

INTEGRAIS MÚLTIPLAS: UMA PROPOSTA VISANDO CONTEXTUALIZÁ-LAS NOS CURSOS DE ENGENHARIA

Galvina Maria de Souza¹

GD04 - Educação Matemática no Ensino Superior.

Resumo: Esse estudo apresenta um recorte de uma pesquisa de doutorado em desenvolvimento, que tem como principal objetivo propor uma alternativa pedagógica para o ensino das Integrais Múltiplas para estudantes de engenharia do ciclo básico, fundamentada na teoria *A Matemática no Contexto das Ciências*. A ideia é analisar o processo de ensino dessas integrais a partir da construção de uma sequência de atividades que tem como principais elementos uma ferramenta de trabalho interdisciplinar que, no referencial teórico adotado, recebe o nome de Eventos Contextualizados (EC). Neste artigo, apresentamos alguns elementos da pesquisa de doutorado que estamos desenvolvendo e ilustramos, a título de exemplo, uma situação da Engenharia, no contexto da Mecânica dos Fluidos, que pode servir de base para a construção de um EC.

Palavras-chave: Ensino Superior. Integrais Múltiplas. Matemática no Contexto das Ciências.

INTRODUÇÃO

Neste artigo, recorte de nossa pesquisa de doutorado em andamento, trazemos um pouco sobre a problemática da investigação, as principais convergências e divergências entre duas das referências bibliográficas selecionadas em nossa revisão bibliográfica e as principais contribuições que trouxeram para a Educação Matemática quando o objeto em estudo são as Integrais Múltiplas, alguns aspectos relacionados aos preceitos da Matemática no Contexto das Ciências, aporte teórico de nossa investigação, com ênfase no Modelo Didático da Matemática em Contexto, cuja principal estratégia de trabalho em sala de aula são os Eventos Contextualizados (entendidos nesse aporte como problemas ou projetos que desempenham papéis de entes integradores entre disciplinas matemáticas e não matemáticas de determinado cursos de graduação); e, finalmente, um evento contextualizado, relacionado com o objeto matemático Integrais Múltiplas, com sua descrição. Salientamos que, neste momento nossa investigação encontra-se na fase de construção dos eventos

¹ Pontifícia Universidade Católica de São Paulo - PUC/SP; Programa de Estudos Pós-Graduados em Educação Matemática; Doutorado em Educação Matemática; galvina04@yahoo.com.br; Gabriel Loureiro de Lima.

contextualizados, e, por essa razão, mesmo em relação ao evento a ser apresentado, não é nossa intenção apresentar toda a sua organização.

A PESQUISA EM DESENVOLVIMENTO

Ao longo da nossa atuação docente em cursos de Engenharia, percebemos que muitas das dificuldades apresentadas pelos estudantes, podem ser provenientes de seu desinteresse pela aprendizagem de conteúdos matemáticos, por serem abordados desvinculados daqueles presentes nas disciplinas não matemáticas do curso e de sua formação profissionalizante na engenharia em estudo.

Fundamentando nossa percepção, Lima, Bianchini e Gomes (2017) afirmam que essas dificuldades estão relacionadas, principalmente, “[...] ao fato de os estudantes não perceberem as vinculações existentes entre tais disciplinas e aquelas específicas e profissionalizantes que constituem a grade curricular de seu curso de graduação” (p. 50). Como consequência, “[...] os alunos acabam considerando estas disciplinas apenas como obstáculos a serem superados, sem qualquer contribuição para suas formações” (p. 50); Muro (2000) observou que essas dificuldades são, geralmente, causadas pelo fato de os estudantes não terem a oportunidade de resolver matematicamente problemas próprios da Engenharia durante as aulas das disciplinas não matemáticas, e que não há uma contextualização dos conceitos matemáticos em relação às áreas específicas da Engenharia. Miranda e Laudares (2011) também constataram que as dificuldades podem ser decorrentes da falta de estímulo e motivação dos estudantes de cursos de Engenharia no decorrer da sua formação, causadas, também, pela falta de contextualização dos conteúdos abordados nas disciplinas matemáticas que compõem o eixo básico dos currículos desses cursos.

De acordo com essas pesquisas e a partir de outras leituras que fizemos ao iniciar o doutorado em Educação Matemática, temos percebido que parece existir uma convergência entre os pesquisadores quanto à necessidade de promover uma prática nos cursos de Engenharia nos quais a Matemática está presente em disciplinas de serviço², de modo a

² Aqui entendidas, conforme definido por Howson *et al.* (1988) apud Lima, Bianchini e Gomes (2018), “como disciplinas matemáticas ministradas por professores dessa Ciência em cursos de graduação que se destinam à formação de não-matemáticos” (p. 117), de modo a estabelecer relações entre os conteúdos dessa disciplina e aquelas das disciplinas específicas e profissionalizantes dos cursos de Engenharia.

estabelecer vínculos entre os conteúdos dessa disciplina e os conteúdos das disciplinas específicas e profissionalizantes dos cursos de Engenharia.

Nesse contexto, estamos realizando uma pesquisa de doutorado em Educação Matemática, que caminha no sentido de propor uma alternativa pedagógica para o ensino das Integrais Múltiplas para alunos de cursos de Engenharia do ciclo básico, fundamentada na teoria *A Matemática no Contexto das Ciências* (MCC) (CAMARENA (2013, 2017)), a fim de estudar os processos de ensino dessas integrais a partir da construção de uma sequência de atividades que tem como, principais elementos, *Eventos Contextualizados* (EC) para o ensino em cursos de Engenharia. A escolha dessas integrais como objeto de estudo justifica-se no fato de haver uma necessidade de produção de investigações considerando-o conforme sinalizado em Bianchini, Lima e Gomes (2018), quando produziram um levantamento dos estudos realizados no âmbito das produções do GT04 – Educação Matemática no Ensino Superior da Sociedade Brasileira de Educação Matemática, apresentado no VII Seminário Internacional de Educação Matemática – VII SIPEM, realizado em Foz do Iguaçu, no último ano, e confirmado pelas leituras encontradas durante nossa revisão bibliográfica.

A questão proposta para nortear nossa pesquisa é: Como as aplicações das Integrais Múltiplas podem contribuir para o processo de ensino dessas integrais para estudantes de Engenharia, por meio de uma sequência de atividades fundamentada na MCC?

Nosso principal objetivo é construir uma sequência de EC para o ensino de Integrais Múltiplas em cursos de Engenharia, capaz de estender a ideia de integrais definidas para integrais duplas e triplas de funções de duas ou três variáveis, aplicadas a situações que vão além do estudo de cálculo de medidas de áreas e volumes, com fundamentação nos pressupostos teóricos da MCC para, por meio deles, entender como acontece o processo de ensino dessas integrais, do ponto de vista do professor. Vale lembrar que esses eventos, segundo Camarena (2013), são problemas ou projetos elaborados com o objetivo de integrar disciplinas matemáticas e não matemáticas, constituindo-se, portanto, em ferramentas para o desenvolvimento de um trabalho interdisciplinar no ambiente de aprendizagem.

O aporte teórico ao qual temos recorrido visando atingir os objetivos desta investigação, a MCC, tem como essência vincular a Matemática às outras ciências e às situações a serem enfrentadas pelos engenheiros, em suas atuações profissionais e sociais.

PRINCIPAL APORTE TEÓRICO DESTA PESQUISA: A MCC

A MCC, construída por Patrícia Camarena, pesquisadora do Instituto Politécnico Nacional do México, e elaborada para subsidiar reflexões para o ensino e aprendizagem de Matemática em cursos nos quais essa disciplina está a serviço, nasceu da preocupação dessa pesquisadora em dar sentido a conteúdos matemáticos ensinados a engenheiros, quando são mobilizados por disciplinas não matemáticas (disciplinas que compõem o eixo específico e profissionalizante das grades curriculares de currículos de cursos de Engenharia). Tem como pressuposto filosófico-educacional que o estudante, durante a graduação, precisa desenvolver, entre outras, a habilidade de mobilizar a matemática quando essa é solicitada em outras ciências, visando desenvolver as competências profissionais e laborais desse estudante, bem como sua formação integral.

Assim, a MCC propõe um sistema para os processos de ensino e aprendizagem constituído de cinco fases. Na *fase curricular*, que contempla a metodologia Dipcing (*Diseño de programas de estudio de matemáticas en carreras de ingeniería*), propõe-se a construção de um currículo de Matemática por meio do qual o estudante tenha acesso a essa ciência explicitamente como ferramenta aplicada às disciplinas específicas de seu curso e suas futuras ações sociais e profissionalizantes. Na *fase didática*, a principal estratégia de trabalho em sala de aula são os EC no âmbito do *Modelo Didático da Matemática em Contexto* (MoDiMaCo), fundamentado no construtivismo. Na *fase cognitiva* são realizadas reflexões a respeito da aprendizagem interdisciplinar, e encontramos subsídios que orientam os processos de aprendizagem em direção à construção do conhecimento pelo estudante, permitindo-lhe desenvolver as habilidades cognitivas necessárias à resolução dos EC vinculados a seus interesses. Na *fase epistemológica*, fica evidenciado que, da mesma forma como os contextos de outras ciências dão sentido e significado à matemática, essa ciência também dá sentido e significado aos temas e conceitos das ciências para as quais ela está a serviço. Finalmente, na *fase docente*, são realizados estudos e atividades visando à formação dos docentes dos cursos de graduação, que deverão atuar em consonância com o MoDiMaCo.

No MoDiMaCo os EC são a principal ferramenta de trabalho para o docente em sala de aula, sendo os instrumentos capazes de permitir a construção do conhecimento por parte

do aluno e o desenvolvimento de habilidades para a transferência do conhecimento matemático para as áreas sociais que o requerem. (GOMES,2019, p. 2)

De acordo com Camarena (2017, p.7-8), a MCC estabelece, como fontes de contexto para a busca e construção de um EC, a ciência em estudo e sua vinculação com as disciplinas do curso, as atividades laborais e profissionais a serem realizadas pelos estudantes após sua formação e as situações da vida cotidiana do estudante que mobilizam a matemática.

A partir dessas fontes, conforme Camarena (2017, p.8), os Eventos podem ser classificados em três níveis cognitivos: nível baixo, se foi elaborado a partir de situações da vida cotidiana dos estudantes; nível médio, se foi elaborado a partir de aplicações da ciência cursada pelo estudante; nível alto ou complexo, se foi elaborado a partir de situações de contextos do trabalho profissional do estudante.

Dessa forma, considerando as fontes e níveis de complexidade dos EC, faz-se necessário selecionar situações aplicadas à Engenharia, observando quais os conteúdos matemáticos podem ser explorados por meio dessas situações, em quais disciplinas matemáticas esses conteúdos estão alocados; bem como em qual momento dessa disciplina matemática esses conteúdos serão abordados, a fim de verificar se essas situações poderão compor um EC.

Isso posto, conforme proposto pela MCC, o próximo passo é o processo de construção do EC pelo professor e a realização da análise *a priori* da situação de ensino, que resulta em um documento intitulado, em Camarena (2017, p.9), por “História do Evento Contextualizado”. Esse documento deve conter a descrição do EC e sua função, os conhecimentos matemáticos que serão abordados por meio do EC, os conhecimentos prévios requeridos em sua solução, os conhecimentos do contexto presentes no evento, as diferentes formas de resolução, as dificuldades que os estudantes podem apresentar, dentre outros.

O modelo didático inerente à MCC tem dois eixos norteadores: a contextualização, em que o trabalho é interdisciplinar, com etapas bem definidas que orientam o trabalho dos docentes; e a descontextualização, “em que se trabalha de forma disciplinar, apenas com a Matemática, dando-lhe a formalidade que a profissão do aluno exige” (CAMARENA, 2017, p.11).

Nesta pesquisa, visando tornar mais significativo o estudo das integrais múltiplas para alunos de Engenharia, propusemos-nos a construir uma sequência didática composta por diferentes EC. Pretendemos, com essa sequência, estender a ideia de integrais definidas

de funções reais de uma variável real, para integrais duplas e triplas de funções reais de duas ou três variáveis, aplicadas a situações que vão além do estudo de cálculo de medidas de áreas e volumes. Dessa forma, objetivamos que a sequência, por meio dos EC, possa introduzir, desenvolver e formalizar todo o estudo dessas integrais.

Antes de apresentarmos, a título de exemplo, um dos EC que irão compor a sequência que estamos desenvolvendo, na próxima seção trazemos algumas considerações acerca da revisão de literatura que realizamos nos primeiros estágios desta investigação.

ALGUNS ELEMENTOS DA REVISÃO DE LITERATURA REALIZADA

Quando realizamos o levantamento e descrição de informações acerca das pesquisas produzidas tendo como objeto matemático as Integrais Múltiplas, constatamos que existem poucas investigações. Lima, Bianchini e Gomes (2017) observaram “um número reduzido de investigações referentes aos conceitos de Cálculo associados às funções reais de duas ou mais variáveis reais” (p. 323), destacando a falta de pesquisas refletindo sobre os processos de ensino e de aprendizagem de tópicos importantes para a área de Cálculo Diferencial e Integral e suas aplicações, dentre os quais equações diferenciais, funções vetoriais, integrais duplas e triplas, derivada direcional e vetor gradiente, mudança de variável para integrais duplas ou triplas e integrais de linha.

Realizamos nossas buscas, principalmente, no Banco de Teses da CAPES, na Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações e no Google Acadêmico, limitadas ao período dos anos 2000 a 2018; exploramos apenas as pesquisas cujo objeto matemático era aquele com foco em nosso estudo: as Integrais Múltiplas. Analisamos, entre outros, as questões ou objetivos das investigações, as abordagens teóricas mobilizadas para a análise dos dados obtidos pelos pesquisadores, aspectos relacionados aos procedimentos metodológicos, bem como os principais resultados obtidos.

Também buscamos identificar, mesmo que implicitamente, aspectos relacionados aos preceitos da MCC aporte teórico de nossa investigação, apontar as principais convergências e divergências entre as pesquisas e, ainda, as principais contribuições que trouxeram para a Educação Matemática quando o objeto em estudo são as Integrais Múltiplas. Para este artigo, optamos por trazer apenas um resumo dessas observações em relação às teses analisadas dos autores Henriques (2006) e Miranda (2018).

Convergências e Divergências, Aspectos da MCC observados e Principais contribuições das teses *L'enseignement et l'apprentissage des intégrales multiples: Analyse didactique intégrant l'usage du logiciel Maple* e Esculturas Matemáticas: Atividades para o Estudo da Integral Dupla

Nas teses analisadas, percebemos que Henriques (2006) preocupou-se com aspectos também contemplados pela MCC, na medida em que realizou análise de programas institucionais, manuais de referência das instituições, livros didáticos, dentre outros, a fim de entender como as Integrais Múltiplas são abordadas nesses documentos. Também observamos a preocupação desse autor em apontar aplicações das Integrais Múltiplas na Física e trazer uma discussão, em seu texto, sobre como essas aplicações – momentos de inércia e centros de massa - estão abordadas nos documentos e livros didáticos analisados buscando estabelecer, de certa forma, uma relação de interdisciplinaridade, na medida em que analisa como é realizada a construção do conhecimento dos conceitos do conteúdo dessa disciplina, bem como dos conceitos e processos que a vinculam às Integrais Múltiplas, tanto de forma conceitual quanto algorítmica. Essas análises estas que também são previstas ao se adotar a estratégia didática da Matemática em Contexto. No trabalho de Miranda (2018), não identificamos aspectos também contemplados pelos preceitos da MCC.

As investigações de Henriques (2006) e Miranda (2018) abordam o estudo das Integrais Múltiplas tomando como contextos problemas demandando o cálculo de medidas de áreas de superfícies e medidas de volumes de sólidos, recorrendo a uma contextualização somente na própria Matemática, sem buscar o estabelecimento de vínculos entre esse conteúdo e as outras ciências, ou entre as áreas de atuação do futuro engenheiro, ao contrário do que preconiza a MCC. Essas investigações convergem para o estudo das relações e procedimentos que os estudantes empregam para resolver situações que compõem esse campo de conhecimento, bem como, dos efeitos que a interação entre os estudantes e os recursos tecnológicos causam nos processos de ensino e de aprendizagem dessas integrais.

Diferentemente de Henriques (2006), Miranda (2018) não apresenta uma discussão sobre o processo de construção da sequência de atividades utilizada em sua pesquisa que revele ao leitor uma técnica ou método para a construção dos *applets* ou dos projetos de programação desenvolvidos para impressão 3D dos sólidos gerados. Também não

desenvolve nenhum método para análise dos dados obtidos, conforme realizado em Henriques (2006).

Outra convergência observada nas teses é que, para os autores algumas das dificuldades enfrentadas pelos estudantes no trabalho com Integrais Múltiplas são relativas à visualização de sólidos gerados a partir de superfícies e de interseções de superfícies, interação com ambientes lápis e papel e computacionais, e associação de propriedades à manipulação de expressões algébricas das Integrais Múltiplas.

Entendemos que a técnica ou método para obter uma representação gráfica de qualquer sólido isolado ou crivado descrito por várias superfícies e o Modelo para Análise de Tarefas em torno de cálculos das Integrais Múltiplas, o MATIM, criado por Henriques (2006), constituem importantes contribuições para os processos de ensino e de aprendizagem dessas integrais, pois podem ser utilizados como estratégia de ensino pelos professores em sala de aula, de forma a, possivelmente, permitir melhor compreensão e interpretação de problemas, na medida em que vem consolidar a coordenação entre as representações gráfica, analítica e algébrica das Integrais Múltiplas, associadas a problemas de cálculo de medidas de volumes.

A principal contribuição, a nosso ver, trazida pelo trabalho de Miranda (2018) é ter reafirmado que os processos de ensino e de aprendizagem de Integrais Múltiplas sejam apoiados por tecnologias atuais, além de apontar caminhos para buscar subsídios para a construção de representações figurais associadas ao ensino.

Passamos então à próxima seção em que apresentamos um EC em construção que fará parte da sequência didática que estamos construindo em nossa investigação de doutorado.

O EVENTO CONTEXTUALIZADO EM CONSTRUÇÃO

Considerando as fontes de contexto para a busca e construção de um EC, discutidas em Camarena (2017), realizamos entrevistas com professores que ministram disciplinas tanto do eixo básico, como de específico e profissionalizante de cursos de Engenharia, para que pudessem orientar-nos quanto à localização de situações em que as Integrais Múltiplas estão presentes. Também analisamos, com o mesmo objetivo, diversos livros textos das referências que constam nos Projetos Pedagógicos de Curso das Engenharias Civil,

Mecânica, Mecatrônica e Elétrica, ou que foram indicados pelos professores por meio das entrevistas. Essa primeira ação que realizamos está prevista na etapa consequente da metodologia *Dipping*, e a segunda na etapa central dessa mesma metodologia, conforme descreve Camarena (2002).

O EC que apresentamos logo a seguir, de nível cognitivo médio, conforme visto em Camarena (2017), foi elaborado a partir de uma situação encontrada no livro de Mecânica dos Fluidos, Çengel e Cimbala, (2007), adotado como referência da disciplina que recebe esse mesmo nome nas turmas das Engenharias Integradas. É mister esclarecer, aqui, que na organização curricular dos cursos de Engenharia da instituição na qual estamos desenvolvendo nossa pesquisa, os estudantes das diferentes habilitações, para cursar as disciplinas do ciclo básico, são alocados em uma mesma turma e seguem assim até o quarto período, motivo da designação: Engenharias Integradas.

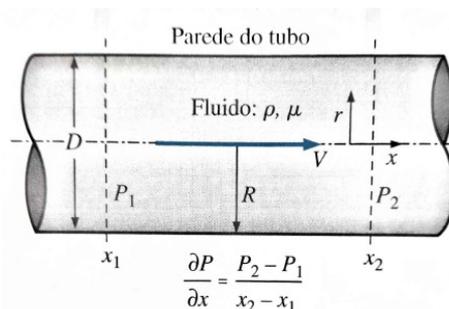
Quadro 1: Evento Contextualizado

Considere o escoamento laminar, estacionário, incompressível, de um fluido newtoniano em um tubo infinitamente longo de diâmetro D e raio $R = D/2$. , para o qual, desprezando o efeito da gravidade, é aplicado um gradiente constante de pressão $\partial P/\partial x$ na direção de x .

$$\frac{\partial P}{\partial x} = \frac{P_2 - P_1}{x_2 - x_1} = \text{constante},$$

em que x_1 e x_2 são duas localizações arbitrárias ao longo do eixo x , e P_1 e P_2 são as pressões naquelas duas localizações.

Adotando um sistema de coordenadas cilíndricas modificado com x em lugar de z como componente axial, ou seja, (r, θ, x) e (u_r, u_θ, u) , deduza uma expressão para o campo de velocidade dentro do tubo para estimar a força de cisalhamento viscoso por unidade de área de superfície agindo na parede do tubo.



Fonte: Adaptado de Çengel e Cimbala, (2007).

O EC foi construído a partir de um problema da mecânica dos fluidos que descreve o escoamento no interior de uma tubulação de seção cilíndrica comumente utilizada no transporte de produtos, matérias-primas e fluidos de processo, que encontram aplicações nas indústrias química, mecânica, petroquímica, aeroespacial, civil, entre outras, sendo indispensáveis aos mais variados processos industriais.

Dessa forma, a dinâmica de fluidos em regime laminar ou turbulento através de dutos circulares é de grande interesse na Engenharia. Suas principais aplicações, conforme visto em Çengel e Cimbala, (2007), envolvem, entre outros, aquecimento ou arrefecimento de um fluido para obter condensação ou evaporação de outros fluidos e recuperação ou rejeição de calor.

O EC, além de outros conteúdos matemáticos, aborda o sistema de coordenadas cilíndricas e, conseqüentemente, identificamos a possibilidade de explorá-lo para introduzir aos estudantes o trabalho com esse sistema, tendo em vista que ele permite descrições convenientes de algumas superfícies e sólidos que ocorrem usualmente e tornam mais fáceis o cálculo de algumas integrais triplas. Além disso, o problema envolve, em sua solução, o cálculo da vazão volumétrica através do tubo, situação na qual precisamos fazer uso das integrais duplas, conforme mostrado abaixo.

$$V = \int_{\theta=0}^{2\pi} \int_{r=0}^R ur \, dr d\theta = -\frac{2\pi}{4\mu} \cdot \frac{dP}{dx} \int_{r=0}^R (r^2 - R^2)r \, dr = -\frac{\pi R^4}{8\mu} \cdot \frac{dP}{dx}$$

Neste artigo, nosso objetivo foi apresentar alguns elementos da pesquisa de doutorado que estamos desenvolvendo e ilustrar, a título de exemplo, uma situação da Engenharia, no contexto da Mecânica dos Fluidos, que pode servir de base para a construção de um EC. Nossos desafios futuros são, após identificadas situações como essas, organizar a sequência didática composta pelos EC e, especialmente, organizar didaticamente esses eventos, para que a sequência possa cumprir seu efetivo objetivo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Desde que ingressamos no doutorado, visando tornar mais significativo o estudo das integrais múltiplas para alunos de Engenharia, propusemo-nos construir uma sequência de

EC, capaz de estender a ideia de integrais definidas para integrais duplas e triplas de funções de duas ou três variáveis, aplicadas a situações que vão além do estudo de cálculo de medidas de áreas e volumes, fundamentados nos pressupostos teóricos da MCC.

Atualmente, temo-nos dedicado à construção da sequência, e esperamos que ela, por meio dos EC, possa contribuir para um estudo mais significativo dessas integrais, no contexto dos cursos de Engenharia.

REFERÊNCIAS

- BIANCHINI, B. L.; LIMA, G. L., GOMES, E. **Cálculo, Análise e Álgebra Linear: indicações para novas pesquisas a partir das investigações do GT04.** In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, VII - Sociedade Brasileira de Educação Matemática, 2018, **Anais...** Foz do Iguaçu, Basil, p.1-11, 2018.
- CAMARENA, G. P. **Metodología curricular para las ciencias básicas en ingeniería. 2002a. Innovación Educativa**, v. 2, n. 10, (primera parte) pp. 22-28 y v. 2, n. 11, (segunda parte), pp. 4-12. México, 2017.
- CAMARENA, P. G. **A treita anõs de la teoria educativa “Matemática en el Contexto de las Ciencias”.** *Inovación Educativa*, 13(62), 17-44. México, 2013. Recuperado em 22 de agosto de 2019 de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-26732013000200003
- CAMARENA, P. G. **Didáctica de la matemática en contexto. Educação Matemática Pesquisa**, São Paulo, v.19, n.2, p.1-26, 2017. ISSN 1983-3156.
- ÇENGEL, Y.A.; CIMBALA, J.M. **Mecânica dos Fluidos: Fundamentos e Aplicações**, 5. ed, São Paulo: McGrawHill, 2007.
- GOMES, E.; LIMA, G. L.; BIANCHINI, B. L. ROCHA, K.B.; BOLELLI, P. M. **Evento contextualizado: estudo de um problema da Engenharia Civil para o ensino de Matemática**, In: CONGRESSO IBEROAMERICANO DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, XV, 2019, **Anais...** Medelim, Colômbia
- HENRIQUES, A. **L’enseignement et l’apprentissage des intégrales multiples: Analyse didactique intégrant l’usage du logiciel Maple.** Tese (Doutorado em Educação Matemática) - Université Joseph Fourier – Grenoble – Alpes – França, 2006.
- LIMA, G. L.; BIANCHINI B. L.; GOMES, E. **Cálculo e Análise: Mapeamento das Pesquisas do GT04 – Educação Matemática no Ensino Superior.** *Vidya*, Santa Maria, v. 37, n. 2, p. 317-334, jul./dez., 2017 - ISSN 2176-4603.

MIRANDA, G. M. H. **Esculturas matemáticas**: a atividade para o estudo da Integral Dupla. Tese. (Doutorado em educação Matemática) - Universidade Anhanguera. São Paulo, 2018.

MIRANDA, C. G. M; LAUDARES, J. B. **A Matemática na Atuação Profissional do Engenheiro**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA. 39., 2011, Blumenau. **Anais...** Blumenau, Brasil: Associação Brasileira de Educação em Engenharia, 2011.

MURO, C. U. **La significación de la serie de Fourier en el proceso de transferencia de masa**. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidad Autónoma del estado de Hidalgo, México, 2000.