

Pesquisas sobre o ensino e a aprendizagem de equações diferenciais ordinárias

RIEUSE LOPES PINTO¹

GABRIEL LOUREIRO DE LIMA²

Resumo

Este artigo apresenta parte de um levantamento bibliográfico de trabalhos realizados sobre o ensino e a aprendizagem de Equações Diferenciais Ordinárias (EDO). Tal revisão bibliográfica faz parte de nossa investigação de doutorado, em desenvolvimento. Neste artigo, nosso objetivo é analisar 11 dos 22 trabalhos que até o momento compõem o corpus da revisão bibliográfica de nossa investigação, a saber aqueles desenvolvidos com estudantes de Engenharia ou que utilizem a Matemática no Contexto das Ciências como referencial teórico. Constatamos que as pesquisas são fundamentadas em teorias e em metodologias diversas, buscam contextualização do ensino a partir de problemas que trazem significados para o estudante e valorizam interações entre os enfoques algébricos, gráficos e analíticos.

Palavras-Chave: Ensino Superior; Equações Diferenciais; Engenharia; Matemática no Contexto das Ciências.

Abstract

This article presents part of a bibliographical study of projects done on education and learning of Ordinary Differential Equations (ODE). Such bibliographic review is part of our doctoral research, in development. In this article, our objective is to analyze 11 of the 22 projects that up to now compose the corpus of the bibliographic review of our investigation, namely those developed with Engineering students or those that use Mathematics in the Context of Sciences as Theoretical reference. We find that the researches are based on diverse theories and methodologies, they seek to contextualize education based on problems that bring meanings to the student and value interactions between algebraic, graphical and analytical approaches.

Keywords: Higher Education; Differential Equations; Engineering; Mathematics in the Context of Sciences.

Introdução

Ao refletirmos sobre os processos de ensino e de aprendizagem de Cálculo em cursos de Engenharia, consideramos ser importante voltar nossa atenção ao objeto matemático Equações Diferenciais Ordinárias (EDO), visto que, muitas vezes, sua abordagem enfatiza as técnicas, em detrimento da compreensão. A falta de esclarecimento dos objetivos da disciplina em suas formações, e a frequente desconexão com que os

¹ Pontifícia Universidade Católica de São Paulo. PEPG em Educação Matemática – e-mail: rieuselopes@yahoo.com.br.

² Pontifícia Universidade Católica de São Paulo. PEPG em Educação Matemática – e-mail: gllima@pucsp.br.

conceitos do Cálculo são trabalhados em relação às suas aplicações na Engenharia, tem se tornado um conflito diário para os estudantes, gerando desmotivação.

Os elevados índices de reprovação e de desistência em disciplinas tratando de conteúdos de Cálculo são um dos fatores que têm levado pesquisadores a investigar temáticas relacionadas ao ensino e à aprendizagem de conceitos dessa área da Matemática. Assim, pesquisas em Educação Matemática no Ensino Superior têm sido desenvolvidas na tentativa de diagnosticar e minimizar tais problemas e novas práticas metodológicas têm sido testadas e analisadas, sob várias perspectivas embasadas em diversas teorias.

Com o objetivo de compreender o que já foi ou tem sido investigado em relação ao ensino e a aprendizagem de Matemática em cursos universitários, Lima, Bianchini e Gomes (2017) fizeram um levantamento de pesquisas realizadas no âmbito do GT04 – Educação Matemática no Ensino Superior – da Sociedade Brasileira de Educação Matemática (SBEM) - e analisaram 139 artigos que correspondem a parte das publicações deste Grupo desde sua criação. Explicitaram a temática central dos trabalhos, o conteúdo matemático focalizado e os sujeitos das pesquisas, e buscaram perceber os temas, conteúdos e sujeitos mais valorizados e aqueles que até então foram negligenciados ou pouco explorados. O objetivo desse mapeamento foi evidenciar tendências de investigações e também caminhos ainda não percorridos ou pouco trilhados que podem inspirar novas pesquisas na área. Em relação ao Cálculo, a maior parte dos estudos refere-se a objetos matemáticos normalmente abordados em disciplinas iniciais desta área. Constataram que existe “uma possível demanda por estudos abrangendo os processos de ensino e de aprendizagem de tópicos relevantes para a área de Cálculo Diferencial e Integral e suas aplicações, como, por exemplo, equações diferenciais...” (LIMA, BIANCHINI e GOMES, 2017, p.332).

Esses fatores nos levaram a, em nossa investigação de doutorado, analisar os processos de ensino e de aprendizagem de EDO, no curso de Engenharia Civil, à luz da teoria *A Matemática no Contexto das Ciências* (MCC).³

Um primeiro passo dessa investigação foi a realização de uma revisão bibliográfica da produção científica que trata sobre o ensino e aprendizagem de EDO, no âmbito da

³ A MCC é uma teoria educacional desenvolvida por Patrícia Camarena com o objetivo de estabelecer vínculos entre a matemática e as diversas ciências e competências profissionais que a exigem e também de fundamentar discussões a respeito do ensino de Matemática em cursos superiores nos quais essa ciência não é uma meta por si mesma, ou seja, em cursos que não visam à formação de matemáticos.

Educação Matemática. O objetivo do presente artigo é exatamente apresentar parte dessa revisão.

1 Revisão Bibliográfica

Nessa revisão de pesquisas realizadas sobre o ensino e a aprendizagem de EDO, procuramos sistematizar e analisar a produção científica que tem por temática a contextualização dessas equações. Neste artigo, especificamente, trataremos de 11 trabalhos, entre dissertações (D) e teses (T), que tratam do ensino ou da aprendizagem de EDO e que, de uma maneira ou outra, contextualizaram tais equações por meio de problemas reais, situações-problema mobilizando-as, modelagem matemática, preceitos da Matemática no Contexto das Ciências e aplicações nas engenharias. Estes foram os critérios utilizados para a localização dos trabalhos nas bases consultadas.

Em busca realizada no Banco de Teses da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), localizamos 54.853 pesquisas, entre dissertações e teses, concluídas entre 1987 e 2018, com as seguintes palavras: equações diferenciais ordinárias e modelagem. Desse total, refinamos nossa busca e mapeamos 670 trabalhos realizados na área de Ensino de Ciências e Matemática e na área de Ensino nos quais as equações ordinárias foram foco de investigação.

Desses 670 estudos, selecionamos 142 pelo título, ou seja, separamos aqueles que tratavam do Cálculo Diferencial Integral ou da Matemática no Ensino Superior. Acessamos os resumos desses 142 trabalhos para identificar, dentre eles, aqueles que se relacionavam de fato ao nosso interesse de estudo e selecionamos, então, 15 trabalhos. Analisamos também 7 estudos que não foram encontrados no Banco de Teses da CAPES, mas que, a nosso ver, são importantes para nossa pesquisa, pois abordam o ensino ou a aprendizagem de EDO ou utilizam a MCC como referencial teórico. Os últimos 7 trabalhos mencionados são artigos ou publicações em anais de eventos.

Desses 22 trabalhos que até o momento compõem o *corpus* da revisão bibliográfica de nossa investigação de doutorado, separamos 11 para serem analisados neste artigo. Para tal seleção, adotamos os seguintes critérios: ter sido desenvolvido com estudantes de Engenharia ou utilizar a MCC como referencial teórico. Esses dois aspectos nos interessam porque em nossa tese estamos investigando, fundamentados na MCC, o ensino e a aprendizagem de EDO no contexto da Engenharia. Apresentamos no Quadro 1 informações gerais sobre os 11 trabalhos analisados neste artigo: ano de publicação,

nome do autor, título e de que tipo é a pesquisa (dissertação (D) ou tese (T)).

Quadro 1: Dados sobre os trabalhos analisados

ANO	AUTORES	TÍTULO	TIPO
2008	Alyne Maria Rosa de Araújo	Modelagem Matemática nas aulas de Cálculo: uma estratégia que pode contribuir com a aprendizagem dos alunos de engenharia.	D
2009	Maria Madalena Dullius	Enseñanza y aprendizaje en ecuaciones diferenciales con abordaje gráfico, numérico y analítico.	T
2009	Marco Antonio Hernández Rodríguez	Las ecuaciones diferenciales ordinarias lineales de primer y segundo orden en el contexto del movimiento uniforme.	T
2010	Vagner Donizeti Tavares Ferreira	A Modelagem Matemática na introdução ao estudo de equações diferenciais em um curso de engenharia.	D
2011	Galvina Maria de Souza	Uma estratégia metodológica para a introdução de um curso de equações diferenciais ordinárias.	D
2011	Roberto Fecchio	A Modelagem Matemática e a interdisciplinaridade na introdução do conceito de equação diferencial em cursos de engenharia.	T
2012	Aníbal Ataides Barros Filho	A resolução de problemas físicos com equações diferenciais ordinárias lineares de 1ª e 2ª ordem: análise gráfica com o software maple.	D
2014	Eliane Alves De Oliveira	Uma Engenharia Didática para abordar o conceito de equação diferencial em cursos de engenharia.	T
2014	Jazmín Adriana Juárez Ramírez	Análisis de los efectos que producen las interacciones en foros virtuales en el proceso de modelación matemática de estudiantes de ingeniería en un curso de ecuaciones diferenciales.	T
2014	Jorge Oswaldo Tobar Vega	Aplicaciones de las Ecuaciones Diferenciales Lineales de Primer y Segundo Orden en Física que faciliten el Aprendizaje del Movimiento Uniforme.	T
2017	Michele Carvalho De Barros	Equações diferenciais ordinárias no contexto dos Registros de Representação Semiótica e da Modelagem Matemática.	T

Fonte: Dados da Pesquisa (Elaboração da Autora)

A partir da organização das produções no Quadro 1, passaremos a relatar aspectos relacionados às pesquisas e algumas considerações feitas pelos autores a partir dos resultados obtidos. Nessa descrição, organizaremos a apresentação segundo os pressupostos teóricos utilizados e o ano em que os trabalhos foram publicados. Primeiramente vamos nos ater aos estudos fundamentados na Modelagem Matemática, pois observamos que muitos autores procuram investigar situações que podem ser modeladas matematicamente por equações diferenciais.

2 Estudos tratando de EDO à luz da Modelagem Matemática

Identificamos, dentre as publicações científicas analisadas, as seguintes que se fundamentam nos diversos pressupostos teóricos da Modelagem Matemática (MM): Araújo (2008), Ferreira (2010), Souza (2011), Fecchio (2011), Ramírez (2014) e Barros (2017).

Araújo (2008) apresentou uma pesquisa que objetivou analisar os possíveis efeitos que o uso da Modelagem Matemática, como estratégia de ensino, provoca no processo de aprendizagem dos alunos em relação às EDO. As atividades de Modelagem foram organizadas de acordo com as fases propostas por Bassanezzi (2002). Os resultados da investigação mostraram como a Modelagem Matemática, além de possibilitar a integração dos diversos conteúdos estudados no curso de Engenharia, pode auxiliar para o desenvolvimento de uma visão crítica do futuro engenheiro em relação ao conteúdo trabalhado.

Compreender o processo que gerou um modelo é de grande importância ao estudante de Engenharia, por isso, Ferreira (2010) desenvolveu um experimento fundamentado em situações reais. A análise dos dados mostrou que os alunos interpretaram os resultados obtidos e os enunciados dos problemas com os quais estavam trabalhando. Além disso, obtiveram modelos matemáticos. A investigação evidenciou que a Modelagem Matemática pode ajudar no processo de identificar uma equação matemática como uma ferramenta importante no trabalho de compreensão e tomada de decisões a respeito de problemas ligados a fenômenos naturais.

Souza (2011) desenvolveu uma pesquisa sobre como a retomada dos conceitos fundamentais de Cálculo Diferencial e Integral, como, por exemplo, taxas de variação e o uso da Modelagem Matemática aplicada a problemas classicamente enunciados na fase introdutória de um curso de Equações Diferenciais Ordinárias, podem contribuir para o ensino e a aprendizagem dessas equações e suas aplicações. A pesquisadora elaborou, aplicou e analisou uma sequência de atividades para alunos de cursos de Engenharia. O desenvolvimento dessa sequência privilegiou o uso de estratégias de ensino diversificadas na apresentação e construção de conteúdos matemáticos, com ênfase na compreensão do que estava sendo trabalhado.

Também em 2011, Fecchio sugeriu que problemas relacionados a Mecânica, Eletricidade e outros aspectos da Física, poderão servir de ponto de partida para a

abordagem de EDO em cursos de Engenharia. Seu estudo objetivou investigar a utilização da Modelagem Matemática aliada à Interdisciplinaridade e à Teoria das Situações Didáticas, como recursos facilitadores na introdução do conceito de equação diferencial. Tais lentes teóricas possibilitaram a elaboração, a organização, o acompanhamento e análise de uma sequência didática, constituída de quinze etapas para responder à seguinte questão: Atividades interdisciplinares que utilizam a Modelagem Matemática propiciam a aprendizagem de equações diferenciais? A análise dos dados obtidos na experimentação possibilitou afirmar que as atividades interdisciplinares, conduzidas por etapas, apresentaram novas potencialidades de motivação, exploração do conteúdo e de resultados ao alcance dos alunos do ciclo básico da Engenharia e propiciou aos estudantes ganhos no processo de aprendizagem e possibilidades de aplicação dos conhecimentos em novas situações. O autor procurou identificar as dificuldades que os alunos ingressantes em cursos de Engenharia encontram para relacionar, aplicar e posteriormente interpretar os resultados relativos às Equações Diferenciais, na resolução de problemas encontrados na Física e na Química.

Ramírez (2014) objetivou analisar os efeitos das contribuições de estudantes de Engenharia, apresentadas por meio de um fórum virtual, no desenvolvimento do processo de Modelagem Matemática em um curso de equações diferenciais. De acordo com a pesquisadora, o quadro teórico foi composto por fundamentos que possibilitaram estudar como esses estudantes construíram modelos matemáticos de fenômenos físicos ou situações da vida cotidiana com EDO em ambientes de aprendizagem com fóruns virtuais. Uma ampla variedade de metodologias foi utilizada para analisar o discurso produzido em fóruns virtuais pelos sujeitos da investigação. Nos resultados finais, a pesquisadora sugere linhas futuras de pesquisa, pois de acordo com ela, esse tipo de experiência no contexto de um curso de matemática para engenheiros, tem sido pouco estudado.

Para Barros (2017), as EDO possuem ampla aplicação na resolução de problemas sobre movimento, crescimento, eletricidade, vibrações e diversos tipos de fenômenos físicos que envolvem taxas de variação de quantidades, nas mais diversas áreas de conhecimento. Nessa concepção, o objetivo de sua pesquisa foi investigar o potencial dos registros de representação semiótica e das mudanças de domínio, na condução do processo de aprendizagem das EDO para estudantes dos cursos de engenharias. Para isso, elaborou uma sequência de situações envolvendo problemas na perspectiva da

Modelagem Matemática.

Em suas análises preliminares, a pesquisadora evidencia que o ensino e a aprendizagem de EDO estão, na maioria das vezes, fundamentados em uma abordagem algébrica, que privilegia o emprego de técnicas de resolução, e que normalmente não favorece a utilização de diferentes registros de representação ou o uso de ferramentas de outros domínios matemáticos. Verificou também que os livros didáticos beneficiam a abordagem algébrica desse conceito e mesmo as atividades ditas de “Modelagem Matemática” conduzem a uma aplicação de fórmulas já estabelecidas. Concluiu que a Modelagem Matemática possibilitou estabelecer diversas relações entre o modelo matemático e o fenômeno analisado, favorecendo também a atribuição de significados às variáveis que descrevem tal fenômeno. Ou seja, o trabalho com problemas na perspectiva da Modelagem Matemática permitiu aos alunos dos cursos de engenharias interpretar as relações entre a equação e o fenômeno modelado e não somente a resolução das equações. A autora salienta ser importante que os engenheiros saibam lidar com EDO nas suas diferentes representações e sugere novos estudos a esse respeito.

Os autores das pesquisas, que utilizaram a Modelagem Matemática, foram unânimes ao concluir que essa abordagem se apresenta como alternativa viável para o ensino e a aprendizagem das equações diferenciais, e atende aos anseios da Educação Matemática para a formação dos sujeitos. Observa-se nessas pesquisas que o estudo das equações diferenciais por meio da Modelagem Matemática estreita a relação que existe entre os problemas da vida real e a Matemática, possibilitando a tomada de decisões sobre o fenômeno estudado, por meio da interpretação dos resultados obtidos na resolução da equação diferencial correspondente, e na interpretação do fenômeno em questão pela análise dos resultados.

3 Estudos tratando de EDO à luz da Matemática no Contexto das Ciências

Nesta seção destacamos 2 dos 12 elencados no Quadro 1: Rodriguez (2009) e Tobar (2014), que utilizam em suas fundamentações teóricas preceitos da Matemática no Contexto das Ciências (MCC).

A pesquisa de Rodríguez (2009), orientada por Patrícia Camarena, autora da MCC, apresenta uma proposta de ensino de equações diferenciais de primeira e segunda ordem

no contexto do movimento uniforme. O pesquisador conduziu o estudo com o intuito de responder como desenvolver atividades didáticas com equações diferenciais lineares de primeira e segunda ordem vinculadas à análise de movimento uniforme no contexto da Física. São atividades que objetivam a compreensão do aluno em relação ao significado e ao aprendizado das equações. São fundamentadas em componentes epistemológicos, cognitivos e didáticos, e exploram três fenômenos físicos fundamentais: deslocamento, velocidade e aceleração. Em suas conclusões finais, o autor afirma que há muito o que ser feito em relação ao desenvolvimento de atividades que favoreçam a aprendizagem dos diferentes tipos de equações diferenciais utilizadas em fenômenos físicos e que, na MCC, o conhecimento construído pelo aluno está ligado à vida cotidiana de tal forma que não haverá choques quanto à integração de conhecimentos adquiridos e conhecimentos aplicados durante a prática profissional.

A pesquisa de Tobar (2014) é a única do Quadro 1 que não foi desenvolvida com estudantes de Engenharia, mas foi por nós analisada porque utilizou a MCC como referencial teórico. Sua proposta foi desenvolvida com alunos de tecnologia em Mecânica e objetivou a concepção de atividades de aprendizagem de equações diferenciais no contexto da Física, tendo em conta conhecimentos, representações e crenças dos alunos.

Por meio do trabalho realizado, o pesquisador criticou aquilo que comumente se observa no ensino de Equações Diferenciais e afirmou que a série de procedimentos, usualmente utilizados na resolução das equações, leva os estudantes apenas a obter a solução geral e particular, e que as poucas aplicações presentes nos cursos são, em muitos casos, artificiais. Sugeriu então uma nova proposta de ensino de equações diferenciais de primeira e segunda ordem a partir de um contexto da Física, de forma a contribuir com o aprendizado do movimento uniforme. Assim como Rodríguez (2009), o autor explorou fenômenos físicos envolvendo deslocamento, velocidade e aceleração, e utilizou a MCC como referencial teórico no desenvolvimento de três componentes básicos da matemática educacional: epistemológico, cognitivo e didático.

Nos resultados finais, concluiu que o aluno não tem clareza em relação ao significado da solução particular associada ao conjunto de gráficos definidos a partir das famílias de funções que constitui a solução geral da equação diferencial. Afirmou que, nos cursos tradicionais de equações diferenciais, o assunto não é contextualizado, o aspecto gráfico é praticamente inexistente no discurso matemático escolar, e que os alunos têm

dificuldades em analisar, graficamente, o comportamento de funções. Dessa forma, sugere estudos que tragam significados relativos aos aspectos algébricos e geométricos para facilitar a compreensão da solução de uma equação diferencial no contexto da Física. Recomenda a utilização da MMC para favorecer a aprendizagem dos diferentes tipos de equações diferenciais relacionadas a fenômenos físicos diversos.

4 Outros estudos tratando de EDO

Dullius (2009), Filho (2012) e Oliveira (2014) também desenvolveram estudos sobre o ensino e a aprendizagem de EDO com estudantes da Engenharia, mas recorrendo a referenciais distintos da modelagem Matemática e MCC.

Dullius (2009) utilizou as teorias da Aprendizagem Significativa, de David Ausubel, e a Sócio Interacionista, de Lev Vygotsky, com o objetivo de identificar as principais dificuldades dos alunos na aprendizagem de Equações Diferenciais. Para isso, elaborou uma proposta pedagógica para auxiliar o estudante na superação dessas dificuldades e evidenciar a importância desse conteúdo em sua formação. De acordo com a autora, a maioria dessas dificuldades está relacionada aos conteúdos de Matemática básica e à interpretação de conceitos, principalmente, no que se refere à derivada. Em relação às equações diferenciais, afirmou que os alunos associam sua resolução a um processo puramente analítico e sentem dificuldades para pensar simultaneamente de modo algébrico e gráfico.

Os resultados da pesquisa mostraram o quanto seria importante os professores mudarem suas estratégias de ensino, considerando, por exemplo, a possibilidade de aproveitar os avanços tecnológicos para atualizá-las no que se refere às equações diferenciais. A pesquisadora concluiu que a abordagem proposta, desenvolvida e avaliada se mostrou um meio viável para conduzir os alunos a uma Aprendizagem Significativa. Tal abordagem possibilitou também mostrar resultados positivos em relação à participação e interação dos alunos entre si, com a professora, com o assunto ensinado e com os recursos computacionais.

Filho (2012) realizou sua investigação a partir da perspectiva da Resolução de Problemas e seu estudo teve como fio condutor a pergunta “Como a Resolução de Problemas, com a utilização das TIC, pode contribuir para uma aprendizagem mais significativa de EDO e de suas aplicações em situações-problema das ciências?”. Para responder a esse questionamento, o pesquisador elaborou cinco atividades de EDO

envolvendo problemas físicos, usando abordagens analítica e geométrica com ênfase na análise gráfica.

Essas atividades foram desenvolvidas em uma turma de Engenharia Elétrica com o objetivo de buscar as contribuições das metodologias de Resolução de Problemas e Descoberta Guiada, mediadas por Tecnologias de Informação e Comunicação, tanto para uma aprendizagem mais significativa de EDO quanto para aplicações dessas equações em situações problemas das ciências. Dentre suas observações, o autor destacou que o problema é o meio principal pelo qual a Matemática evolui, e, baseado nessa premissa, propôs uma experiência de ensino por meio de atividades que visam à aprendizagem por resolução de problemas físicos, com abordagens analítica e qualitativa, com foco na interpretação gráfica e uso de recursos computacionais.

O autor relatou que, no decorrer da pesquisa, duas questões emergiram com possibilidades de futuras investigações: Como o conteúdo e a forma de abordagem dos livros, no que diz respeito às equações diferenciais, influenciam o professor em sua prática pedagógica e como ocorrem os processos de ensino e aprendizagem em uma proposta mediada pelas Tecnologias de Informação e Comunicação?

Oliveira (2014) buscou investigar estratégias de ensino com vistas a favorecer a aprendizagem de estudantes acerca de EDO e suas aplicações em cursos de graduação em Engenharia. A pesquisadora afirma que os dados obtidos por meio do levantamento bibliográfico realizado por ela provocaram reflexões sobre o tipo de abordagem de ensino de EDO que pode favorecer a aprendizagem de alunos. Constatou que esse ensino vem acontecendo de modo a concentrar uma maior atenção nas soluções analíticas a partir de manipulações algébricas de resolução, contribuindo para que os alunos não percebam o potencial dessas equações e sua importância como ferramenta matemática para resolver problemas relacionados a situações da realidade. Essas reflexões direcionaram a pesquisa, que buscou responder a seguinte questão: “Quais componentes devem estar presentes em estratégias de ensino com vistas a favorecer a aprendizagem de estudantes acerca de Equações Diferenciais Ordinárias e suas aplicações em cursos de graduação em Engenharia?”.

A autora destacou que os resultados indicaram que o uso de recursos tecnológicos facilitou a realização das atividades e revelaram a importância e a produtividade das discussões. A análise dos dados possibilitou afirmar que as características da engenharia

didática favoreceram a construção de conceitos relativos às EDO pelos alunos.

Considerações finais

Diante do exposto, e refletindo a respeito das leituras realizadas ao produzirmos essa revisão bibliográfica, observamos que vários pesquisadores destacam a importância de repensar o ensino de EDO e indicam caminhos e novas direções para esse ensino. Dentre esses caminhos, observamos que a Modelagem Matemática foi a abordagem mais indicada pelas pesquisas, devido ao consenso dos pesquisadores em relação à importância para a formação dos graduandos de trabalhar com problemas contextualizados na área específica de cada curso, principalmente nas engenharias.

Concluimos que a resolução de problemas é uma metodologia fundamental para o ensino de EDO, e de uma forma ou outra, todos os pesquisadores, cujas pesquisas foram apresentadas nesse artigo, recorreram a problemas utilizando essas equações. Destacamos também que as equações diferenciais são utilizadas para compreender e investigar problemas que envolvem fenômenos que se desenvolvem continuamente e que podem ser representados por equações com variações instantâneas, como movimento, crescimento, radioatividade, eletricidade, termodinâmica, hidrodinâmica, propagação de doenças etc. Portanto, essas equações estabelecem relações entre as diversas áreas das Ciências e das Engenharias com a Matemática, promovendo um estudo interdisciplinar.

A maioria dos pesquisadores relatou dificuldades que os estudantes apresentaram com conteúdos da Matemática básica, como: resolução de equações, trigonometria, operações com frações, propriedades das potenciações e logaritmos, porcentagem, operações com números reais etc. Essas dificuldades aparecem com frequência nas manipulações algébricas, nas soluções analíticas das equações diferenciais, na aplicação dos conceitos de derivada e integral e na interpretação de taxas de variação instantânea. As pesquisas consultadas também evidenciaram que o ensino de EDO privilegia o emprego de técnicas de resolução, e que os estudantes expressam dificuldades para pensar simultaneamente de modo algébrico e gráfico, habilidade que, segundo as pesquisas revisadas, pode ser desenvolvida a partir do uso de recursos computacionais.

Ao longo dessa revisão bibliográfica, percebemos que alguns pesquisadores comumente estão preocupados com as aplicações da Matemática, com a contextualização de problemas que trazem significados para o estudante, com enfoques algébricos, gráficos

e analíticos. Outros se preocupam com diversos métodos de busca de soluções para entender o processo que gerou determinada equação diferencial, bem como com a interpretação dessas soluções com relação ao fenômeno que ela descreve, com o comportamento das soluções, com a capacidade de análise do estudante ou mesmo com a questão da visualização. Por isso, essas pesquisas, de uma maneira ou outra, fundamentadas em teorias e em metodologias diversas, exploram problemas contextualizados e atestam resultados positivos de tal prática em suas conclusões.

Agradecimentos

Agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de estudos de Doutorado

Referências

ARAÚJO, A. M. R. de. **Modelagem matemática nas aulas de cálculo: uma estratégia que pode contribuir com a aprendizagem dos alunos de engenharia.** 2008. 87 f. Dissertação (Mestrado) - Núcleo Pedagógico de Apoio ao Desenvolvimento Científico, Universidade Federal do Pará. Belém.

BARROS, M. C. de. **Equações diferenciais ordinárias no contexto dos registros de representação semiótica e da modelagem matemática.** 2017. 258 f. Tese (Doutorado em Educação para a Ciência e a Matemática) - Centro de Ciências Exatas, Universidade Estadual de Maringá. Maringá.

BASSANEZI, R. C. **Ensino-aprendizagem com modelagem matemática: uma nova estratégia.** São Paulo: Contexto, 2002.

DULLIUS, M. M. **Enseñanza y Aprendizaje em Ecuaciones Diferenciales con Abordaje Gráfico, Numérico y Analítico.** 2009. 502f. Tese (Doutorado em Educação Matemática) – Programa Internacional de Doutorado em Ensino de Ciências (PIDEC) Universidad de Burgos (UBU)- España e Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

FECCHIO, R. **A Modelagem Matemática e a interdisciplinaridade na introdução do conceito de equações diferenciais em cursos de Engenharia.** 2011. 208f. Tese (Doutorado em Educação Matemática), Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo.

FERREIRA, V. D. T. **A modelagem matemática na introdução ao estudo de equações diferenciais em um curso de engenharia.** 2010. 111f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Matemática) – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo.

FILHO, A. A. B. **A resolução de problemas físicos com equações diferenciais ordinárias lineares de 1ª e 2ª ordem: análise gráfica com o software Maple.** 2012. 228 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Minas Gerais.

LIMA, G. L. de; BIANCHINI, B. L.; GOMES, E. **Cálculo e Análise: Mapeamento das**

pesquisas do GT 04- Educação Matemática no Ensino Superior. **VIDYA**, Santa Maria, v. 37, n. 2, p. 317-334, 2017

OLIVEIRA, E. A. de. Uma Engenharia Didática para abordar o conceito de equação diferencial em cursos de engenharia. 2014. 159 f. Tese (Doutorado em Educação Matemática), Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo.

RAMIREZ, J. A. J. Análisis de los efectos que producen las interacciones em foros virtuales en el proceso de modelación matemática de estudiantes de ingeniería en un curso de ecuaciones diferenciales. 2014. 183 f. Tese (Doctor la Educación Matemática). Facultad de Educación Departamento de Didáctica de la Matemática y Didáctica de las Ciencias Experimentales. Universidad de Salamanca.

RODRÍGUEZ, M. A. H. Las Ecuaciones Diferenciales ordinarias lineales de primer y segundo orden en el contexto del movimiento uniforme. 2009. 126 f. Tese (Doutorado en Ciencias en Matemática Educativa). Instituto Politécnico Nacional, Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada, México D. F.

SOUZA, G. M. de. Uma estratégia metodológica para a introdução de um curso de equações diferenciais ordinárias. 2011. 141f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) – Pontifícia Universidade Católica de Minas, Belo Horizonte.

TOBAR, J. O. V. Aplicaciones de las Ecuaciones Diferenciales Lineales de Primer y Segundo Orden en Física que faciliten el Aprendizaje del Movimiento Uniforme. 2014. 135 f. Tese (Magíster en Docencia Matemática). Universidad Técnica de Ambato, Ecuador.