividade com viés educativo que, utilizando-se das Tecnologias, conduza a um processo de construção de um produto, físico ou digital, relacionando tal processo a um conteúdo científico. Blikstein, Valente e Moura (2020, p. 523), complementam a ideia dizendo que a Educação Maker “cria condições para que o aluno tome consciência e entenda os conceitos curriculares que estão presentes nos produtos que constroem”. Fato é, que a Educação Maker tem sido a nova aposta das instituições escolares. No entanto, os exemplos de práticas maker educativas são, geralmente, relacionados como atividades “extra”, opcional, e “divertida” - perdendo seu papel de agente transformador na espinha dorsal da escola - o currículo (BLIKSTEIN; VALENTE; MOURA, 2020).

Entender o desperdício deste cenário passa por perceber que as atividades educacionais maker realmente podem contribuir muito para enriquecer o ensino nas mais diversas áreas do conhecimento. Por isso, faz-se importante não pensar a educação maker como mais um modismo, mas como uma real e potencial oportunidade de reorganização curricular na escola.

Modismos e falsas revoluções infestam o mundo educacional nesse começo de século XXI. Teorias (como o Construcionismo) são renomeadas, ideias essenciais são sistematicamente trivializadas (como a pedagogia de Paulo Freire), e o trabalho de educadores inovadores (como a educação maker) correm risco de serem deglutidos pelas forças do tradicionalismo. Acreditamos que a integração das tecnologias e ideias da educação maker ao currículo seja um passo crítico para solidificar a agenda de transformação de Papert, Dewey, Freire e outros. Ao manter a educação maker fora da escola e do currículo, não atacamos as possibilidades de oferecimento democrático dessas oportunidades a todos os alunos. (BLIKSTEIN; VALENTE; MOURA, 2020, p. 539).

Isto posto, e considerando a importância de se manter a educação maker no currículo escolar, este artigo tem como objetivo apresentar como foi desenvolvida uma sequência didática com catapultas no currículo de Matemática da Educação Básica, respondendo à seguinte questão: como a metodologia de ensino de construção do protótipo de Catapulta e o processo de Modelagem Matemática podem representar uma aplicação válida para a Educação Maker no currículo de Matemática?

Para tanto, foram utilizados dados coletados de experiências docentes e de pesquisa de um grupo de professores que, ao longo de quinze anos, buscaram utilizar diversos recursos manuais de construção e de prototipação, entre eles a robótica, para criar uma metodologia docente que fosse interessante ao aprendizado do currículo de funções. O

artigo está dividido em três seções, e a primeira delas aborda a conexão entre o currículo matemático e as atividades maker. Em seguida, tem-se a seção relativa às atividades maker no currículo de matemática, apresentando e discutindo cinco experiências práticas envolvendo professores e estudantes de instituições públicas de ensino básico e superior; e finalmente as considerações finais.

## 2. O currículo matemático e a educação maker

Segundo Blikstein, Valente e Moura (2020) um dos argumentos usados para justificar a implantação da educação maker no ensino básico americano (K-12) é a possibilidade de dar suporte à integração curricular das disciplinas de ciência, tecnologia, engenharia e matemática (*STEM*), e não por acaso a Matemática está entre estas ciências. Afinal, é quase impensado promover qualquer atividade maker, sobretudo escolar, sem a utilização direta ou indireta de conceitos matemáticos.

No Brasil, a Constituição da República Federativa do Brasil, promulgada em 5 de outubro de 1988, estabeleceu em seu artigo nº. 210 a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), que desde então tem sido discutida e atualizada a partir de diretrizes do Ministério de Educação e Cultura (MEC). Em suma, a BNCC é um documento de caráter normativo que define o conjunto orgânico e progressivo de aprendizagens essenciais que todos os alunos devem desenvolver ao longo das etapas e modalidades da Educação Básica, de modo que tenham assegurados seus direitos de aprendizagem e desenvolvimento.

A BNCC expõe o argumento de que as Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação estão cada dia mais presentes no mundo produtivo e no cotidiano das pessoas, e que é importante utilizar, propor e/ou implementar práticas educativas no contexto da Cultura Digital, para investigar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico.

utilizar, propor e/ou implementar soluções (processos e produtos) envolvendo diferentes tecnologias, para identificar, analisar, modelar e solucionar problemas complexos em diversas áreas da vida cotidiana, explorando de forma efetiva o raciocínio lógico, o pensamento computacional, o espírito de investigação e a criatividade. (BRASIL, 2017, p. 475)

Desta forma a atividade maker pode ser uma grande aliada da educação, pois, segundo Moura (2019), ela possibilita essa postura ao estudante, seguindo alguns princípios científicos, como: fazer perguntas e definir problemas; planejar e usar modelos; realizar investigações; analisar e interpretar dados; usar matemática e o pensamento computacional; desenhar soluções; argumentar a partir de evidências e comunicar a informação. É

surpreendente, então, não presenciarmos em massa o abuso dessa potencialidade observada nas atividades makers para conectar indivíduos, produção criativa e currículo, ainda mais o matemático. Quando as atividades maker estão aliadas ao currículo, não há o risco de acontecer o que Blikstein (2013), em entrevista, chamou de Síndrome do Chaveirinho: “O aluno faz o download de um arquivo da internet, que pode ser um chaveiro ou um personagem de desenho animado, imprime na impressora 3D e leva para casa, ou seja, houve uma atividade, mas sem reflexão”.

No caso dos exemplos aqui apresentados, elaborar uma sequência didática sobre a metodologia de ensino de construção do protótipo de Catapulta e do processo de Modelagem Matemática tem sido um trabalho coletivo de produção e socialização de saberes docentes relacionados ao desenvolvimento do pensamento matemático e computacional e a capacidade de refletir sobre, “resolver e elaborar problemas cujos modelos são as funções polinomiais de 1º e 2º graus, em contextos diversos, incluindo ou não tecnologias digitais” (BRASIL, 2017, p.307).

Este processo coletivo também explora a habilidade de interpretar situações das Ciências da Natureza que envolvem a variação de duas grandezas, pela análise dos gráficos das funções representadas e das taxas de variação, com ou sem apoio de tecnologias digitais. Outra habilidade que também tem sido observada é a de

Converter representações algébricas de funções polinomiais de 2º grau para representações geométricas no plano cartesiano, distinguindo os casos nos quais uma variável for diretamente proporcional ao quadrado da outra, recorrendo ou não a softwares ou aplicativos de álgebra e geometria dinâmica. (BRASIL, 2017, p. 539)

Investigar pontos de máximo ou de mínimo de funções quadráticas em contextos da Cinemática é outra habilidade da BNCC que foi muito explorada nas diferentes sequências didáticas elaboradas, envolvendo a produção e manipulação de diferentes tipos de catapulta. Esta habilidade em resolver situações-problema que podem ser solucionadas por uma equação quadrática está relacionada à compreensão dos “processos de fatoração de expressões algébricas, com base em suas relações com os produtos notáveis, para resolver e elaborar problemas que possam ser representados por equações polinomiais do 2º grau”. (BRASIL, 2017, p. 317). Pode parecer natural trabalhar o currículo numa atividade escolar, contudo, pouco se percebe atividades maker que promovam um conteúdo curricular (Moura, 2019). Elaborar práticas educativas nesta perspectiva envolve um processo de produção e socialização de saberes docentes sobre conhecimentos dos conteúdos de Matemática e Física, sobre conhecimento Pedagógico e de conhecimentos de Tecnologias Digitais da

Informação e Comunicação. A seguir, apresentamos a trajetória do processo coletivo e inventivo de propostas docentes com protótipos de catapultas.

### 3. Um processo de construção didática

Trazer uma atividade acabada e bem constituída pode esconder a complexidade de pensamentos e esforços que foram empregados na elaboração do projeto, sendo capaz até de dar a falsa impressão de que é fácil pensar e executar tal processo. Portanto, optou-se neste artigo por apresentar uma sequência didática, fruto de um caminho que se constitui sobre práticas docentes que são, ao mesmo tempo, individuais e coletivas, vividas, defendidas e desempenhadas lenta e esforçadamente ao longo de 15 anos.

O grupo de docentes (e futuros docentes) que inicia o primeiro projeto de construção de catapultas para o ensino do currículo de matemática foi constituído de um professor universitário (responsável pela convergência da equipe) e sete alunos da licenciatura em matemática, sendo dois em fase de conclusão de curso e que já eram professores substitutos, contratados de uma escola pública. Os outros cinco licenciandos iniciaram a trajetória como estagiários dos dois primeiros.

Assim, no ano de 2006 reuniu-se uma equipe para um projeto que ficaria marcado na formação e atuação docente de todo o coletivo, desde o estágio supervisionado, disciplina da licenciatura, até o doutoramento de cada um de seus membros. Para indicá-los neste texto, dá-se o nome de Grupo Catapulta à equipe de oito pessoas.

A presença e liderança de componentes do Grupo Catapulta em todas as atividades é o que conecta a narrativa deste documento. Isto também implica que os projetos apresentados nas subseções, apesar de independentes, podem ser considerados contínuos já que cada um carrega a experiência e *expertise* do anterior em sua bagagem coletiva.

#### 3.1. Projeto catapultas – ano 2006

O primeiro trabalho com catapultas como recurso para ensinar e aprender matemática ocorreu em 2006, em duas turmas de oitavo ano do Ensino Fundamental (à época, último ano letivo antes do Ensino Médio), e abordou o currículo de parábolas e equações do segundo grau. Dois professores da disciplina de Matemática de uma escola pública produziram junto de seus estagiários uma WebQuest, definida por Bernie Dodge (1995) como uma atividade orientada para a pesquisa em que as informações com que os alunos interagem provém de recursos na internet.

A proposta da WebQuest dos professores promoveu o desenvolvimento de quatro atividades de pesquisa: uma busca histórica dos principais matemáticos das teorias estudadas, uma pesquisa sobre lançamento de projéteis e outra sobre o porquê de as

antenas serem parabólicas. Por fim, os alunos foram indagados se só haveria outros modos de resolver uma equação do segundo grau.

O interesse na pesquisa de lançamento de projéteis foi surpreendente, o que fez com que os docentes e seus estagiários criassem uma atividade complementar às atividades de pesquisa. Iniciou-se, então, o estudo prolongado de equações do segundo grau a partir do lançamento de projéteis.

O objetivo da atividade passou a ser construir em grupo uma catapulta, e produzir um trabalho escrito explicando uma das possíveis equações de lançamento da catapulta construída. Para marcar o momento de entrega destas tarefas e manter a motivação dos estudantes, os educadores resolveram idealizar um campeonato de lançamentos de projéteis, distribuindo pontuações curriculares extras ao cumprimento das tarefas e à competição de acerto ao alvo.

Assim, cada o grupo construiu uma catapulta a partir de materiais como: madeira, prego, parafuso, cola, elástico e mola, tomando grande cuidado para que não houvesse no projeto a exposição de qualquer tipo de material pontiagudo ou cortante. As dimensões da base do artefato foram fixadas entre 20 e 40 cm<sup>2</sup>. A construção foi livre e envolveu, além dos alunos dos grupos, familiares dos mesmos, dentre eles carpinteiros e engenheiros, que ajudaram nos projetos, acompanhados gradativamente pelo professor.

Em dezembro de 2006 foi realizada a competição das catapultas. A Figura 1 revela nas extremidades duas das catapultas construídas e o alvo, feito de areia colorida, no qual as catapultas posicionadas a uma distância de 2 a 10 metros deviam acertar uma bola de gude, também conhecida regionalmente como biloca.

Figura 1 – Imagens do Campeonato de Catapultas 2006.



Fonte: Silva et al. (2007).

A competição pareceu para os alunos o grande objetivo de toda a atividade. Cada cor representava uma pontuação, e a habilidade de conhecer bem seu artefato e contar com a pontaria rendeu alguns pontos extras. Porém, o verdadeiro objetivo para os professores era verificar o avanço sobre o currículo das equações de segundo grau, e isto se mostrou no trabalho escrito entregue pelos estudantes.

O trabalho escrito exigia, dentre outras coisas, que os grupos entregassem um projeto (com desenhos), manual de instruções de funcionamento da catapulta e comentários relevantes, além da equação de lançamento e valores aproximados das raízes, mostrando ainda pontos de máximo  $(x, y)$  da trajetória (*parabólica*) desenvolvida pelo projétil (biloca), tendo como origem o local de lançamento e definindo a outra raiz como positiva.

O pedido de uma possível equação de lançamento foi proposto pelos professores por entenderem que os estudantes somente dispunham das duas raízes da equação: onde a catapulta está e onde o projétil cairia. Apenas com estes dados não é possível determinar a equação geral da trajetória do projétil, já que faltam informações fundamentais, tais como as medidas  $(x, y)$  do vértice. Assim, como a atividade das catapultas foi planejada de maneira rápida pelos professores, não se previu a necessidade de colher tais dados. Porém, mesmo não apresentando exatamente uma equação da trajetória do projétil, os grupos explicaram cada passo para a obtenção da equação geral, baseados nas aulas de matemática nas quais se desenvolveu o currículo de funções.

Por fim, após a realização do campeonato, o grupo de educadores se reuniu para fazer uma análise dos resultados, discutindo essencialmente os seguintes fatos: treinamento, estudo e dedicação. Não foi difícil chegar à conclusão de que os alunos tiveram interesse incomum na construção das catapultas. O estudo de equações do segundo grau, partindo de atividades experimentais, contribuiu significativamente para o aprendizado dos alunos, através de construções e pesquisas de modelos concretos, abrindo caminho para outros projetos que o seguiram.

### **3.2. Projeto das catapultas da escola pública – ano 2010**

Como mencionado, o projeto de ensinar e aprender matemática através da construção de catapultas foi realizado coletivamente por anos. Depois da primeira experiência ocorrida em 2006 e com alguns trabalhos de menor intensidade realizados no caminho, chega-se ao ano de 2010, e o grupo, com alguma modificação, voltou a executar o projeto com outros alunos do 9<sup>a</sup> ano em outra escola pública mineira, dessa vez por conta das experiências vividas, investigando o currículo matemático de maneira mais eficaz e adicionando um breve contexto de robótica educacional ao final.

A atividade foi planejada tendo como base a atividade de 2006, sem, contudo, seguir exatamente os mesmos passos. Assim como a anterior, o objetivo era que os estudantes construíssem, em grupo, catapultas para estudar o currículo de matemática, e além de estabelecer relações entre o lançamento de um projétil pelas catapultas e a equação do segundo grau, era intenção dos professores explorar a matemática no estudo da mecânica de funcionamento da catapulta.

O ponto final do projeto seria um campeonato de tiro ao alvo. Porém, uma diferença importante deste projeto para o ocorrido em 2006 foi a ausência do trabalho escrito entregue ao final do campeonato. No lugar desta estratégia, optou-se pelo uso de Blogs (um sítio eletrônico cuja estrutura permite a atualização rápida a partir de acréscimos dos chamados artigos, postagens ou publicações).

Cada grupo montou um blog com as informações sobre o andamento da construção e estudo do artefato catapulta. Havia ainda um blog “mestre” criado pelos professores que trazia informações e atividades que deveriam servir de guia para os estudantes. Vale destacar que, por serem abertos, os blogs dos alunos eram vistos entre eles, mas ao contrário do que os próprios professores previram, essa comunicação não gerou plágio de trabalhos e sim uma contribuição interessada, legítima e altruísta entre os estudantes.

É importante salientar que construir a catapulta e refletir sobre ela foi um processo paralelo e registrado pelos blogs, mas somente com as catapultas prontas se iniciou o estudo do currículo matemático de fato. Na Figura 2, percebe-se algumas catapultas à esquerda (construídas neste projeto), enquanto à direita tem-se um dos momentos de lançamento ocorrido no campeonato.

Figura 2 – Catapultas confeccionadas para o campeonato de catapultas 2010



Fonte: Barbosa (2011).

Com a *expertise* da atividade de 2006, o grupo de professores se antecipou aos dados necessários para a formulação da equação da catapulta. A lembrar, faltavam as medidas  $(x, y)$  do vértice para descobrir a equação geral descrita por uma parábola percorrida pelo projétil. Assim, era necessário descobrir como medir a altura máxima que o projétil alcançaria, e os professores compartilharam com os alunos a responsabilidade de pensar como buscar obter tal dado.

A resolução veio da aplicação do currículo de matemática: sabia-se que na metade da distância alcançada pelo objeto encontra-se a altura máxima. Alunos e professores passaram então a pensar como registrar este ponto específico. Ideias de registro de vídeo, fotográfico ou o uso de algum *software* capaz de capturar a movimentação do objeto naquele momento exato foram especulados.



Contudo, a solução foi lançar o projétil sobre uma folha de papel carbono fixada em uma parede, levando em consideração que a distância da parede deve ser a metade da distância total que o projétil pode alcançar, e após isso, medir a altura onde o projétil deixou um sinal. De posse das medidas do vértice e considerando que o projétil é lançado da posição  $(0,0)$  e cai a  $(x,0)$ , os estudantes podiam determinar a parábola usando da soma e produto de raízes de uma equação quadrática.

Outro momento em que foi discutido o currículo de matemática (e da física), aconteceu no manuseio dos artefatos. Dois alunos se atentaram para a diferença das catapultas quanto ao ângulo de lançamento e da força empregada. Verificaram que essas duas variáveis influenciavam no trajeto, mas não eram abordadas na fórmula. Ao serem indagados sobre este fato, os professores responderam que havia diversas maneiras de se alcançar a equação da trajetória e que na física veriam essa mesma trajetória em diferentes situações, relacionando justamente as variáveis de ângulo e força.

Para aproveitar o interesse dos alunos e a descoberta que fizeram, os professores pediram que os estudantes classificassem as catapultas. Surgiu uma classificação em três níveis: catapultas angulares, que variam ângulo e força; catapultas de força e ângulos fixos; catapultas de ângulo fixo e força variável. Na Figura 3 pode-se perceber, nesta respectiva sequência, uma representante de cada classificação.

Figura 3 – Catapulta angular / Catapulta de força e ângulo fixos / Catapulta de força variável



Fonte: Barbosa (2011).

Para finalizar as atividades, os professores apresentaram uma catapulta (Figura 4) controlada por computador e construída por um aluno do curso de Ciência da Computação da Universidade Federal, que se interessou pelo projeto. O artefato foi elaborado com o kit de robótica da LEGO® Educacional modelo NXT 2.0, tendo como referência as catapultas medievais. Para programar, o universitário utilizou um script secundário, feito no Visual Programming Language (VPL), pertencente ao conjunto de softwares da Microsoft Robotics, que além do sentido, também torna possível ajustar a força de lançamento da catapulta.

Os estudantes viram a catapulta robótica montada e puderam realizar vários lançamentos com ela. Os professores ainda desafiaram os alunos a promoverem o tratamento matemático da equação do segundo grau que representaria o lançamento de um projétil da catapulta feita de LEGO. O desafio foi aceito e cumprido pelos estudantes. A Figura 4 nos revela a catapulta de LEGO montada.

Figura 4 – Fotografia da catapulta feita com o kit de robótica da LEGO® Educacional



Fonte: Barbosa (2011).

O interesse pelo artefato mecânico foi tamanho que os professores buscaram um meio de, mesmo que tardiamente e por uma experiência breve, conseguir um kit de montagem para que os alunos o manuseassem e tentassem construir coletivamente outra catapulta robótica. Tal atividade ocorreu com o auxílio de uma revista da própria LEGO® Educacional que trazia um modelo de catapulta para ser construído, diferente do projeto autoral dos estudantes universitários. Os alunos tiveram então a experiência de construir uma catapulta robótica, mas num processo guiado e sem autoria. Por conta do tempo, não foi possível realizar tratamento matemático desse artefato.

Observou-se nesta empreitada que a construção da catapulta, quando realizada com materiais livres, faz mais sentido para os alunos que conseguem interferir e questionar o processo de criação, desenvolvendo e planejando de acordo com pesquisas e reflexões sobre o funcionamento das catapultas. No trabalho com o kit Lego, a curiosidade em algo robótico e automatizado foi enorme, o que colocou na estratégia dos professores a vontade por mais uma etapa da construção: a automação.

### 3.3. Construção virtual da catapulta – ano 2012

O professor universitário responsável pela convergência do grupo de professores em 2006 estava ministrando uma disciplina chamada Oficina de Práticas Pedagógicas, para uma turma de 6º período de licenciatura em Matemática em 2011. Nesta disciplina, uma das principais tarefas foi criar uma atividade educacional e apresentar a modelagem matemática envolvida. Não por acaso, uma das alunas que cursava a disciplina resolveu desenvolver sua atividade sobre catapulta. Ela havia participado da atividade descrita no item anterior,

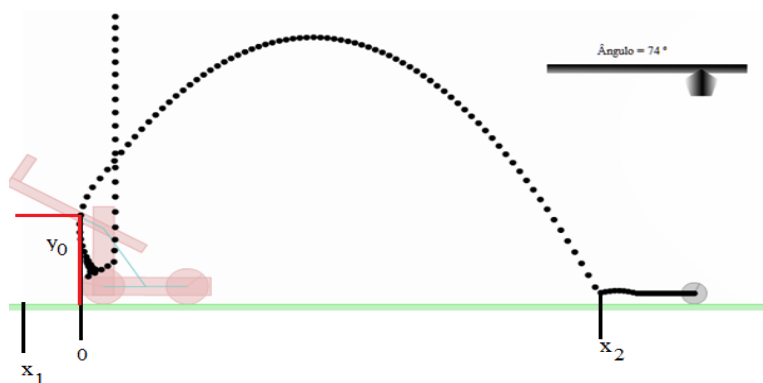
Projeto das Catapultas da Escola Pública – Ano 2010, como estagiária da professora responsável pela turma. Porém, a discente optou por não desenvolver uma atividade de construção física, material, mas uma atividade virtual.

Sabedor desta ligação com a atividade anterior e do interesse em desenvolver uma atividade virtual, o professor da disciplina a apresentou para um aluno mestrando em Educação, desta mesma Universidade, que era um dos integrantes do Grupo Catapulta. À época, o mestrando pesquisava sobre o processo de autoria no contexto da cultura digital, e como também era programador digital, aceitou desenvolver a atividade com a aluna, chegando inclusive a citar a experiência em sua dissertação, com a aprovação da idealizadora da atividade.

Partiram, então, para a criação de um objeto de aprendizagem (OA), que é definido por Wiley (2000, p. 1) como atividade multimídia, interativa, na forma de animação e/ou simulação voltada à educação. O OA em questão, simulava um lançamento de objeto por uma catapulta e buscava explorar a seguinte situação-problema: “Qual será a equação da curva formada pelo lançamento de um objeto por uma catapulta?”.

Usando a tecnologia *Adobe Flash Professional CS4*, a linguagem de programação *Adobe Actionscript 3.0* junto de uma biblioteca física *Box2DFlashAS3*, para simular as condições de gravidade, vento, força, entre outros, comuns na natureza, os autores da simulação desenvolveram uma interface que pode ser verificada na Figura 5.

Figura 5 – Ambiente de simulação da Catapulta



Fonte: Alves (2012)

A futura professora e o mestrando tiveram a liberdade de ter a ação inventiva de um problema e o formularam da seguinte maneira: a trajetória de uma bola, lançada de uma catapulta sobre um terreno plano e horizontal, é parte de uma parábola com eixo de simetria vertical, como ilustrado na Figura 5. Use uma régua para medir  $x_1$ ,  $x_2$  e  $y_0$  supondo que são

respectivamente os zeros da parábola e a altura em que a bola foi lançada. Qual é uma possível função matemática para essa parábola?

Uma solução apresentada pelos próprios autores foi: traçar um plano cartesiano na Figura 5, no qual o eixo das ordenadas passe por zero e o eixo das abscissas passe pelo chão, representado pela cor verde na figura. Com uma régua colhe-se as medidas e em seguida as converte para metros:  $x_1 = -0,075$ ,  $x_2 = 0,665$  e  $y_0 = 0,135$ .

Com tais dados pode-se trabalhar com a forma fatorada da função do segundo grau:

$$f(x) = a(x - x_1)(x - x_2)$$

Substituindo o ponto  $(0, y_0)$  e os zeros da função tem-se:

$$0,135 = a(0 + 0,075)(0 - 0,665)$$

$$0,135 = a(-0,049875)$$

$$-\frac{0,135}{0,049875} = a$$

$$a \approx -2,71$$

Desse ponto de vista encontra-se a seguinte função (sendo  $f: R \rightarrow R$  a altura atingida pela bola, a qual depende do alcance  $x$ ):

$$f(x) = -2,71(x + 0,075)(x - 0,665)$$

$$f(x) = -2,71(x^2 - 0,59x - 0,049875)$$

$$f(x) = -2,71x^2 + 1,5989x + 0,13516125$$

Os autores ainda buscaram outra forma de pensar sobre o referido problema, usando o currículo de Física, dessa maneira fazendo uso de variáveis como a unidade de aceleração à gravidade na superfície da Terra, definida na Física como:  $g = 9,81 \frac{m}{s^2}$ , desconsiderando a resistência do ar. Assim, segundo Sampaio e Calçada (2001, p. 216), tem-se a seguinte expressão para calcular o alcance ( $x_2$ ):

$$x_2 = \frac{v_0^2 \text{sen}(2\alpha)}{g}$$

Em que  $v_0^2$  é velocidade inicial do lançamento da bola e  $\alpha$  o ângulo do referido lançamento. Para uma possível resolução toma-se  $x_2 = 0,665m$ , e que  $\alpha = 74^\circ$  (Figura 5), calcula-se a velocidade inicial:

$$0,665 = \frac{v_0^2 \text{sen}(2 \cdot 74)}{9,81}$$

$$\sqrt{0,665 \cdot 0,5299192642} = v_0$$

$$v_0 \approx 0,594 \frac{m}{s}$$

Sabendo o valor da velocidade inicial do lançamento, usamos a pesquisa de Almeida (2016, p. 48), que nos diz: “Seja o ângulo de tiro ou de lançamento,  $v_0$  a velocidade inicial e  $g$  a aceleração da gravidade, então podemos descrever a altura  $y$  em função do alcance  $x$ [...]”, a partir de tais dizeres, o autor apresenta o seguinte modelo matemático para descrever altura em função do alcance:

$$y(x) = \pm y_0 + tg(\alpha) * x - \frac{g}{2 * v_0^2 * \cos(\alpha)} * x^2$$

Almeida (2016) explica que  $\pm y_0$  é devido a como se coloca o plano cartesiano para resolução dos problemas de lançamento oblíquo, e substituindo os valores temos:

$$y(x) = 0,135 + tg(74) * x - \frac{9,81}{2 * (0,594)^2 * \cos(74)} * x^2$$

$$y(x) = 0,135 + tg(74) * x - \frac{9,81}{2 * (0,594)^2 * \cos(74)} * x^2$$

$$y(x) \approx 0,135 + 3,49 * x - 50,44 * x^2$$

Assim, cria-se duas expressões de formas distintas para analisar matematicamente o objeto de aprendizagem, que busca trabalhar com o lançamento de uma bola por uma catapulta. A comparação entre as duas funções matemáticas permite fazer uma crítica ao objeto, pois mostra que no ambiente de simulação da catapulta não estava presente o efeito da aceleração da gravidade naquele lançamento.

Por isso, duas das três constantes são distintas, justamente as duas que dependeram da constante da aceleração da gravidade. O processo utilizado nessa modelagem matemática seria usado nas próximas experiências de relação do ensino do currículo matemático e a construção de catapultas.

### 3.4. Catapultas Instituto Federal – ano 2016

Passamos agora a outra experiência com catapultas ocorrida em 2016, num Instituto Federal Mineiro. O professor de matemática da turma de 1º Ano Técnico em Meio Ambiente Integrado ao Ensino Médio, tinha o propósito de construir catapultas como experimentos didáticos para o estudo das parábolas e da função quadrática.

Por sua vez, outro professor de matemática, que fazia parte do Grupo Catapulta e lecionava na turma de 2º Ano do mesmo curso, buscava desenvolver um trabalho com seus alunos para a semana multidisciplinar, marcada para acontecer no final do ano, e precisava engajar os estudantes em alguma atividade de pesquisa. Além disso, este professor havia realizado o projeto da Catapulta com a turma de 2º ano. Iniciava-se, então, uma parceria.

Em suma, a turma de 1º ano foi subdividida em grupos e cada grupo teve que construir sua catapulta, efetuar com ela arremessos inúmeros e, com os dados desses,

encontrar a função quadrática capaz de modelar os disparos de seu artefato. Coube aos alunos do 2º ano, a orientação dos grupos para a construção de todas as catapultas, tornando-se monitores do projeto da catapulta na disciplina de matemática. A partir dessa experiência de orientação, essa equipe orientadora obteve dados e experiências para a construção de sua pesquisa para a Semana Multidisciplinar.

Essa tarefa revelava duas novidades na construção dos projetos com catapultas. A primeira era a orientação da atividade, antes restrita aos professores, que foi destinada aos alunos, ou seja, alunos ensinando alunos. Outro ineditismo foi o objetivo traçado: construir catapultas automatizadas usando um microcontrolador.

Diferentemente das experiências com o kit de robótica de Lego, neste processo, os estudantes seriam os autores da construção que reuniria construção em madeira e robótica, num projeto onde alunos do 2º ano auxiliaram os grupos de estudantes do 1º na automação do sistema de disparo das catapultas, com o uso de servo motores acoplados ao Arduino, além de desenvolverem juntos um aplicativo de celular para o sistema Android, capaz de controlar toda atividade.

Uma das “exigências” dos professores era que a parte eletrônica deveria apresentar um dispositivo (motor) para puxar a alavanca e outro para travá-la, substituindo a função manual. A Figura 6 expõe alguns momentos deste processo de construção.

Figura 6 – Processos de construção das catapultas automatizadas



Fonte: Registro pessoal dos professores do Instituto Federal - 2016

Enquanto o professor do 2º ano assessorava o trabalho destes com os alunos do 1º ano, o outro professor desenvolvia o currículo matemático envolvido na parábola criada na trajetória do projétil. Todo este processo curricular acontecia paralelo à construção dos artefatos que, colocados em teste com os lançamentos, permitiam a comparação dos dados colhidos com os lançamentos dos artefatos e a resolução da equação construída nas aulas de matemática. Após a construção dos artefatos, cada grupo de estudantes do 1º ano elaborou um relatório contendo a equação quadrática modeladora dos arremessos de sua própria catapulta, na seguinte forma:

Inicialmente, efetuou-se cinco lançamentos com uma biloca (bolinha de gude), considerando o local do lançamento como origem, e tendo a primeira raiz da função quadrática igual a zero ( $x_1=0$ ). As distâncias onde a biloca caíram foram anotadas, descartando-se a maior e a menor distâncias e fazendo uma média aritmética das três restantes. O valor  $M$  dessa média é a segunda raiz ( $x_2=M$ ).

O ponto médio entre essas duas raízes foi considerado a abscissa do vértice ( $X_v=M/2$ ). Para obtenção da ordenada  $Y_v$ , cada grupo de estudantes do 1º ano tomou a distância da abscissa do vértice ( $M/2$ ) de uma parede e fez novamente cinco lançamentos, anotando as alturas em que o projétil (bola de vidro ou biloca) atingiu a parede, descartando-se a maior e a menor alturas, fazendo uma média aritmética das três restantes. O resultado  $H$  dessa segunda média aritmética é a ordenada do vértice ( $Y_v=H$ ).

De posse das duas raízes ( $x_1=0$  e  $x_2=M$ ) e do vértice ( $X_v=M/2$ ,  $Y_v=H$ ), cada um dos grupos de estudantes do 1º ano construiu um sistema de equações lineares para obtenção das constantes  $a$ ,  $b$  e  $c$  da função quadrática  $f(x) = ax^2+bx+c$ , que modela a catapulta em questão:

$$\begin{aligned} \begin{cases} 0 = a \cdot 0^2 + b \cdot 0 + c \\ 0 = a \cdot M^2 + b \cdot M + c \end{cases} & \Rightarrow \begin{cases} 0 = c \\ 0 = a \cdot \frac{M^2}{4} + b \cdot \frac{M}{2} + c \end{cases} \\ & = a \cdot \frac{M^2}{4} + b \cdot \frac{M}{2} \end{aligned}$$

Com a obtenção da equação por meio dos pontos obtidos com a experimentação, cada grupo obteve a equação de sua própria catapulta, equação essa que – adotando-se esses procedimentos específicos – pode ser considerada única, já que é praticamente descartada a possibilidade de haver duas catapultas com equações iguais, por mais parecidas que sejam.

No final do ano, professores e alunos realizaram a tradicional competição de catapultas de tiro ao alvo. A parceria foi considerada um sucesso, sobretudo na disciplina de matemática da turma de 1º ano, com um estudo significativo para os estudantes sobre o conteúdo de Função Quadrática.

### 3.5. Catapultas Instituto Federal – ano 2019

Em 2019, o professor que em 2016 estava à frente da turma de 2º ano do curso técnico de Meio ambiente havia assumido todas as aulas de matemática das turmas de 1º Ano dos cursos de Meio Ambiente, Agronomia e de Alimentos, todos cursos técnicos integrados ao Ensino Médio. Com a experiência acumulada desde a primeira atividade das catapultas, resolveu promover a construção das catapultas e a elaboração de um relatório que trouxesse a equação do lançamento da catapulta, de tal forma que a realidade deveria estar próxima das medidas indicadas pela equação apresentada.

Nesse processo, os alunos não necessitam de fórmula já que chegam na equação da parábola através do estudo e formulação de um sistema de equações, currículo disciplinar que o professor trabalhava em sala, e que foi elaborado pelos próprios dados dos lançamentos das catapultas construídas por cada grupo.

As equipes foram instruídas a entregar ainda um relatório contendo, entre outras coisas: um projeto com imagens da construção do artefato; um manual de instruções de funcionamento da catapulta; os valores aproximados das raízes e pontos de máximo ( $x$ ,  $y$ ) da trajetória (parábola) desenvolvida pelo projétil, tendo como origem o local de lançamento e assumindo a outra raiz como positiva; os cálculos para a determinação da função quadrática referente à catapulta da equipe.

Nos estudos em sala, o professor explorou o currículo mostrando como os lançamentos das catapultas davam aos estudantes, informações para a construção das equações, e que quanto mais lançamentos fizessem, mais informações colhiam e mais precisa ficava a equação de lançamento

Em suma, o currículo era entrelaçado com os lançamentos. Para o cálculo das duas raízes se seguia o processo: assume-se uma das raízes como nula, pois o local de lançamento era a origem, o que implicava que uma das raízes seja nula ( $x_1=0$ ). Efetua-se cinco lançamentos do projétil registrando os dados, mas descartando o maior e o menor valor e fazendo uma média aritmética entre os três valores restantes. O resultado obtido ( $M$ ) seria a outra raiz ( $x_2=M$ ).

Para o cálculo do vértice ( $X_v$ ,  $Y_v$ ), o processo era: a Abscissa do vértice ( $X_v$ ) será o ponto médio das duas raízes (isto é,  $X_v=M/2$ ). Para obtenção da ordenada do vértice ( $Y_v$ ), posiciona-se a catapulta a uma distância de  $X_v=M/2$  de uma parede, para que possa marcar o ponto onde o projétil vai atingi-la, em teoria, no ponto alto do trajeto. Efetua-se outros cinco lançamentos do projétil, registrando-os e, novamente, descartando o maior e o menor valor, fazendo a média aritmética entre os três valores restantes. O resultado obtido ( $H$ ) será a ordenada do vértice ( $Y_v=H$ ).



De posse do vértice ( $X_v=M/2$ ,  $Y_v=H$ ) e das duas raízes  $x_1=0$  e  $x_2=M$  (lembrando que  $y=0$  para ambas raízes), construía-se o sistema de equações lineares para obtenção das constantes  $a$ ,  $b$  e  $c$  da função  $f(x) = ax^2+bx+c$ , da seguinte forma:

$$\begin{aligned} \begin{cases} 0 = a \cdot 0^2 + b \cdot 0 + c \\ 0 = a \cdot M^2 + b \cdot M + c \end{cases} & \Rightarrow \begin{cases} 0 = c \\ 0 = a \cdot M^2 + b \cdot M + c \end{cases} \\ & = \frac{a \cdot M^2}{4} + \frac{b \cdot M}{2} \end{aligned}$$

Por fim, o cálculo das raízes e do vértice do gráfico da função encontrada traria informações muito próximos aos aferidos no experimento.

Figura 7 – Fotos das turmas com as catapultas produzidas



Fonte: Registro pessoal dos professores do Instituto Federal - 2019

Na Figura 7, podemos verificar o dia da tradicional competição de tiro ao alvo das turmas. A grande diferença desta atividade para as anteriores talvez seja a rapidez com que foi concluída, mesmo aprimorando uma metodologia de obtenção da fórmula mais simples e eficaz. Por ser uma atividade, a única que durou um mês (16 aulas), não se teve intenção de fazer uso de aparatos robóticos, incluindo placas de microcomputadores.

## 4. Considerações finais

O processo 'ser criativo' é importante, pois constitui-se no contexto de aprendizagem que leva o estudante a deixar de ser 'mero receptor de informação', e o torna um questionador de ideias, inventor de artefatos e, por extensão, um construtor de conhecimentos (PAPERT, 1986; AZEVEDO; MALTEMPI; LYRA, 2019). Na prática Maker o professor e seus estudantes são vistos como sujeitos de conhecimento, que podem (re)construir criticamente o saber, em uma proposta de Educação dialética e dialógica, no

contexto histórico, cultural, social e político no qual se inserem. Isto é, por meio de atividades Maker, o estudante desenvolve o seu conhecimento teórico na prática.

A prototipagem das catapultas tornou-se, então, em todas as atividades, um processo construcionista. Quase todos os pesquisadores que vêm estudando o movimento maker para a educação tem feito uso da teoria que Papert denominou de construcionismo (PAPERT, 1986), baseada no Construtivismo de Piaget (1896-1980). O construcionismo promove a abordagem pela qual o aprendiz constrói conhecimento quando ele produz um objeto de seu interesse, como uma obra de arte, um relato de experiência ou um programa de computador. Papert enfatizava a aprendizagem por intermédio do *hands on* (mão na massa), e o *heads in* (imersão mental), pelo fato de o aprendiz estar envolvido na construção de algo do seu interesse.

A aprendizagem pelo fazer retoma a condição natural da experimentação, da curiosidade e da criatividade, permitindo àqueles que a praticam envolverem-se em atividades em que possam criar coisas intuitivamente, indo além de apenas interagir com a tecnologia. Entretanto, essa curiosidade deve ser epistemológica, uma “inquietação indagadora”, como proposto por Freire (2000, p. 35).

A Educação Maker vem sendo considerada (BLIKSTEIN 2013; HALVERSON; SHERIDAN, 2014; ROSE, 2014; SHERIDAN, *et al*, 2014; BLIKSTEIN; VALENTE; MOURA, 2020) boa solução para os estudantes que desejam desenvolver projetos, seja usando objetos tradicionais como palitos, canudos, papel e tesoura, ou outros mais tecnológicos tais como ferramentas digitais de fabricação.

É importante enfatizar, no entanto, que a presença das tecnologias digitais mais avançadas eleva a níveis exponenciais a contribuição que as atividades maker podem oferecer ao aprendizado, pois revelam possibilidades antes improváveis, tal como utilizar a exata mesma força em dois lançamentos destinos. Percebe-se que a “entrada” de aparatos eletrônicos, como o kit Lego e a placa de Arduino, trouxe ganhos e discussões que não apareceram nas atividades que não os tiveram. Claro que isto não diminui o trabalho feito com as madeiras e materiais mais simples, mas aponta para a importância de possuir um espaço Maker nas instituições escolares, conforme Valente e Blikstein (2019).

Os professores não ofereceram, em nenhuma das tarefas, materiais de marcenaria ou quaisquer outros para a execução das tarefas. Pode-se imaginar o quanto alunos e professores teriam avançado nas discussões e reflexões acerca da construção e do currículo de matemática se uma das escolas fosse equipada com um espaço para o trabalho escolar, dispondo de tecnologias como impressoras 3D e Cortadoras a Laser.

Por fim, deve-se entender que o trabalho docente necessita de uma construção histórica para se enriquecer. Afinal, para Freire o tempo é causador da autonomia e do amadurecimento.

Ninguém é autônomo primeiro para depois decidir. A autonomia vai se constituindo na experiência de várias, inúmeras decisões, que vão sendo tomadas. [...] ninguém amadurece de repente, aos 25 anos. A gente vai amadurecendo todo dia, ou não. A autonomia, enquanto amadurecimento do ser para si, é processo, é vir a ser. Não ocorre em data marcada. É neste sentido que uma pedagogia da autonomia tem de estar centrada em experiências estimuladoras da decisão e da responsabilidade, vale dizer, em experiências respeitadas da liberdade (FREIRE, 1996, p. 67).

Na continuidade do projeto é que cada professor se constitui professor, na ação, reflexão, reorganização e (re)ação. Um processo coletivo deixa este movimento enriquecido, pois traz consigo várias reflexões, olhares e conseqüentemente soluções mais criativas e plurais. O professor não se torna-se maker numa única abordagem.

## 5. Referências

ALMEIDA, F. F. M. de. **Lançamento Oblíquo: Uma Abordagem Matemática**. 2016. 78 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Instituto de Matemática e Estatística da Universidade Federal de Goiás, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2016.

ALVES, D. B. **O processo de autoria na cultura digital: a perspectiva dos licenciandos em matemática**. 2012. 172 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Educação, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2012. Cap. 5. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/13891/1/d.pdf>. Acesso em: 25 jul. 2020.

AZEVEDO, G. T. de; MALTEMPI, M. V.; LYRA, G. M. V. Computational thinking and Active Learning in Mathematics as a contribution to the treatment of Parkinson's disease. *In: SCIENCE AND MATHEMATICS EDUCATION IN THE 21st CENTURY*, 2019, Braga. Braga: Universidade do Minho, p. 75-76. 2019

BARBOSA, F. C. **Educação e robótica educacional na escola pública: as artes do fazer**. 2011. 182 f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Programa de Pós-graduação em Educação, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia. 2011.

BLIKSTEIN, P. Digital fabrication and “making” in education: the democratization of invention. In: WALTER-HERRMANN, J.; BÜCHING, C. (Eds.). **FabLabs: of machines, makers and inventors**. Bielefeld: Transcript Publishers, 2013. p. 203-221.

BLIKSTEIN, P.; VALENTE, J.; MOURA, É. M. de. Educação Maker: Onde Está O Currículo? **Revista e-Curriculum**, v. 18, n. 2, p. 523-544, jun. 2020. ISSN 1809-3876. Disponível em: <https://revistas.pucsp.br/curriculum/article/view/48127/32229>. Acesso em: 28 jul. 2020.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular – BNCC Versão Final**. Brasília, DF, 2017. Disponível em:

[http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC\\_EI\\_EF\\_110518\\_versaofinal\\_site.pdf](http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf). Acesso em: 29 jun. 2020.

DODGE, B. **Some thoughts about Webquests**. 1995. Disponível em: [http://webquest.org/sdsu/about\\_webquests.html](http://webquest.org/sdsu/about_webquests.html). Acesso em: 29 jun. 2020.

FREIRE, P. **Pedagogia da indignação**: cartas pedagógicas e outros escritos. São Paulo: Editora Unesp, 2000.

FREIRE, P. **Pedagogia da Autonomia**: saberes necessários à prática educativa. São Paulo: Paz e Terra, 1996.

HALVERSON, E. R.; SHERIDAN, K. M. The maker movement in education. **Harvard Educational Review**, Cambridge, v. 84, n. 4, p. 495-504, 2014.

MOURA, É. M. de. **Formação docente e educação maker**: o desafio do desenvolvimento das competências. 2019. Tese (Doutorado em Educação) - Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2019. doi:10.11606/T.48.2020.tde-03032020-171456. Acesso em: 14 jul. 2020.

PAPERT, S. **Constructionism**: a new opportunity for elementary science education. Proposta para a National Science Foundation, Massachusetts Institute of Technology, Media Laboratory, Epistemology and Learning Group, Cambridge MA, 1986.

ROSE, M. **The mind at work**: valuing the intelligence of the American worker. New York: Penguin, 2014.

SAMPAIO, J. L.; CALÇADA, C. S. Movimento de projéteis. In: SAMPAIO, J. L.; CALÇADA, C. S. **Universo da Física**. 1ª. ed. São Paulo: Ed. Atual, 2001.

SILVA, M G; MOURA, É M. de; SOUZA JR, A. J. de; SILVA, J. C. da; CARVALHO, A. M. de. Artefatos Culturais e Novas Tecnologias de Informação e Comunicação no Cotidiano Escolar: Uma Produção Acadêmica Colaborativa a Cerca do Uso de Catapultas e Internet na Educação Matemática. In VIII Seminário "A Produção Acadêmica Sobre Professores: Um estudo interinstitucional da região Centro-Oeste", Uberlândia, 2007. **Anais [...]**. CD de Anais. ISBN: 978-85-7078-135-2.

SHERIDAN, K. M.; HALVERSON, E. R.; LITTS, B.; BRAHMS, L.; JACOBS-PRIEBE, L.; OWENS, T. Learning in the making: a comparative case study of three makerspaces. **Harvard Educational Review**, v. 84, n. 4, p. 505-531, 2014. Disponível em: doi:10.17763/haer.84.4.brr34733723j648u. Acesso em: 16 jun. 2020.

VALENTE, J. A.; BLIKSTEIN, P. The construction of knowledge in maker education: a constructivist perspective. **Constructivism Foundation**, Brussels, Bélgica, v. 14, n. 3, p. 252-262, 2019. Disponível em: <https://constructivist.info/14/3/252.valente.pdf>. Acesso em: 14 jul. 2020.

WILEY, D. A. **Connecting learning objects to instructional design theory**: a definition, a metaphor, and a taxonomy. 2000. Disponível em: <http://goo.gl/96NOvb>. Acesso em: 10 Nov. 2011.