



ISSN: 1984-4751

Resultados de pesquisa aplicada em sala de aula: promovendo a aprendizagem de Matemática e Estatística

Filipe Jaeger Zabala¹
Tháisa Jacintho Müller²

RESUMO

O presente artigo apresenta resultados da inserção de pesquisa aplicada no Ensino Superior. Na Universidade onde trabalham os autores, existe um parque tecnológico que tem como um de seus objetivos integrar empresas e a Universidade através de pesquisa aplicada e inovadora. A partir de uma solicitação de uma empresa situada em tal parque tecnológico, alguns professores e alunos das áreas de Matemática e Estatística criaram um grupo de pesquisa e começaram a estudar estratégias para resolver o problema apresentado. Tópicos debatidos em aulas de Matemática, como funções e números complexos, foram utilizados para a obtenção de uma solução inédita para o problema de compactar e prever séries de valores. Estimulados pelos resultados, estudantes de diferentes níveis e áreas do conhecimento passaram a se interessar pelos tópicos discutidos, incluindo o uso da linguagem de código aberto R implementada no ambiente RStudio. Além disso, mesmo depois de solucionado o problema que motivou a criação do grupo de pesquisa, os pesquisadores seguiram engajados em novos projetos, seguindo também com a ideia de aproximar os conteúdos trabalhados em sala de aula do mercado de trabalho. Desta forma, considera-se que o presente caso é um exemplo de uso da pesquisa na sala de aula, que trouxe resultados bastante positivos para todos os envolvidos.

¹ Mestre em Estatística – USP -Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul - Porto Alegre -Rio Grande do Sul

² Doutora em Informática na Educação – UFRGS -Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul-Porto Alegre -Rio Grande do Sul

Palavras-chave: Pesquisa na Educação. RStudio. Aprendizagem com software livre.

1. Introdução

Este trabalho apresenta uma proposta de inserção de resultados de pesquisa aplicada no Ensino Superior, baseada no uso da tecnologia.

A instituição de Ensino Superior onde trabalham os autores conta com um parque científico e tecnológico, que desde sua criação, em 2001, tem como um de seus propósitos estimular a pesquisa e a inovação por meio de uma ação simultânea entre academia, instituições privadas e governo. Especificamente, pretende-se, entre outros tópicos, estimular a inovação e a interação empresas-Universidade.

Neste contexto, desde 2015 a Faculdade de Matemática possui uma parceria de pesquisa com uma empresa do referido parque tecnológico. Sabendo-se da importância de inserir a pesquisa aplicada nos cursos de graduação e pós-graduação, um grupo de professores aceitou o desafio.

Porém, muito mais do que a criação de um grupo de pesquisa para atender as necessidades da empresa, observou-se a criação de uma engrenagem que envolveu diferentes esferas educacionais. Primeiramente, no grupo de pesquisa estavam envolvidos dois alunos de graduação do curso de Bacharelado em Matemática Empresarial. Estes alunos tiveram a oportunidade de vivenciar todas as etapas do projeto, praticando as atividades que lhe serão colocadas em sua futura área de atuação.

Por outro lado, o envolvimento dos professores do grupo impactou diretamente em suas aulas de graduação e pós-graduação, pois os docentes utilizaram esses espaços para discutir com os alunos as ideias desenvolvidas no grupo de pesquisa. Isto se tornou pertinente uma vez que, no desenvolvimento do projeto, foram utilizados diversos conceitos de Matemática e Estatística que são trabalhados ao longo da graduação ou pós-graduação, listados na Seção 2.3.

Esta prática revela, ainda, o uso da pesquisa nas atividades de sala de aula, que constitui uma vertente importante na promoção da aprendizagem efetiva. Todas as atividades foram realizadas com apoio do computador, que foi essencial para o cumprimento dos objetivos propostos.

Para a realização do projeto foi utilizado o RStudio, editor baseado na linguagem e ambiente de código aberto R. Desta forma, observa-se um caso em que a tecnologia

serve direta e indiretamente como apoio ao aprendizado. De forma direta, os alunos bolsistas envolvidos se apropriaram dos softwares e linguagens de programação utilizados, e com seu uso desenvolveram habilidades de aplicação a partir de uma demanda real. Associados a este exercício estão os conhecimentos adquiridos ao longo do curso, de modo que foi possível aliar teoria e prática. De forma indireta, os demais alunos atendidos pelos professores envolvidos no projeto tiveram contato com o que foi desenvolvido pelo grupo, criando um ambiente de discussão e utilizando-se, ainda que com menor profundidade, dos recursos computacionais envolvidos.

2. Fundamentação Teórica

Nesta seção apresentam-se conceitos relacionados ao ensino pela pesquisa, que é uma tendência bastante atual. Além disso, como o projeto foi desenvolvido com total suporte de recursos computacionais, realizam-se algumas considerações sobre o uso da tecnologia para o aprendizado, bem como os conteúdos curriculares envolvidos no projeto.

2.1 O uso da pesquisa em Educação

Muitas pesquisas vêm sendo realizadas na área da Educação Matemática que mostram que o ensino dito “tradicional”, em que o professor centraliza o conhecimento e os alunos apenas o absorvem, não é o mais adequado quando se busca um ensino que promova uma aprendizagem significativa. É necessário, assim, que se busque estratégias que coloquem o aluno como centro do processo. Uma possibilidade é trazer a pesquisa para a sala de aula, instigando o senso crítico do aluno e desenvolvendo seu raciocínio no sentido de resolver problemas.

Demo (1996) aborda, ao longo de sua obra, o que chama de “Educar pela Pesquisa”. Para o autor, o uso da pesquisa em sala de aula é fundamental, pois critica enfaticamente as aulas em que os alunos apenas copiam o conteúdo passado pelo professor, argumentando que isso não o faz sujeito de sua própria aprendizagem. Em contrapartida, ao trazer a pesquisa para a sala de aula, o professor se torna orientador do processo, fazendo com que o aluno critique, formule hipóteses e argumente, buscando significado naquilo que está sendo estudado.

Além disso, segundo Moraes, Galiazzi e Ramos (2002, p. 10),

a pesquisa em sala de aula é uma das maneiras de envolver os sujeitos, alunos e professores, num processo de questionamento de verdades implícitas nas

formações discursivas, propiciando, a partir daí, a construção de argumentos que levem a novas verdades.

No caso aqui relatado, observou-se que os alunos envolvidos não cultivavam este hábito, dado pertencerem a cursos bastante teóricos e com um mercado de trabalho ainda pouco definido. Ao participarem de pesquisas aplicadas, envolvendo situações reais que surgem a partir da necessidade das empresas parceiras, os alunos têm a oportunidade de experimentar na prática o que irão enfrentar após a graduação.

A parceria de empresas, seguindo a filosofia de atuação do parque tecnológico na Universidade, surge aqui como uma solução ao problema apontado por Prado (2013):

(...) apesar da centralidade da pesquisa, as Instituições de Ensino Superior privadas esbarram em dificuldades quanto à falta de incentivo por parte do Governo. Não há no presente momento qualquer mecanismo de financiamento público de pesquisa nessas instituições e os únicos financiamentos públicos disponíveis ficam restritos a mestrados e doutorados, operação problemática em instituições privadas. Como fazer pesquisa de forma substancial sem fontes de financiamento? Como assegurar que os profissionais da Educação assumam a bandeira da pesquisa como algo fundamental de sua práxis sem que as instituições tenham meios de sustentar financeiramente o custo dessa prática? Como realizar pesquisa sem que ela seja concebida como processo pertencente a pequenos grupos e não como parte da prática pedagógica?

Sendo assim, acredita-se que é possível promover a pesquisa em sala de aula, contribuindo para a formação completa do aluno, e também aproximar a academia de empresas que precisam do seu conhecimento e podem contribuir, aproximando a teoria da prática.

2.2 O uso da tecnologia na promoção da aprendizagem

Muito se fala, atualmente, sobre o uso da tecnologia para apoio a aprendizagem de modo geral. Nesta pesquisa o foco está relacionado à utilização de softwares como apoio ao processo de ensino, buscando uma aprendizagem significativa.

Sweller (2003) descreve que a aprendizagem efetiva ocorre quando o conjunto de informações repassadas ao aluno estiver alinhado com o seu estilo cognitivo, ou seja, o volume total de informações deve estar de acordo com sua capacidade de percepção, o que constitui a teoria da carga cognitiva.

A aprendizagem cognitiva é descrita por Ausubel (1968), que apresenta a integração do conteúdo aprendido com uma construção mental previamente estabelecida. Toda informação adquirida em momentos posteriores será assimilada com

experiências já construídas, em um processo conhecido como Aprendizagem Significativa.

Por último, a base teórica proposta por Mayer (2001) deve ser considerada, visto que este autor descreve que o processo de aprendizagem ocorre em quatro etapas, cada uma com suas características necessárias para a aquisição das competências relacionadas aos conteúdos apresentados. Estas etapas são as seguintes: *sentir, observar, pensar e fazer*.

Mais especificamente, no caso de aprendizagem de disciplinas como Matemática e Estatística, considera-se que a Tecnologia tem um papel fundamental, uma vez que o uso de softwares, por exemplo, auxilia consideravelmente na realização de cálculos e na confecção de modelos aplicados. Esta tendência pode ser observada até mesmo nos livros didáticos de Cálculo, Álgebra Linear, Equações Diferenciais ou Probabilidade e Estatística, que têm enfatizado o uso de modelos matemáticos, a contextualização dos exercícios de aplicação e as possibilidades de uso de softwares.

Por outro lado, existem também algumas propostas que fazem uso do próprio R – linguagem considerada nesta pesquisa – para suporte ao ensino. O projeto MOSAIC³ (Kaplan, 2013) agrega uma comunidade de educadores que trabalham para desenvolver novas maneiras de introduzir Matemática, Estatística, Computação e Modelagem para estudantes em faculdades e universidades. Os pesquisadores desenvolveram o pacote *mosaic* (Pruim, Kaplan e Horton, 2017), criado para facilitar o ensino destes assuntos utilizando o R, acessível via CRAN⁴ e github.com. Por outro lado, o projeto statsTeachR⁵ é um repositório online de planos de aula modulares para o ensino de Estatística utilizando R em nível de graduação e pós-graduação. É notória, portanto, a aplicabilidade do R e RStudio como ferramentas na Educação.

2.3 Os conteúdos envolvidos

Além das vantagens já descritas da utilização da tecnologia para resolver problemas aplicados, é importante considerar também a conexão existente entre a implementação e a teoria, baseadas nos conhecimentos desenvolvidos pelos professores e alunos partícipes. Em todas as etapas do desenvolvimento do projeto foram utilizados conhecimentos adquiridos ao longo da vida acadêmica dos participantes do projeto,

³ <http://mosaic-web.org/>

⁴ *Comprehensive R Archive Network*.

⁵ <http://statsteachr.org/>

especialmente dos cursos de graduação em Matemática Empresarial e de especialização em Métodos Quantitativos. Podem-se listar os tópicos em grandes grupos: Separatrizes; Funções; Números complexos; Transformadas de Fourier; Séries Temporais; Regressão.

Unida a estes extensos tópicos está a Lógica de Programação. O conhecimento de alguma linguagem de programação faz-se necessário ao pesquisador atual, e isto pôde ser trabalhado pelo grupo no desenvolvimento de todas as atividades, que eram planejadas teoricamente e em seguida implementadas no RStudio.

3. Procedimentos Metodológicos

Nesta seção será descrito o projeto desenvolvido, bem como as atividades ao longo do período de vigência das atividades e o ambiente de programação utilizado.

Sabe-se que muitos dos problemas aplicados a situações reais do cotidiano das empresas envolvem a necessidade de métodos para compactação de dados para transmissão e armazenamento eficientes. Foi desenvolvido um método de redução de dimensionalidade a partir de uma demanda técnica de uma empresa parceira. O foco eram séries de alta frequência, com número de pontos na ordem de milhões. Um percentual arbitrado pelo analista - usualmente entre 0.5% e 5% - é armazenado nos percentis inferiores e superiores da série. Através da obtenção de coeficientes de uma transformada de Fourier aproxima-se os pontos não armazenados. A ordem de tal transformada, também arbitrária, é sugerida próxima de 100, de onde obtêm-se 201 coeficientes.

Através da aplicação do método supracitado obtém-se uma compactação que supera $99\% - \alpha$, reduzindo uma série na ordem de milhões de pontos para apenas 201 coeficientes mais os pontos dos percentis inferiores e superiores armazenados.

A solução foi desenvolvida em software livre, de maneira a permitir que o analista valide e melhore as funções utilizadas, melhorando o processo como um todo. Pela sua versatilidade, integração e liberdades, são consideradas as linguagens R e Python. Utilizou-se ainda o editor RStudio (RSTUDIO TEAM, 2016), que opera baseado na linguagem R (RCORE TEAM, 2016). R e RStudio estão disponíveis sob licença GNU GPL (FREE SOFTWARE FOUNDATION, 2007).

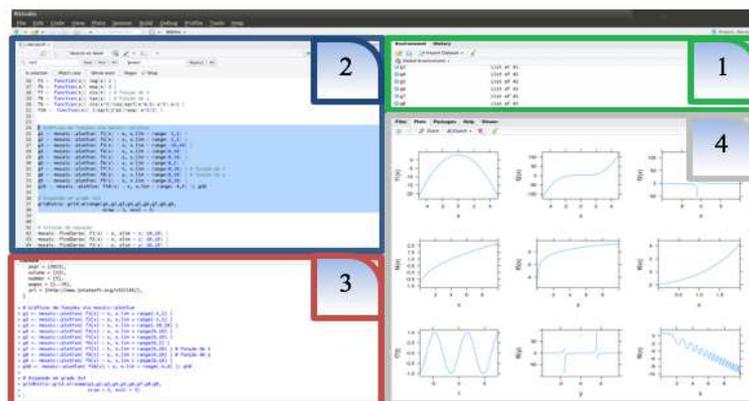


Figura 1: tela do RStudio

A Figura 1 apresenta um exemplo de utilização do RStudio, onde destaca-se a divisão da tela em quadrantes, cada um deles com sua funcionalidade. No quadrante 1 encontra-se uma lista dos objetos gerados na seção e o histórico dos comandos/atividades realizados. No quadrante 2 está a janela de código, com cores para diferenciar os elementos do código, como números, *strings* e funções. No 3 tem-se o console do ambiente R, que funciona como o núcleo operacional do ambiente. Por último, o quadrante 4 possui uma janela de navegação de arquivos, uma para apresentação dos gráficos gerados (no detalhe), a lista com informações dos pacotes instalados, a janela de ajuda e um visualizador de documentos html.

É importante considerar também que, no momento em que o grupo de pesquisadores foi contatado, a empresa parceira contava com uma solução intitulada PIP – *Perceptually Important Points* –, que resolvia o problema de forma parcial. Inicialmente foram realizados estudos e simulações a partir desta metodologia, com fins de entendê-la e avaliá-la. Sendo assim, pode-se considerar que no princípio o projeto teve forte viés teórico, uma vez que estava sendo investigada uma solução inédita para o problema proposto. Durante este período foram realizados estudos e capacitações sobre a linguagem de programação a ser utilizada, bem como uma pesquisa bibliográfica. Mais especificamente, foi realizado um estudo profundo sobre Transformadas de Fourier e séries temporais, revisando-se os conceitos básicos necessários para o bom andamento da pesquisa.

O grupo reunia-se semanalmente para discutir os avanços da pesquisa, e tais encontros geravam atas que resultaram na documentação final do projeto. Esta organização permitiu que os tópicos fossem dispostos de forma mais didática para aplicação em sala de aula e no treinamento dos colaboradores da empresa parceira. De **Revista Tecnologias na Educação – Ano 10 – Número/Vol.28 –tecnologiasnaeducacao.pro.br**
<https://tecedu.pro.br/>

fato, observou-se que a empresa vem fazendo uso desta documentação para implementação das ideias desenvolvidas pelo grupo em seu produto.

4. Resultados

Como resultados do projeto aqui apresentado, observou-se dois grandes focos: 1) com relação à empresa, que solicitou a resolução de um problema aplicado, pode-se afirmar que foi plenamente atendida; e 2) com relação ao uso dos resultados na sala de aula pelos professores envolvidos.

Considerando-se o uso dos resultados da pesquisa em sala de aula, observou-se que a aplicação dos resultados foi feita nos cursos das faculdades de Computação, Engenharia e Matemática, o qual contava com um viés empresarial atribuído ao curso de bacharelado. Conceitos abstratos puderam ser discutidos e compreendidos de maneira concreta, o que às vezes se torna difícil em cursos com uma carga bastante teórica.

Sob o viés da empresa, pode-se afirmar também que diversos resultados foram gerados e compartilhados. Após muitos testes e estudos, o grupo conseguiu chegar a uma solução ótima, que resolveu o problema proposto de maneira muito mais eficiente do que vinha sendo feito até o momento.

Por outro lado, foi possível comprovar, na prática, que a proximidade com a pesquisa aplicada realmente motiva o aluno, que naturalmente percebe as possibilidades de conexão entre teoria e prática. Acredita-se que a articulação entre teoria e prática foi concretizada nesta experiência, e que todos os envolvidos ganharam muito com a participação no projeto.

Além dos resultados obtidos com a utilização desta pesquisa em sala de aula, é importante considerar também os resultados específicos da solução criada pelo grupo de estudos.

Na Figura 2 estão indicados os percentis 1% e 99% nas linhas horizontais azuis, que limitam os extremos inferiores e superiores dos dados observados. A partir deste resultado foi discutido com os alunos a noção de *separatrizes* ou *quantis*, de grande utilidade na Estatística e análise de dados em geral. Os pontos intermediários, contemplando 98% do total observado, foram compactados utilizando uma transformada de Fourier. Apresentado na cor vermelha, indica o comportamento

aproximado de observações na ordem de um milhão de pontos. Com esta ferramenta foi abordada a noção de *função*, um dos grandes alicerces da Matemática e Computação.

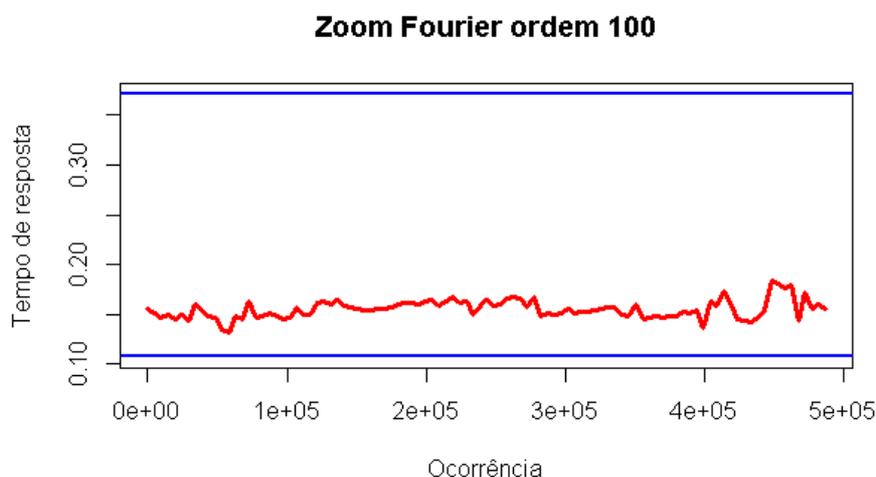


Figura 2: representação compacta de aproximadamente 1 milhão de pontos

Esta abordagem mostrou-se bastante eficiente também para apresentar o conceito de função. A compactação conseguida pelo método também foi explorada como forma de exemplificar o poder da concisão das linguagens matemática e computacional. Tais exemplos fomentam a abertura de percepção dos alunos para compreender que mesmo os conceitos mais abstratos podem ter grande valia na aplicação, bastando conhecimento e criatividade.

Além do exposto, foi solicitado pela empresa, além da compactação dos pontos, uma previsão de comportamentos ainda não observados, de modo a prevenir surpresas para seus clientes que necessitassem de atitudes emergenciais. Esta previsibilidade mostrou-se também uma possibilidade de trabalho em sala de aula, dada sua importância e aplicabilidade em situações como esta.

Como resultado não planejado, alunos de outros cursos, a princípio não envolvidos no projeto, passaram a incorporar o grupo de forma voluntária. Esta associação multidisciplinar com certeza enriqueceu os debates e trouxe conhecimentos diversificados, com diferentes olhares, para agregar na solução do problema.

Com relação ao uso da ferramenta, observou-se que os alunos envolvidos, direta ou indiretamente, aprenderam bastante com esta prática. Foi possível, a estes alunos, utilizarem o computador como apoio a suas atividades, bem como perceberem a importância do poder computacional para fazerem testes e exercícios de implementação de modelos.

5. Considerações Finais

Pode-se afirmar que a articulação entre pesquisa e ensino foi realizada com sucesso no projeto proposto. Muitos desdobramentos positivos foram observados, tais como a criação de documentação associada aos códigos, tópicos concretos para discussão em sala de aula, encontros permeados por discussões não usuais e o envolvimento de uma equipe multidisciplinar e com diferentes visões.

Como trabalhos futuros, pretende-se ampliar o trabalho, focando ainda mais no potencial educacional das ferramentas utilizadas. Estão sendo planejados a criação de Objetos de Aprendizagem gerados dentro do ambiente RStudio e em outras ferramentas que forem julgadas relevantes.

A partir dos resultados deste projeto, previstos ou não, outras possibilidades estão sendo consideradas como estratégias de ensino usando problemas aplicados e o educar pela pesquisa.

Por fim, destaca-se que, a partir de conversas informais com todos os envolvidos, foi possível perceber que realmente a aproximação de resultados de pesquisa com a sala de aula é um fator motivacional - tanto para os alunos que se interessam mais pelos temas abordados em aula, como para o professor, que se sente mais útil mostrando ao aluno suas possibilidades de trabalho.

Referências Bibliográficas

AUSUBEL, D.P. (1968) *Educational Psychology: A Cognitive View*. New York, Holt, Rinehart and Winston.

DEMO, P. (1996) *Educar pela pesquisa*. Campinas: Autores Associados.

FREE SOFTWARE FOUNDATION. (2007) GNU *General Public License*, version 3. <https://www.gnu.org/licenses/gpl.html>

KAPLAN, D. (2013) *Start R in Calculus*. Project Mosaic, beta version.

MAYER, R. (2001) *Multimedia Learning*. Cambridge: Cambridge University Press.

MORAES, R., GALIAZZI, M.C., RAMOS, M. G. (2002) Educar pela pesquisa: exercício de aprender a aprender. In: R. MORAES e V. LIMA (orgs.), *Pesquisa em sala de aula: tendências para a educação em novos tempos*, Porto Alegre, EDIPUCRS, p. 127-142.

PRADO, M. R. (2013) Pesquisa como estratégia de ensino: uma proposta inovadora em faculdades privadas. *Revista Ensino Superior* nº 11 (outubro-dezembro). Disponível em <https://www.revistaensinosuperior.gr.unicamp.br/artigos/pesquisa-como-estrategia-de-ensino-uma-proposta-inovadora-em-faculdades-privadas>

PRUIM, R, KAPLAN, D. T. and HORTON, N. J. (2017) The mosaic Package: Helping Students to 'Think with Data' Using R. *The R Journal*, 9(1):77-102.

R CORE TEAM. (2016) *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

RSTUDIO TEAM. (2016) *RStudio: Integrated Development Environment for R*. RStudio Inc., Boston, MA. <http://www.rstudio.com>.

SWELLER, J. (2003) *Cognitive Load Theory: A Special Issue of educational Psychologist*. LEA, Inc.

TUFTE, E. (2007) *Visual Display of Quantitative Information*. Graphics Press LLC, Cheshire.

WICKHAM, H. (2015) *ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis*, Springer.

ZABALA, F.J; MULLER, T. J. (2016) Educational System in Free Software. In: *Nuevas Ideas en Informatica Educativa – Anais do TISE 2016*. Santiago (Chile). Disponível em <http://www.tise.cl/2017/img/Actas%20TISE%202016.pdf>

Recebido em Outubro 2018

Aprovado em Dezembro 2018