

INFLUÊNCIA DA REGRESSÃO NA EXPERIMENTAÇÃO PARA O ENSINO DE FÍSICA: FOCO NA ICjr

INFLUENCE OF REGRESSION IN EXPERIMENTATION FOR PHYSICAL EDUCATION: FOCUS ON JUNIOR SCIENTIFIC INITIATION

Thales Mendes¹, Bruno Martins¹, Kelisson Teixeira¹

¹UFMS, thales.mendes@ifbaiano.edu.br

Resumo

Tomando como foco a iniciação científica para o Ensino Médio, especificamente para o ensino de Física, foi elaborada uma sequência de ensino sobre inferência estatística com o método de regressão seguida de uma contextualização com a Lei Hooke. Essa sequência foi aplicada para onze alunos do curso Técnico em Agropecuária integrado ao Ensino Médio, do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Baiano – campus Senhor do Bonfim, em quatro trabalhos de pesquisa com experimentação em Física. Um sobre dilatação de sólidos, outro sobre movimento harmônico simples, um terceiro sobre radiação solar e, por último, um sobre entalpia de combustão. Tomando como aporte metodológico a Engenharia Didática, faz-se uma análise da influência do método estatístico de regressão (e da inferência estatística utilizada nesses trabalhos) na experimentação para ensino de Física. Nessa análise, foi realizada uma comparação entre a avaliação inicial e a avaliação final feita com os alunos, em cada trabalho. Dessa forma, os dados dessas avaliações são categorizados (em conceituais e instrumentais) e, posteriormente, feito uma discussão em seis referenciais teóricos (transposição didática, interdisciplinaridade, contextualização, materiais potencialmente significativos, oposição ao reducionismo e ao verificacionismo). A influência da regressão, como suporte estatístico para tomada de conclusões, é evidenciada nos quatro trabalhos realizados pelos alunos.

Palavras-chave: experimentação, ensino, Física, inferência estatística.

Abstract

Focusing on the scientific initiation for high school, specifically for physics teaching, a teaching sequence on statistical inference was elaborated using the regression method followed by a contextualization with the Hooke Law. This sequence was applied to eleven students of the Técnico em Agropecuária integrado ao Ensino Médio, of the Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Baiano – campus Senhor do Bonfim, in four research works with experimentation in Physics. One about solids dilation, another about simple harmonic motion, a third about solar radiation and, finally, an overburning enthalpy. Taking as a methodological contribution to Didactic Engineering, it is made an analysis of the influence of the statistical method of

regression (and the statistical inference used in these works) in the experimentation for teaching Physics. In this analysis, a comparison was made between the initial evaluation and the final evaluation done with the students, in each study. In this way, the data of these evaluations are categorized (in conceptual and instrumental) and, later, made a discussion in six theoretical references (didactic transposition, interdisciplinarity, contextualization, potentially significant materials, opposition to reductionism and verificationism). The influence of regression, as a statistical support for conclusions, is evidenced in the four studies performed by the students.

Keywords: experimentation, teaching, Physics, statistical inference.

Introdução

Algumas críticas são registradas na comunidade científica quanto à experimentação no ensino de Física. Citar-se-á duas. Uma, refere-se à necessidade de uma coleta de dados numerosa, quando com um número menor de medidas, o conceito envolvido no experimento estaria compreendido. Opõem-se claramente ao verificacionismo (MEDEIROS; BEZERRA FILHO, 2000).

A outra crítica é relacionada ao ensino de Física. Nele, as aplicações e as Leis são denotadas de uma perfeição que gera no aluno uma realidade distinta do seu cotidiano, por exemplo: “despreze a resistência do ar”, “adote a aceleração da gravidade constante”. Essa é contrária ao reducionismo (OFUGI, 2001). Da experimentação se emergem os erros (seja do instrumento, do operador, da propagação devido à operação matemática ou da estatística) e isso ajuda a amenizar esse contexto.

Ainda sobre a experimentação, algumas ferramentas ajudam na construção de sentido aos conceitos físicos, como programas de tabulação e análise estatísticas, modelagem computacional e os laboratórios virtuais. Nessa perspectiva, da intensificação da ajuda no processo de aprendizagem, atuam como materiais potencialmente significativos (BARBOSA; CARVALHAES; COSTA, 2006 e MOREIRA, 2001).

Sobre a abordagem do conteúdo de Física, por vezes é necessária, por parte do professor, uma reestruturação desse conteúdo para que ele possa ser trabalhado com os alunos. Nesse processo de readequação (transposição didática) para a realidade do aluno, a relação desse conteúdo com o cotidiano (contextualização) do aluno e com outras disciplinas (interdisciplinaridade) tendem a facilitar o processo de aprendizagem (CHEVALLARD, 2005 e WAGNER, 2016).

Por acreditar ser possível e motivador, para o professor e para o aluno, o uso da experimentação com foco na iniciação científica no Ensino Médio, faz-se uma análise da influência do método estatístico de regressão e da inferência estatística em experimentos de Física.

Metodologia

Essa pesquisa é qualitativa e se estreita com a Engenharia Didática (ARTIGUE, 2008). Nesse caso, utilizar-se-á da avaliação *a priori* e *a posteriori* para se produzir uma compreensão em relação a influência da regressão e da inferência

estatística, em quatro experimentos, realizados por onze alunos. São discentes do curso Técnico em Agropecuária integrado ao Ensino Médio, do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Baiano – campus Senhor do Bonfim e executaram os experimentos em momentos extraclasse.

Para coleta dos dados, utilizou-se dos registros da avaliação diagnósticos (*a priori*). Quanto a avaliação final (*a posteriori*), usou-se dos relatos e da exposição dos alunos nas apresentações em eventos científicos e da percepção do professor-orientador quanto ao desenvolvimento (cognitivo). Para análise dessas avaliações, os dados foram categorizados em conceituais e instrumentais. As aproximações com a transposição didática, interdisciplinaridade, contextualização, materiais potencialmente significativos e oposição ao reducionismo e ao verificacionismo, foram sintetizadas para melhor compreensão.

Primeiro, apresentar-se-á resumidamente, a sequência de ensino (da regressão) e depois os experimentos.

Apresentação e aproximações teóricas da sequência de ensino

A aplicação dessa atividade teve como objetivo a aprendizagem do método estatístico de regressão com a utilização de um *software*, numa abordagem qualitativa e foi destinada aos onze alunos. Para que os alunos aplicassem esse método, foi utilizado um experimento com a Lei de Hooke. Isso ocorreu antes dos quatro experimentos e em momentos distintos.

Por questões estruturais na escrita desse trabalho, a partir desse momento, recomenda-se ao leitor uma leitura do *Apêndice A*¹, um arquivo digital onde consta a descrição da sequência de ensino. Também, para que possa visualizar os efeitos gráficos com a utilização do *software*, segue um *link*² de um vídeo com os passos da aplicação. Adiante, apresentar-se-á os pontos principais para o desenvolvimento da pesquisa desse trabalho.

O foco da sequência de ensino é a aproximação do aluno com a regressão, com a utilização do coeficiente de determinação (R^2) - que emprega confiabilidade a linhas de tendência, com a uso do coeficiente de correlação (R) - que infere a relação entre as variáveis e uma aplicação na experimentação com um conteúdo de Física.

De fato, o tratamento qualitativo (uma vez que não há exposição das equações que determinam as regressões) dos dados foi facilitado pelo *software*. Ajudou no tempo de aplicação e na visualização, principalmente no momento da mudança dos dados na tabela pois a mudança provoca uma animação quase que imediata no gráfico.

Embora o experimento com a Lei de Hooke utilizada aluda a verificação da constante elástica da mola, em primeiro olhar, o objetivo principal não é sua obtenção. Ele está nos passos necessários para atingir seu valor em um conjunto de operações (no sentido cognitivo) que permita e facilite uma aprendizagem significativa para os alunos. Compreenda que a verificação citada acima difere do verificacionismo (foram realizadas 5 repetições, somente), não corroborado com essa prática na sua

¹ Link para o Apêndice A- <https://goo.gl/6kKyqh>.

² Link para o vídeo - <https://youtu.be/SP8ivbRFTXM>.

execução. Aliás, esse é um ponto de discordância quanto aplicabilidade de experimento no Ensino Médio.

De outra forma, o tema permite uma abordagem no cotidiano do aluno e juntamente com a experimentação, as idealizações e generalizações das fórmulas experimentais geram discussões quanto aplicabilidade do método científico. A ideia primordial surgiu do não acoplamento dos pontos a reta de regressão, que difere da fórmula teórica e aproxima o aluno do mundo real. Essa perspectiva corrobora com o não-reducionismo, mas não subtrai a importância das generalizações. Conclama assim, a atenção para que não se crie um mundo de idealizações físicas estanque do real.

Descrição e análise dos experimentos

O primeiro experimento (Exp) foi sobre dilatação de sólidos, onde foi determinado e comparado o coeficiente de dilatação linear de uma haste metálica. Posteriormente, um para determinar a aceleração da gravidade local através de um experimento de pêndulo simples e para realizar a comparação dos métodos estatísticos utilizados. Depois, um sobre a elaboração de um *software* para auxiliar o produtor rural na determinação dos dias de Sol a pino. E por último, um para comparar a eficiência energética de óleos (típicos da região do semiárido baiano) para biocombustíveis.

A *tabela 1* descreve a categorização (em conceituais e instrumentais) dos pré-requisitos necessários para o desenvolvimento dos experimentos (numerados de 1 até 4), visualizado antes de seu início. Nos itens que estão sublinhados, foi necessária intervenção por parte do professor-orientador. Essa necessidade decorreu da avaliação diagnóstica (*a priori*).

Exp	Pré-requisitos e avaliação <i>a priori</i>	
	Conceitual	Instrumental
1	<u>Erros instrumentais, propagação de erros</u> , média aritmética simples e desvio padrão.	Manipular fórmulas (INCLINAÇÃO, INTERCEPTAÇÃO, MÉDIA, DESVPAD.A), tabelas, gráficos e funções de linha de tendência no <i>software</i> .
2	<u>Movimento harmônico simples (pêndulo simples)</u> , Lei da Gravitação de Newton, <u>trigonometria</u> .	Manipular fórmulas (MÉDIA), tabelas, gráficos e funções de linha de tendência no <i>software</i> .
3	<u>Coordenadas horizontais</u> e movimento aparente do Sol em relação a Terra.	Manipular o programa Stellarium® (planetário de código aberto).
4	<u>Calorimetria e entalpia de combustão</u> .	-

Tabela 1. Categorização dos pré-requisitos, da avaliação *a priori* e da intervenção.

Relembra-se que antes desses experimentos, foi aplicada a sequência de ensino sobre regressão. Dessa forma, observa-se uma predeterminação no experimento 1 e 2 sobre a utilização dessa ferramenta. Porém, para o experimento 3 e 4, que possuem um caráter mais investigativo, a necessidade só foi visualizada posteriormente.

A seguir, mostrar-se-á que o desenvolvimento dos experimentos se deu por instrução da regressão e das inferências estatísticas. Para isso, fez-se um recorte dos gráficos elaborados pelos alunos no *software* (figura 1). No experimento 1, para

determinação do coeficiente de dilatação linear, foi construído um gráfico de dispersão com tendência linear e calculado o coeficiente de determinação, R^2 . O R^2 significa quanto os dados coletados se adequam ao modelo de regressão escolhido e esse valor é, aproximadamente, 96%.

O gráfico elaborado no experimento 2 foi para determinação e comparação da aceleração da gravidade local. Foi realizada a regressão quadrática, que retornou para série 1, $R^2=0,9946$ e para série 2, $R^2=0,996$. Esse resultado, inferiu à necessidade da utilização da função logaritmo. Não pelo valor do coeficiente de determinação mas pela regressão utilizada.

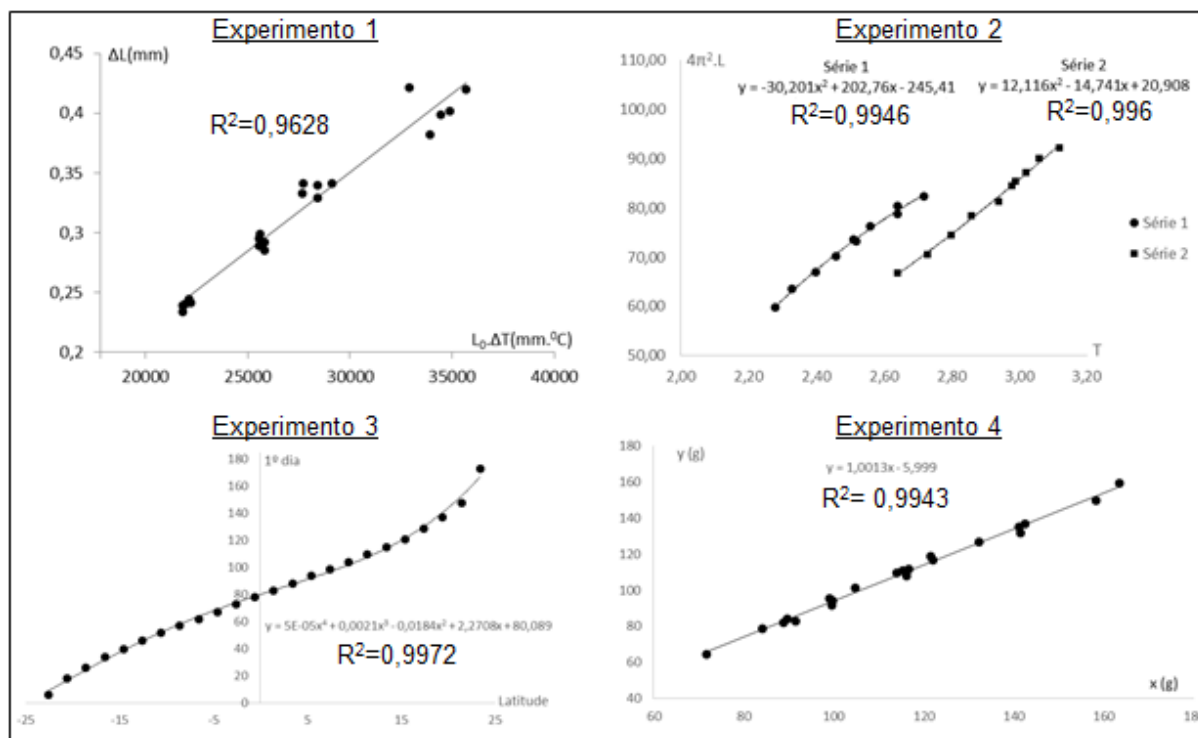


Figura 1. Gráfico dos experimentos com exposição do R^2 , resultado da regressão.

No experimento 3 (teve como objetivo a produção de um *software* no Excel, a partir da modelagem matemática de diferentes latitudes e datas de Sol a pino), após tratamento dos dados e modelagem matemática, foi feita a regressão somente para o 1º dia (1º dia por latitude) e apresentou resultado satisfatório com: $R^2=0,9972$ ou 99,7%, aproximadamente, e $R=0,9986$, ou 99,9%, aproximadamente. Ou seja, houve uma correlação forte entre o 1º dia de Sol no zênite e a latitude.

O gráfico do experimento 4, foi utilizado na determinação da capacidade térmica de um calorímetro para se obter o calor específico de óleos. No decorrer da experimentação foi necessário abandonar essa estratégia e construir um novo aparato experimental. Assim foi possível comparar a entalpia de combustão dos óleos.

No que se refere aos resultados obtidos nos experimentos (que são utilizados na avaliação *a posteriori*) já é notado influência da regressão e da inferência estatística, comum a todos os experimentos.

A *tabela 2* descreve a categorização (em conceituais e instrumentais) dos resultados da avaliação final (*a posteriori*). Nela consta, também, o número de

participações dos alunos em apresentações nos eventos científicos. Parte da avaliação foi realizada pelos relatos na exposição nesses eventos.

Exp	Avaliação <i>a posteriori</i>		
	Conceitual	Instrumental	Participação em eventos
1	Dilatação de sólidos, erros instrumentais, propagação de erros, média, desvio padrão e regressão com tendência linear.	Manipulação no aparato instrumental, tabulação de dados, gráficos, funções e inferência estatística (R^2) no <i>software</i> .	2 (pôster)
2	Movimento harmônico simples, Gravitação de Newton, trigonometria, logaritmo natural e regressão com tendência quadrática e linear.	Elaboração e manipulação no aparato instrumental, tabulação de dados, gráficos, funções e inferência estatística (R e R^2) no <i>software</i> .	5 (pôster e minicurso)
3	Movimento relativo do Sol à Terra, incidência da luz solar e regressão com tendência polinomial de quarta ordem.	Manipulação de fórmulas (MÉDIA), listas suspensas, funções específicas para pesquisa de valores e informações (PROCV), tabulação de dados, gráficos e inferência estatística (R^2 e R) no <i>software</i> .	5 (pôster e comunicação oral)
4	Biocombustíveis, capacidade térmica, calor específico, entalpia de combustão, regressão com tendência polinomial de primeira (linear) e quarta ordem e integrais de Riemann.	Elaboração e manipulação no aparato instrumental, tabulação de dados, gráficos, funções e inferência estatística (R^2) no <i>software</i> .	9 (pôster)

Tabela 2. Categorização da avaliação *a posteriori*.

Como exposto anteriormente, os gráficos com a inferência estatística aparecem em todos os experimentos. Nesse aspecto, os dados dessa *tabela 2* difere dos dados daquela *tabela 1*. Há indicativos que a sequência de ensino adotada antes da experimentação guiou os alunos, mesmo em experimentos onde não havia predeterminação por parte do professor-orientador. Na coluna da categoria instrumental (*tabela 2*), a inferência estatística, advinda da regressão, aparece em todos os experimentos.

Exp	Materiais potencialmente significativos	Oposição ao reducionismo	Oposição ao verificacionismo
1	Software (tabulação e análise estatística).	Erros instrumentais, propagação de erros, R^2 .	20 repetições.
2	Software (tabulação e análise estatística) e o aparato experimental.	Erros instrumentais e do operador, R^2 e R .	20 repetições.
3	Software (tabulação e análise estatística) e software para coleta de dados.	R^2 e R .	24 repetições.
4	Software (tabulação e análise estatística) e o aparato experimental.	R^2 e R .	21 repetições.

Tabela 3. Aproximações com os materiais potencialmente significativos e com a oposição ao reducionismo e ao verificacionismo.

Na *tabela 3*, que sintetiza os metatextos da avaliação dos experimentos e das apresentações dos alunos, observou-se nas experimentações a oposição ao verificacionismo. Percebe-se um número reduzido de repetições, mesmo quando o experimento foi mais investigativo (no caso do 3 e do 4). Ainda assim, uma discussão sobre a implacabilidade de poucas quantidades de dados foi abordada.

Buscou-se dar importância aos erros correlatos aos instrumentos, aos da propagação, aos do operador do experimento e os dos métodos estatísticos utilizados. Essa abordagem, intencional, no sentido contrário do reducionismo, eleva o cunho de aplicabilidade das Leis. Aqui, remete-se fortemente a inferência estatística (o R^2 e o R) proposta pela regressão, modelando os resultados (*tabela 3*). A modelagem se aproxima das Leis, mas não atinge 100% ($R^2=1$).

O software de tabulação e análise estatística para regressão, o software de coleta de dados para o experimento 3 (*tabela 3*), além o kit da OBFEP sobre a Lei de Hooke (na sequência de ensino), constituíram-se como ferramentas importantes para o desenvolvimento das atividades por facilitarem o entendimento por parte do aluno (materiais potencialmente significativos).

A *tabela 4* tem o mesmo objetivo da *tabela 3* e estão separadas por questões estéticas, a fim de dar fluidez ao leitor. Nela, nota-se que o método estatístico de regressão, comum a todas as sequências, juntamente com a análise do coeficiente de determinação e de correlação, não são assuntos comuns ao Ensino Médio e foram abordados. Dessa forma, foi necessária uma adequação do conteúdo para que fosse abordado nesse nível de ensino (Transposição Didática). Soma-se a esses, a propagação dos erros, o logaritmo natural e sua aplicação numa equação quadrática para reduzi-la a uma linear, a análise do movimento aparente do Sol com coordenadas horizontais e as integrais de Riemann aplicadas com o cálculo numérico.

Exp	Transposição Didática	Interdisciplinaridade	Contextualização
1	Regressão e R^2 .	Física e Matemática.	Aplicabilidade da dilatação do aço.
2	Regressão, R^2 , R e propagação de erros.	Física e Matemática.	Estação meteorológica.
3	Regressão, R^2 , R e coordenadas horizontais.	Física, Matemática, Geografia, Zootecnia e Ciências Agrárias.	Radiação solar e implacabilidades na agropecuária.
4	Regressão, R^2 e integrais Riemann.	Física, Matemática, Química, Geografia, Biologia, Ciências Agrária e de Engenharia do Petróleo e Gás.	Biocombustíveis, extração de óleos com produtos da região.

Tabela 4. Aproximações com a Transposição Didática, a interdisciplinaridade e a contextualização.

Algumas sequências permitiram contextualizações com o cotidiano do aluno: o cálculo da aceleração da gravidade local utilizando os dados da estação meteorológica instalada no campus; a aplicabilidade da dilatação do aço, a influência da radiação solar na agropecuária, o calor, a extração artesanal dos óleos e os biocombustíveis.

As abordagens dos assuntos possibilitaram interdisciplinarizar com outras áreas. A exemplo da Física como a matemática (estatística e trigonometria), geografia, ciências agrárias, química, biologia e ciências da engenharia do petróleo e gás.

Considerações finais

Ao se comparar a categorização das avaliações em seus estágios iniciais e finais, principalmente no que se refere ao papel da regressão e da inferência estatística para o desenvolvimento das experimentações, é notável um condicionamento. Esse, provavelmente causado pela aplicação da sequência de ensino supracitada. Ainda, a abordagem da regressão com o *software* de análise estatística exigiram transposição desse conteúdo (por parte do professor) e permitiram associações com os erros dando aplicabilidade as Leis e diálogo entre várias disciplinas (por parte dos alunos).

Embora essa análise tenha efeito local, acredita-se que possa motivar professores para aplicação de métodos na experimentação de Física, tomando como foco o ensino e a iniciação científica júnior.

Referências

- ARTIGUE, M. **Didactical design in mathematics education**. Nordic Research in Mathematics Education, pp. 7-16, 2008.
- BARBOSA, A.C.C.; CARVALHAES, C.G.; Costa, M.V.T. **A computação numérica como ferramenta para o professor de Física do Ensino Médio**. Revista Brasileira de Ensino em Física, vol. 28, nº 2, pp. 249-254, 2006.
- CHEVALLARD, Y. **La transposición didáctica: Del Saber Sabio Al Saber Enseñado**. Buenos Aires: Aique Grupo Editor, 2005.
- MEDEIROS, A.; BEZERRA FILHO, S. **A natureza da ciência e a instrumentação para o ensino da Física**. Ciência & Educação, vol. 6, nº 2, pp. 107-117, 2000.
- MOREIRA, M.A. **Teorias de aprendizagem**. São Paulo: Editora Pedagógica Universitária, 2001.
- OFUGI, R. C. **Inserção da teoria da Relatividade no Ensino Médio: uma nova proposta**. Florianópolis: UFSC, 2001.
- WAGNER, R.R. **A relação dos professores de matemática com o processo de transposição didática: apoios na interdisciplinaridade, na contextualização e na complexidade do saber**. Ponta Grossa: UEPG, 2006).