

O ESTUDO DA LEI DE RESFRIAMENTO DE NEWTON NA ABORDAGEM LCP

Paulo Augusto Pimentel – Hugo Alex Diniz
pimentel.dantes@gmail.com – halexdiniz@gmail.com
Universidade Federal do Oeste do Pará - Brasil

Tema: Ensino Experimental de Matemática

Modalidade: CB

Nível educativo: Médio (11 a 17 anos)

Palavras-chave: Abordagem LCP, Lei de Resfriamento de Newton, Ensino de Matemática

Resumo

A abordagem LCP (Large Context Problems), desenvolvida por Arthur Stinner, consiste na utilização de um problema central e motivador como contexto interdisciplinar para o ensino de Ciências, com foco na História da Ciência e na iniciação científica. O presente trabalho traz uma introdução à abordagem LCP aplicada ao ensino de Matemática, especificamente o estudo da função exponencial e de uma de suas caracterizações, por meio de um experimento com a Lei de Resfriamento de Newton. Propomos uma sequência de atividades, para alunos do 1º ano do Ensino Médio, em torno do estudo do resfriamento de uma pequena esfera, com o intuito de trabalhar os temas relacionados a funções, seus gráficos e conceitos de termodinâmica. O objetivo é promover um ensino que não esteja centrado no livro didático e que aproxime do aluno o processo de construção do conhecimento por meio do estudo da História. Com auxílio de aplicativos de geometria dinâmica e planilha eletrônica, comparam-se os dados obtidos com os resultados teóricos esperados. Apresentamos também o relato da realização destas atividades em uma turma de 14 alunos e o resultado da avaliação destes alunos sobre a atividade.

Introdução

Segundo Carvalho (2013), utilizando-se de sequências de ensino investigativo, é possível criar um ambiente investigativo em salas de aula de Ciências, com o objetivo de proporcionar aos alunos condições de utilizar seus conhecimentos prévios para construir novos, discutir suas ideias com os colegas e com o professor, estruturando cientificamente seus conhecimentos e linguagem.

Propomos neste trabalho, uma sequência de ensino investigativo em Matemática, baseada na metodologia LCP (Large Context Problems), desenvolvida por Arthur Stinner, que consiste em fazer com que o professor possa complementar o ensino da

Ciência, colocando-o em uma abordagem rica e ampla, informando sobre a história da Ciência, os fenômenos da natureza e a iniciação científica.

Esta sequência de ensino visa o estudo da função exponencial e de uma de suas caracterizações, por meio de um experimento com a Lei de Resfriamento de Newton, para alunos do 1º ano do Ensino Médio. Em torno do estudo do resfriamento de uma pequena esfera, são trabalhados os temas relacionados a funções, seus gráficos e conceitos de termodinâmica.

Apresentamos também um relato da realização destas atividades em uma turma de 14 alunos e o resultado da avaliação destes alunos sobre a atividade.

LCP

A abordagem LCP foi originalmente desenvolvida como uma resposta para a descoberta de que: "... o aprendizado pode muito bem ser motivado por um contexto que tenha uma ideia central unificadora capaz de capturar a imaginação dos alunos." (Stinner, 2006, tradução própria). A abordagem visa humanizar o ensino da Ciência contextualizando-o sempre em situações atuais. Com isso as relações criadas entre os problemas propostos e os temas de livros de abordagem convencional têm um maior impacto ao serem aplicados. A seguir apresentamos algumas orientações para se montar uma pesquisa ou um trabalho com a abordagem em LCP.

- Criar um contexto com uma ideia central capaz de capturar a imaginação e a atenção do aluno além de enfatizar a ciência envolvida utilizando uma linguagem que esteja dentro do cotidiano do aluno.
- Ao criar um contexto inserir dados históricos e pessoas famosas para realçar a ideia principal do problema. Isso trará uma importante qualidade na apresentação das questões tornando-as mais envolventes.
- Quebrar o paradigma entre o conteúdo e o dia-a-dia. Ou seja, mostrar conexões entre as ideias discutidas em sala de aula com os problemas cotidianos.
- Mostrar ao aluno que as situações que ocorrem no contexto são mais interessantes para serem abordadas. Além das situações fazer uma ligação entre o cenário do problema e os atuais conhecimentos de ciência e tecnologia com isso incentivar a busca individual mais profunda de cada problema proposto.

- Feito o projeto do problema o professor deve trabalhar em conjunto com os alunos, no qual assume papel de investigador.

Sobre a lei de resfriamento de Newton

Em 1701, quando tinha quase 60 anos, Isaac Newton publicou anonimamente um artigo intitulado “Scala Graduum Caloris” (Netto, 2012), no qual descreve um método para medir temperaturas de até 1000°C, algo impossível aos termômetros da época. O método estava baseado no que hoje é conhecido como a lei do resfriamento de Newton. Através da observação e do conceito da conservação do calor, Newton verificou que o calor retirado de um objeto quente é levado pelo vento. Para comprovar, Newton realizou um experimento. Após esquentar um objeto e deixa-lo em repouso num lugar isolado, para não perder calor por contato, percebe-se que com o tempo sua temperatura diminui. Assim a única forma de perder calor é para o ambiente. Com isso, a Lei de resfriamento de Newton afirma que para pequenas diferenças de temperaturas, a taxa de resfriamento é aproximadamente proporcional a diferença entre as temperaturas do objeto e do ambiente.

Sendo assim, tendo T como a temperatura do objeto, T_a como a temperatura do ambiente e sabendo que $T_a < T$, teremos um fluxo do meio mais quente para o mais frio. As observações experimentais feitas por Newton nos mostram que a quantidade de calor transferida do mais quente para o mais frio, por unidade de tempo ($\frac{dT}{dt}$), é proporcional à diferença de temperaturas ($T - T_a$) entre o sistema e o ambiente. Assim:

$$\frac{dT}{dt} = -k(T - T_a),$$

onde k é uma constante que depende do material de cada objeto. A solução para esta equação diferencial é

$$T(t) = T_a + (T_0 - T_a)e^{-kt},$$

onde T_0 é a temperatura inicial do sistema (Figueireido & Aloisio, 1998).

Experimento

Após ver a solução de Newton para o problema, percebe-se que a resposta é uma função exponencial. Repetimos o experimento de Newton e obtivemos indícios que nos indicam que de fato a solução é uma função exponencial.

Os materiais utilizados foram:

- Uma esfera de 4 cm de diâmetro.
- Um cronômetro.
- Um termômetro ambiente.
- Um termômetro óptico.
- Um aquecedor.
- Um suporte com isolante de calor para colocar a esfera.

Primeiramente a esfera foi aquecida até uma determinada temperatura. Mediu-se a temperatura ambiente. Após o aquecimento, a esfera foi colocada no suporte para permanecer em repouso e passar a perder calor apenas para o ambiente. Enquanto a esfera perdia calor, foram medidas sua temperatura inicial e suas respectivas temperaturas em intervalos iguais de tempo. Os dados coletados foram organizados em uma tabela e um gráfico, mostrando o comportamento do resfriamento da esfera. Assim o experimento foi repetido 4 vezes.

Na tabela 1 e no gráfico 1, apresentamos os dados coletados em uma das medições escolhida aleatoriamente. A temperatura ambiente medida foi 29,5°C.

Tabela 1 – Temperatura do objeto ao longo do tempo

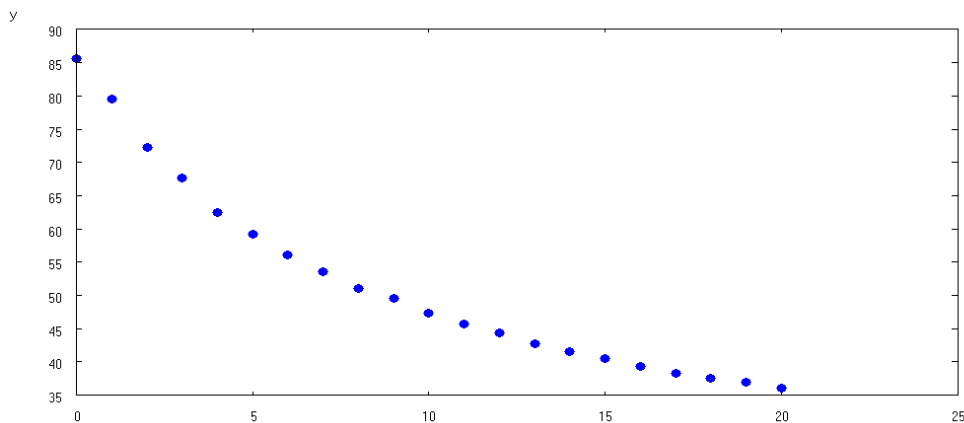
Tempo (min)	Temperatura (°C)	Razão entre temperaturas consecutivas	Tempo (min)	Temperatura (°C)	Razão entre temperaturas consecutivas
0	85,6		11,0024	45,7	0,96
1,0191	79,5	0,93	12,0025	44,3	0,97
2,0027	72,2	0,91	13,0009	42,8	0,97
3,0001	67,7	0,94	14,0013	41,5	0,97
4,001	62,5	0,92	15,0022	40,5	0,98
5,0024	59,2	0,95	16,002	39,3	0,97
6,0023	56,1	0,95	17,0024	38,3	0,97
7,0017	53,6	0,96	18,002	37,5	0,98
8,0022	51	0,95	19,0025	36,9	0,98
9,0027	49,5	0,97	20,0002	36,1	0,98
10,0006	47,4	0,96			

O Teorema 1 apresenta uma condição suficiente para que uma função seja do tipo exponencial. Aplicando ao fenômeno estudado, para que a função temperatura

dependente do tempo seja do tipo exponencial, a razão entre temperaturas consecutivas, tomadas em intervalos de tempo iguais deve ser constante. A Tabela 1, na coluna “Razão entre temperaturas consecutivas”, nos indica que o comportamento da função é exponencial. É importante ressaltar que isto é apenas uma indicação, não uma demonstração do fato.

Teorema 1 (Caracterização da Função Exponencial) – Seja $f: \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}^+$ uma função monótona injetiva tal que, para $x, h \in \mathbb{R}$ quaisquer, a razão $\frac{f(x+h)}{f(x)}$ dependa apenas de h , mas não de x . Então f é do tipo exponencial, isto é, $f(x) = b \cdot a^x$, com $a, b \in \mathbb{R}^+$ (Lima, 2010).

Gráfico 1 – Visualização dos dados da temperatura pelo tempo



Sequência de Ensino LCP

Utilizando o experimento e a análise dos resultados, propomos uma sequência de atividades para o 1º ano do Ensino Médio, nas quais o aluno terá oportunidade de investigar o comportamento da temperatura do objeto.

1. O professor deve verificar com os alunos, os conhecimentos empíricos que possuem sobre transferência de calor e temperatura;
2. Apresentar o material do experimento e seus procedimentos;
3. Realizar o experimento e coletar os dados com a participação dos alunos;
4. Utilizando-se de uma planilha eletrônica ou de um aplicativo de geometria dinâmica, gerar a tabela e o gráfico com os dados;
5. Solicitar aos alunos que identifiquem, dentre as funções que eles conhecem o gráfico, qual melhor se aproxima do gráfico obtido do experimento;

6. Apresentar o teorema de caracterização das funções exponenciais e verificar se os dados obtidos satisfazem a condição do teorema, utilizando computador;
7. Falar sobre a solução que Newton encontrou e um pouco da história envolvendo a lei de resfriamento.
8. Solicitar uma pesquisa sobre onde a lei de resfriamento de Newton é utilizada;
9. Realizar avaliação com os alunos sobre a realização das atividades.

Relato de experiência

Esta sequência de ensino foi realizada com 14 alunos de 1º ano do Ensino Médio, de uma escola particular da cidade de Santarém – PA. Nos Gráficos de 02 a 05, apresentamos os resultados da avaliação realizada com os alunos.

Gráfico 2 – Sobre o que mais atraiu a atenção dos alunos

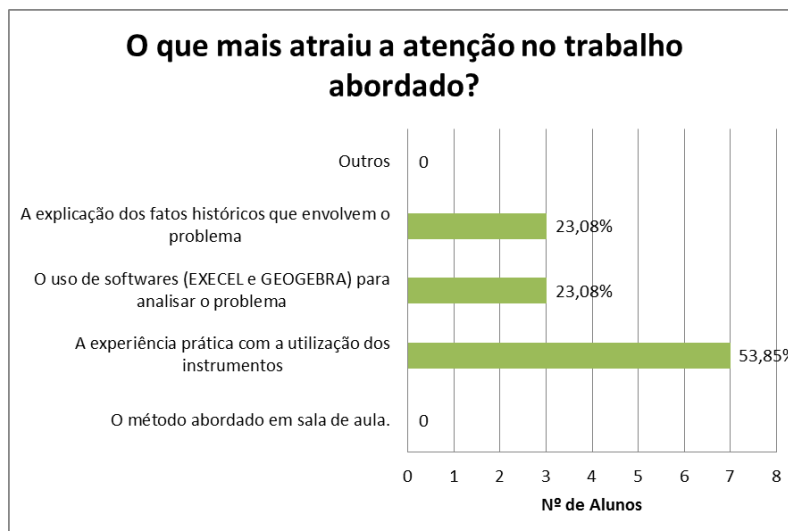


Gráfico 3 – Avaliação sobre a parte prática da atividade

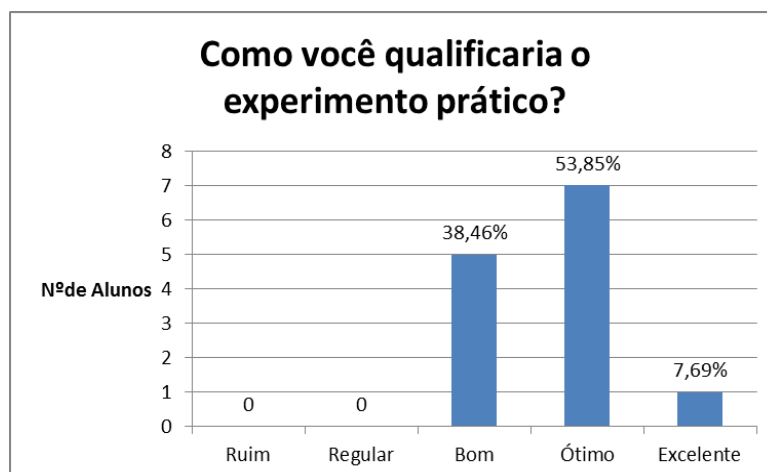


Gráfico 4 – Avaliação sobre o professor

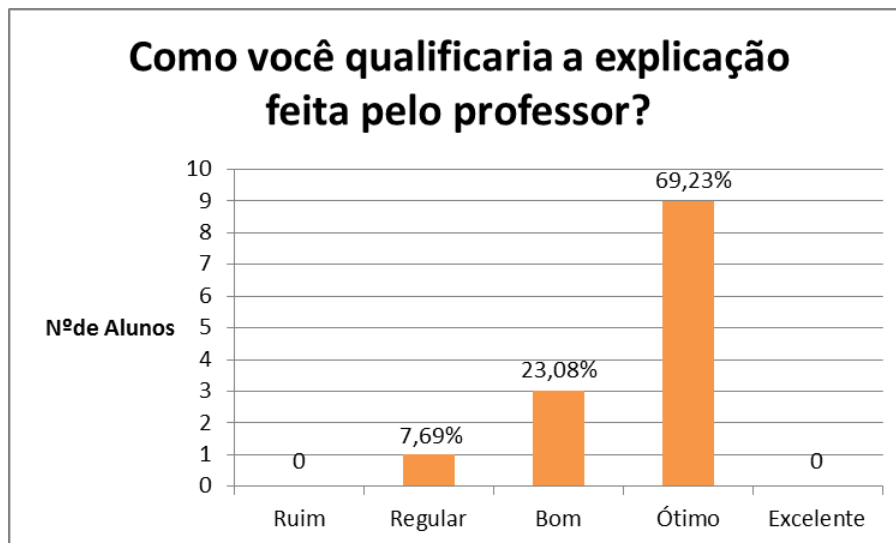
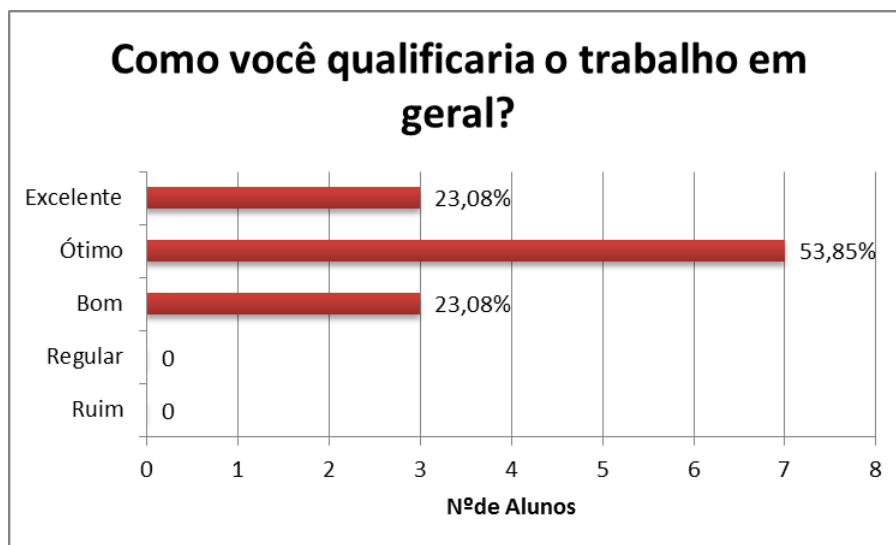


Gráfico 5 – Avaliação geral da sequência de atividades



A experiência de refazer um experimento historicamente famoso trouxe uma oportunidade de grande significância para os alunos. O simples fato de utilizar equipamentos e recriar um cenário estimulou um interesse investigativo no problema.

Referencias Bibliográficas

- Carvalho, A. M. (2013). Alguns referenciais teóricos para a construção de sequências de ensino investigativas. In: A. M. Carvalho, *Ensino de Ciências Por Investigação* (pp. 1-21). São Paulo: Cengage Learning.
- Figueiredo, D., & Aloisio, N. (1998). *Equações Diferenciais Aplicadas*. Rio de Janeiro: IMPA.

- Lima, E. L. (2010). Função Exponencial. In: E. L. Lima, *A matemática no ensino médio* (pp. 231-241). São Paulo: SBM.
- Netto, L. F. (s.d.). *Lei de Resfriamento de Newton*. Acesso em 13 de junho de 2012, disponível em Feira de Ciências: <http://www.feiradeciencias.com.br/>
- Stinner, A. (2006). The Large Context Problem (LCP) Approach. *Interchange*, 37(1-2), 19-30.