

# **O uso de animações como ferramentas facilitadoras na aprendizagem de conceitos matemáticos abstratos no ensino de Cálculo Vetorial e Eletromagnetismo**

Projeto de Iniciação à Docência

Prof. Dr. Alexandre Bonatto

Porto Alegre, 06 de Fevereiro de 2022

**Título:**

O uso de animações como ferramentas facilitadoras na aprendizagem de conceitos matemáticos abstratos no ensino de Cálculo Vetorial e Eletromagnetismo.

**Professor Orientador Responsável:**

Prof. Dr. Alexandre Bonatto ([abonatto@ufcspa.edu.br](mailto:abonatto@ufcspa.edu.br))

**Professor Orientador:**

Prof. Dr. Jonas Szutkoski ([szutkoski@ufcspa.edu.br](mailto:szutkoski@ufcspa.edu.br))

**Disciplinas vinculadas ao projeto:**

Cálculo e Geometria Analítica II (Física Médica)

Cálculo II (Química Medicinal e Informática Biomédica)

Física III (Física Médica)

Eletromagnetismo (Física Médica)

## **Resumo**

Os cursos de Física Médica, Química Medicinal e Informática Biomédica possuem uma alta carga horária em disciplinas de matemática, destacando-se as disciplinas de Cálculo I e Cálculo II, que possuem elevados índices de evasão e reprovação. Na disciplina de Cálculo II, uma das maiores dificuldades dos alunos é a visualização de superfícies e objetos em 3 dimensões. No curso de Física Médica, um problema similar também é encontrado nas disciplinas de Física III e Eletromagnetismo. Qualquer ferramenta que facilite a visualização desses objetos e conceitos é de grande valia para o aprendizado dos alunos. Nas últimas décadas, o uso da tecnologia tem revolucionado o ensino da matemática e da física. Em particular, o uso de animações no ensino de matemática e física tem tido ótimos resultados, justamente por ser uma ferramenta que auxilia na visualização de objetos tridimensionais e também de conceitos mais abstratos. Um exemplo disso é o canal 3Blue1Brown, com 4,3 milhões de usuários inscritos, do matemático Grant Sanderson no YouTube. Utilizando o Manim (Mathematical Animation), uma biblioteca do Python projetada para criar animações de conceitos matemáticos diversos, Sanderson consegue abordar e explicar temas complexos e atrair a atenção de um grande número de pessoas. Assim, este projeto tem como objetivo modernizar o ensino dessas disciplinas, e faremos isso criando um banco de animações, no mesmo estilo daquelas geradas por Sanderson, como uma ferramenta auxiliar no ensino nas disciplinas de Cálculo II, Física III e Eletromagnetismo, tornando o ensino dessas disciplinas mais dinâmico e atrativo.

## **Introdução e Fundamentação Teórica**

Os cursos de Física Médica, Química Medicinal e Informática Biomédica possuem uma alta carga horária em disciplinas de matemática. Dentre essas disciplinas, destacam-se Cálculo I e Cálculo II. É nessas disciplinas que os alunos aprendem os conceitos de derivadas e integrais, utilizados para modelar e resolver diversos problemas práticos. Por outro lado, essas disciplinas também possuem elevados índices de evasão e reprovação. Segundo Rezende (2003), o percentual de reprovação nas disciplinas de Cálculo na Universidade Federal Fluminense (UFF) variou entre 45% e 95% entre os anos de 1996 e 2000. Na Universidade do Estado de São Paulo (USP), Barufi (1999) cita que, entre os anos de 1990 e 1995, o percentual de reprovação variou entre 20% e 75%. Garzella (2013), menciona que na Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), entre os anos de 1997 e 2009, os índices de evasão e reprovação na disciplina de Cálculo I chegaram a 77,5%. Na Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), as disciplinas de Cálculo II tiveram uma média de 40% de reprovação nos anos de 1995 a 2015 (ver Website 1). Reihholz (2015) cita que nos Estados Unidos, a cada semestre, cerca de 80 mil alunos não conseguem concluir um curso de Cálculo com sucesso. Os dados acima mostram que esses altos índices de evasão e reprovação não são um problema recente, nem tampouco constituem um problema local, restritos a algumas universidades, regiões ou mesmo a um determinado país. Na Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre (UFCSPA), a situação não é muito diferente. A turma de Cálculo e Geometria Analítica II do curso de Física Médica em 2018/02 teve um percentual de aprovação de apenas 16% dos alunos matriculados. Esses números são anteriores à mudança para o sistema de matrícula por disciplina e a implantação de pré-requisitos, mas nota-se que mesmo após essa mudança, os níveis de reprovação e desistência continuam elevados.

Ao longo do curso de Física Médica, os professores utilizam os conceitos e as técnicas matemáticas apresentadas aos alunos nas disciplinas de Cálculo I e Cálculo II como ponto de partida para introduzirem os conteúdos das suas disciplinas. Assim, limitações dos alunos na compreensão e na utilização de ferramentas matemáticas são diretamente transferidas para as disciplinas da física. O impacto deste problema é maior nas disciplinas dos eixos básico e avançado, predominantes no currículo do curso de Física Médica e imprescindíveis para a compreensão das disciplinas técnicas e profissionalizantes contidas no eixo específico. Dificuldades na compreensão dos conteúdos matemáticos afetam o desempenho dos alunos

nas disciplinas de Física Médica, contribuindo para uma taxa de evasão superior a 50% dos alunos que iniciam esse curso.

O estudo das cargas e correntes elétricas, bem como dos campos elétrico e magnético, é um tema de grande relevância no curso de Física Médica, que serve de base para a compreensão da física das radiações. Seu estudo requer a aplicação direta de conceitos e teoremas matemáticos razoavelmente abstratos, tais como: a criação e a destruição de linhas de campos vetoriais; as relações entre o fluxo de campos vetoriais através de superfícies virtuais fechadas e as fontes desses campos contidas nos volumes confinados por tais superfícies; a associação de vetores infinitesimais a elementos de área de superfícies; as relações entre corrente elétrica e campo magnético em integrais de circulação ao longo de caminhos fechados; etc. A dificuldade dos alunos na visualização e na compreensão desses elementos abstratos/virtuais no espaço tridimensional é claramente observada nas disciplinas de Física III (eixo básico) e Eletromagnetismo (eixo avançado), as quais são lecionadas pelo professor orientador responsável por este projeto. Por experiência própria, o professor afirma que, com frequência, os alunos entendem os conceitos físicos, mas têm dificuldades para visualizar mentalmente as linhas de campo e os demais elementos geométricos virtuais necessários para aplicar corretamente os procedimentos matemáticos requeridos na solução dos problemas propostos nessas disciplinas.

Um problema comum nessas disciplinas é a dificuldade de visualização das situações e ideias apresentadas. Em Cálculo II, estuda-se propriedades de objetos e curvas no espaço tridimensional. É comum encontrar problemas onde o aluno precisa imaginar planos, esferas, curvas, superfícies e interações entre esses objetos no espaço tridimensional. No eletromagnetismo, a Lei de Gauss envolve o conhecimento de simetrias no espaço tridimensional. Tradicionalmente, esses conteúdos são descritos por meio de ilustrações nos livros didáticos. Porém, a representação de objetos 3D em uma superfície 2D (como um quadro-branco ou a página de um livro) tem muitas limitações. Por um lado, ela demonstra apenas um “ponto de vista”, e não o que acontece quando mudamos de um ponto de vista para outro. Além disso, não há nenhuma interatividade entre essas ilustrações e o aluno. Por mais fiéis que as ilustrações dos livros didáticos possam ser, não há movimento e nem interatividade. Conseguir ver a alteração no campo elétrico à medida que duas cargas elétricas se aproximam ou se afastam pode ser muito mais efetivo na aprendizagem do aluno do que qualquer explicação dada pelo professor.

Nossa sociedade está cada vez mais tecnológica. Como consequência, cada vez mais a tecnologia nos fornece ferramentas que auxiliam no ensino de disciplinas da física e matemática. Em particular, o uso de animações vem sendo utilizado no ensino de matemática e física há décadas, com ótimos resultados. Há diversos estudos sobre a aprendizagem da matemática destacando a importância do aspecto visual no ensino. Conforme Berteletti (2015), o hábito de “contar nos dedos” de alunos do ensino básico (criando, dessa forma, uma representação visual dos números) tem um papel importante no aprendizado de operações aritméticas. Boaler *et al.* (2016) menciona que a representação visual de ideias matemáticas é importante não somente no ensino básico, mas em qualquer etapa da vida acadêmica dos estudantes. Animações e simulações também têm um papel importante no ensino da física, pelos mesmos motivos.

O uso de animações no ensino dessas disciplinas tem um papel importante justamente por auxiliar na visualização desses objetos tridimensionais e de conceitos mais abstratos. Um exemplo disso é o canal 3Blue1Brown no YouTube (ver website 2), do matemático Grant Sanderson. Através de animações geradas pela biblioteca Manim (Mathematical Animation) do Python, Sanderson consegue abordar e explicar temas complexos e atrair a atenção de um grande número de pessoas. Prova disso são as 4,3 milhões de pessoas atualmente inscritas no canal. O sucesso desse canal deve-se, em parte, pela facilidade com que Grant Sanderson consegue abordar questões complexas através de suas animações. Outro motivo pelo qual seus vídeos chamam bastante atenção está na beleza e na alta qualidade de suas animações.

Na internet, há abundância de materiais diversos, incluindo animações. Porém, em muitos casos, além da baixa qualidade, esses materiais não são precisos, não adotam o formalismo necessário, não abordam claramente os conteúdos desejados, ou estão em língua estrangeira. Assim, o objetivo desse projeto é criar animações de alta qualidade, no mesmo estilo que as geradas pelo matemático Grant Sanderson, a serem utilizadas como ferramentas didáticas auxiliares no ensino das disciplinas de Cálculo II, Física III e Eletromagnetismo. Ao facilitarmos a compreensão de conceitos matemáticos abstratos, de difícil visualização, esperamos contribuir com a redução das altas taxas de evasão nas disciplinas e nos cursos envolvidos. Além disso, ao diversificarmos as ferramentas de ensino, esperamos obter um maior engajamento do aluno no aprendizado dos conteúdos.

## Objetivos

Este projeto tem como finalidade contribuir na redução dos índices de evasão e reprovação nas disciplinas de Cálculo, e nas disciplinas dos eixos básico e avançado do curso de Física Médica (em particular, na Física III e no Eletromagnetismo). Para isso, propomos o desenvolvimento de animações abordando conteúdos de difícil visualização e compreensão das disciplinas acima listadas, visando facilitar a aplicação de tais conteúdos na resolução de problemas. Assim, os **objetivos gerais** deste projeto se resumem a:

- Utilizar novas tecnologias, gratuitas e de código aberto, para modernizar a forma de ensino das disciplinas de Cálculo, Física III e Eletromagnetismo.
- Desenvolver animações de alta qualidade, que proporcionem aos alunos uma melhor compreensão dos conceitos matemáticos abstratos utilizados em tais disciplinas.
- Aumentar o engajamento dos alunos na aprendizagem dos conteúdos.

Como **objetivos específicos**, almejamos:

- Identificar nas disciplinas envolvidas quais são os conceitos e conteúdos nos quais os alunos apresentam maior dificuldade de compreensão;
- Planejar as animações a serem elaboradas com a finalidade de esclarecer os conteúdos e conceitos identificados;
- Utilizar o Manim para desenvolver as animações planejadas.

Com a execução deste projeto, esperamos facilitar a compreensão dos alunos de conceitos matemáticos abstratos vistos nas disciplinas de Cálculo, Física III e Eletromagnetismo na UFCSPA, bem como em outras disciplinas que também façam uso de tais conceitos. Consequentemente, esperamos assim contribuir na redução dos altos índices de evasão e reprovação nessas disciplinas e nos cursos envolvidos.

## Metodologia do Projeto

O projeto envolve a criação de um acervo de animações que serão utilizadas nas disciplinas de Cálculo II, Física III e Eletromagnetismo como ferramentas auxiliares de ensino. Inicialmente, iremos identificar quais são os conteúdos e conceitos onde os alunos possuem

maior dificuldade de compreensão. A partir disso, iremos definir uma lista de animações que devem ser criadas para auxiliar o ensino desses conteúdos.

As animações serão desenvolvidas utilizando o Manim (Mathematical Animation), que é uma biblioteca do Python desenvolvida pelo matemático Grant Sanderson que permite animar fórmulas matemáticas, figuras geométricas, textos e gráficos. Destacamos que essa biblioteca é gratuita, de código aberto, e que portanto a execução desse projeto não terá nenhum custo para a universidade. A criação de animações utilizando o Manim envolve, exclusivamente, a escrita de um código na linguagem Python. Sendo assim, caso o bolsista selecionado não possua um conhecimento prévio dessa biblioteca, será necessário um período para que ele se familiarize com essa ferramenta e esteja apto a desenvolver as animações propostas. Este período está, inclusive, contemplado no plano de trabalho do bolsista.

Após o bolsista familiarizar-se com a biblioteca Manim, passaremos para a criação das animações propostas. Nesta etapa do projeto, o bolsista precisará escrever o código em Python necessário para gerar cada uma das animações. Inicialmente, será elencada uma animação de menor complexidade, para possibilitar ao aluno o desenvolvimento gradual e acompanhado do processo de criação das animações. Uma vez que essa animação inicial seja concluída, a mesma será validada e seguida pela execução das demais animações.

O acompanhamento do projeto será feito através de reuniões semanais, onde o bolsista apresentará as dificuldades e os avanços obtidos. Ajustes nas animações, se necessários, também serão discutidos entre os professores e o bolsista do projeto.

Após a criação do acervo de animações, o bolsista estará envolvido no desenvolvimento de material didático que será apresentado aos alunos das disciplinas envolvidas. Esse material utilizará, preferencialmente, metodologias ativas de ensino, onde as animações terão o papel de facilitadoras da aprendizagem.

### **Metodologia Inovadora do Projeto:**

O uso de animações no ensino não é algo novo, porém a maioria dos professores acaba utilizando animações e outros objetos de aprendizagem disponíveis na internet, que muitas vezes possuem baixa qualidade ou não abordam exatamente o conteúdo que o professor deseja ensinar. O papel inovador deste projeto consiste em nos apropriarmos de uma ferramenta para criação de objetos de aprendizagem, podendo utilizá-la de forma personalizada para facilitar o ensino dos conteúdos onde nossos alunos possuem maior dificuldade. Além disso, o desenvolvimento deste projeto terá o papel de divulgar o uso de tais



ferramentas para os demais docentes da universidade. Tanto as animações quanto os códigos em Python para gerá-las serão disponibilizados em um repositório aberto, acessível a todos os interessados.

O uso de animações, por si só, não constitui uma metodologia ativa de ensino. Porém, destacamos que esse projeto tem grande potencial inovador no ensino das disciplinas mencionadas, e que pode se expandir para diversas outras disciplinas da matriz curricular, contribuindo para a diversificação das ferramentas de ensino disponíveis aos professores. Acreditamos ainda que este projeto é o primeiro passo no desenvolvimento de novas ferramentas de ensino como, por exemplo, vídeos interativos (ver website 3), colocando o aluno no centro do processo de aprendizagem.

### **Perfil desejado do bolsista**

É desejável que o bolsista já possua os conhecimentos matemáticos necessários para o desenvolvimento do projeto, o que é equivalente à aprovação nas disciplinas de Cálculo I e Cálculo II. Ter cursado (ou estar cursando) a disciplina de Física III, e ter conhecimento prévio em Python não são pré-requisitos, mas são um diferencial. Além disso, é desejável que o bolsista:

- Seja proativo, especialmente em relação ao aprendizado do uso das ferramentas envolvidas;
- Tenha interesse em desenvolver atividades computacionais (programação) utilizando o Python e o Manim;
- Seja engajado e dedicado ao projeto;
- Goste de desafios.

### **Plano de trabalho do bolsista**

#### ***a) Atribuições do bolsista no âmbito do projeto***

Com o auxílio dos professores coordenadores, o bolsista ficará responsável por utilizar o Manim para desenvolver as animações planejadas.

***b) Atividades desenvolvidas pelo bolsista***

Uma descrição detalhada das atividades do bolsista encontra-se abaixo, bem como um cronograma para cada atividade.

- **Atividade 1:** Instalar o Manim, estudar a sua documentação e reproduzir alguns exemplos básicos disponíveis na mesma.
- **Atividade 2:** Definir com os professores coordenadores qual será a primeira animação a ser desenvolvida. Relacionar os elementos constituintes de tal animação com os comandos do Manim necessários para implementá-la. Desenvolver a animação.
- **Atividade 3:** Avaliar juntamente com os professores coordenadores a primeira animação desenvolvida. Efetuar eventuais alterações e correções. Planejar a execução das demais animações.
- **Atividade 4:** Desenvolver as animações listadas pelos professores coordenadores.
- **Atividade 5:** Apresentação do projeto no III Congresso UFCSPA.
- **Atividade 6:** Redação do relatório final do projeto.
- **Atividade 7:** Reunião com os docentes responsáveis para discussão de andamento e acompanhamento do projeto.

**Tabela 1: Plano de Atividades do bolsista.**

Atividade	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan
Atividade 1	x	x								
Atividade 2		x	x							

<b>Atividade 3</b>			x							
<b>Atividade 4</b>			x	x	x	x	x	x	x	x
<b>Atividade 5</b>								x		
<b>Atividade 6</b>										x
<b>Atividade 7</b>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

### ***c) Objetivos do trabalho do bolsista***

O objetivo do trabalho do bolsista será a criação de um acervo de animações representando teoremas e conceitos matemáticos abstratos. Estes objetos serão futuramente utilizados nas disciplinas de Cálculo, Física III e Eletromagnetismo, como ferramentas didáticas que facilitem a visualização e a aplicação desses conceitos matemáticos na solução de problemas.

### ***d) Relevância da participação do bolsista no projeto***

Neste projeto, o bolsista terá um papel fundamental, uma vez que ele será o responsável pela programação das animações no Manim.

Para o bolsista, este projeto lhe permitirá obter conhecimentos sobre programação em Python, sobre a utilização do Manim e sobre como ensinar conceitos complexos e abstratos através do uso de animações didáticas. Além disso, o bolsista terá a oportunidade de aprofundar seus conhecimentos em Cálculo e em Física, e de desenvolver habilidades criativas na elaboração de conteúdo de ensino multimídia, despertando assim um possível interesse pela docência.

### **Plano de trabalho do bolsista voluntário**

Caso algum aluno deseje fazer parte deste projeto como aluno voluntário, ele seguirá o mesmo plano de trabalho do aluno bolsista, contribuindo para a elaboração das animações propostas e seu uso no ensino das disciplinas mencionadas neste projeto.

### **Forma de avaliação do desenvolvimento do projeto**

O acompanhamento das atividades será realizado através de encontros entre o bolsista e os professores orientadores, a cada 15 dias ou semanalmente, conforme necessidade. A meta do projeto é o desenvolvimento de pelo menos dez animações ao longo da execução do mesmo.

Como forma de avaliação das ações deste projeto, faremos uma pesquisa com os alunos, com perguntas sobre a relevância das animações na compreensão dos temas apresentados. As perguntas a serem respondidas serão desenvolvidas pelos professores coordenadores ao longo da execução do projeto.

### **Processo seletivo**

O processo de seleção do bolsista será realizado através de uma entrevista e da análise do currículo do(s) aluno(s) interessado(s), em data a ser agendada de acordo com a disponibilidade mútua das partes envolvidas

### **Bibliografia**

Website 1: <http://www.mat.ufrgs.br/~calculo/>, acessado em 10 de Fevereiro de 2022.

Website 2: <https://www.youtube.com/c/3blue1brown>, acessado em 10 de Fevereiro de 2022.

Webiste 3: <https://h5p.org/interactive-video>, acessado em 11/02/2022.

Barufi, M. C. B. (1999). A construção/negociação de significados no curso universitário inicial de Cálculo Diferencial e Integral. Tese de Doutorado. São Paulo: FE-USP.

Berteletti I, Booth JR. (2015) Perceiving fingers in single-digit arithmetic problems. *Front Psychol.* 6:226.

Boaler J, Chen L, Williams C, Cordero M (2016) Seeing as Understanding: The Importance of Visual Mathematics for our Brain and Learning. *Journal of Applied and Computational Mathematics* 5: 325.

Garzella, F. (2013). A disciplina de cálculo I: análise das relações entre as práticas pedagógicas do professor e seus impactos nos alunos. Tese de doutorado. Programa de Pós-Graduação em Educação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

Reihholz, D. (2015). Peer-Assisted Reflection: A Design-Based Intervention for Improving Success Calculus. *International Journal of Research in Undergraduate Mathematics Education*. Volume 1.

Rezende, W. (2003). O ensino de Cálculo: dificuldades de natureza epistemológica. Tese de doutorado. Programa de Pós-Graduação em Educação, Universidade de São Paulo.