



ENSINO E APRENDIZAGEM DO CONCEITO DE DERIVADA E SUAS RELAÇÕES COM FENÔMENOS FÍSICOS: UMA REVISÃO DA LITERATURA NO CASO DE UM CURSO DE ENGENHARIA

TEACHING AND LEARNING OF THE DERIVATIVE CONCEPT AND ITS RELATIONSHIP WITH PHYSICAL PHENOMENA: A LITERATURE REVIEW IN THE CASE OF AN ENGINEERING COURSE

ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE DEL CONCEPTO DERIVADO Y SUS RELACIONES CON LOS FENÓMENOS FÍSICOS: UNA REVISIÓN DE LA LITERATURA EN EL CASO DE UN CURSO DE INGENIERÍA

Letícia Oberoffer Stefenon¹
Marco Antonio Moreira²
Concesa Caballero Sahelices³

1

Resumo: Essa pesquisa é parte de uma tese de doutorado em desenvolvimento junto ao Programa de Doctorado en Educación–Enseñanza de las Ciencias, na Universidade de Burgos, Espanha. Trata de uma revisão de literatura, na área de ensino e aprendizagem, do conceito de derivada para um curso de Engenharia Ambiental e Sanitária. Enfoca apenas fatores que influenciam na aprendizagem do conceito de derivada e suas relações com fenômenos físicos. Esse artigo tem como objetivo sintetizar e comentar pesquisas que relacionam, de alguma forma, o ensino de derivada a fenômenos físicos, ou seja, buscou-se identificar investigações que aproximassem Engenharia Ambiental e Sanitária à Matemática e Física. Os estudos apresentados parecem evidenciar a necessidade de novas pesquisas como forma de investigar estratégias e alternativas para o ensino de Cálculo, principalmente do conteúdo de estudo de derivada, para que o estudante consiga compreender a relação da Matemática com fenômenos físicos. Entende-se que ao trabalhar com situações reais e familiares à profissão de

¹ Doctoranda en Educación-Enseñanza de las Ciencias -Universidad de Burgos -ES e professora na Universidade Franciscana-UFN, Brasil. ORCID <https://orcid.org/0000-0002-1508-269X> . E-mail: leticia.stefenon@hotmail.com

² Ph. D. Instituto de Física-UFRGS, RS, Brasil. ORCID <https://orcid.org/0000-0003-2989-619X> .E-mail: moreira@if.ufrgs.br

³ Doutora em Física - Dpto. Didáctica de las Ciencias Experimentales. Universidad de Burgos-ES ORCID <https://orcid.org/0000-0001-8079-4717> .E-mail: concesa@ubu.es

Engenheiro Ambiental e Sanitário, estudantes possam relacionar e interpretar informações que possibilitem o desenvolvimento do pensamento crítico e reflexivo.

Palavras-chave: Derivada. Engenharia Ambiental e Sanitária. Relação Matemática e Física. Ensino Superior.

Abstract: This research is part of a doctoral thesis being developed in the Doctorate Program in Education - Enseñanza de las Ciencias, at the University of Burgos, Spain. It deals with a literature review in the area of teaching and learning of the derivative concept for an Environmental and Sanitary Engineering course, focusing only on the factors that influence the learning of the derivative concept and its relationship with physical phenomena. This paper aims at synthesizing and commenting on research articles that relate, in some way, the teaching of the concept of derivative to physical phenomena, that is, it intended to identify investigations that could bring Environmental and Sanitary Engineering closer to Mathematics and Physics. The studies presented show the need for further research as a way of finding new strategies and alternatives for the teaching of Calculus, mainly the content involving the concept of the derivative, so that the student could better grasp the relationship of Mathematics with physical phenomena. It is taken for granted here that, when working with real and familiar situations in the profession of Environmental and Sanitary Engineer, students can relate and interpret information that can allow for the development of critical and reflective thinking.

Keywords: Derivative concept. Environmental and Sanitary Engineering. Mathematical and Physics Relationship. College Education.

Resumen: Esta investigación es parte de una tesis doctoral en desarrollo con el Programa de Doctorado en Educación - Enseñanza de las Ciencias, en la Universidad de Burgos, España. Se trata de una revisión de la literatura, en el área de enseñanza y aprendizaje, del concepto derivado de un curso de Ingeniería Ambiental y Sanitaria. Se centra solo en factores que influyen en el aprendizaje del concepto derivado y sus relaciones con los fenómenos físicos. Este artículo tiene como objetivo sintetizar y comentar investigaciones que relacionan, de alguna manera, la enseñanza de derivados a fenómenos físicos, es decir, buscó identificar investigaciones que abordaran la Ingeniería Ambiental y Sanitaria en Matemáticas y Física. Los estudios presentados parecen resaltar la necesidad de nuevas investigaciones como una forma de investigar estrategias y alternativas para enseñar cálculo, especialmente el contenido del estudio derivado, para que el estudiante pueda comprender la relación entre las matemáticas y los fenómenos físicos. Se entiende que cuando se trabaja con situaciones reales y familiares para la profesión de ingeniero ambiental y sanitario, los estudiantes pueden relacionar e interpretar información que permite el desarrollo del pensamiento crítico y reflexivo.

Palabras-clave: Derivado. Ingeniería ambiental y sanitaria. Relación matemática y física. Enseñanza superior.

Submetido 05/06/2020

Aceito 07/08/2020

Publicado 09/08/2020

Apresentação

Este artigo trata de uma revisão de literatura com enfoque na relação da Matemática com a Física, mais especificamente, da relação da aprendizagem do conceito de derivada quando a Matemática é relacionada a fenômenos físicos e tem como objetivo sintetizar e expor pesquisas que relacionam, de alguma forma, o ensino de derivada com fenômenos físicos.

As frequentes demandas no ensino nos levam a pensar em diferentes metodologias que possibilitem ao aluno⁴ construir o processo de aprendizagem de forma contínua. As disciplinas ministradas em cursos de graduação que envolvem conceitos matemáticos são constituídas de um conjunto de conhecimentos em constante evolução. Esse processo não é diferente em relação ao conteúdo da disciplina de Cálculo Diferencial no ensino superior. Com isso, o crescente avanço nos estudos de Matemática implica mudanças de conceitos para suprir a necessidade de demandas de outras áreas como, por exemplo, a Engenharia Ambiental e Sanitária.

A necessidade de adequação da realidade torna-se essencial para que o aluno, por meio da construção de conceitos, desenvolva o pensamento lógico e abstrato, promovendo a capacidade crítica, analítica e sintética. O ensino de Cálculo Diferencial e Integral, mais precisamente o conteúdo de derivada, voltado para o desenvolvimento de processos, pode se tornar uma poderosa ferramenta na construção e reconstrução desse conceito.

Segundo Sánchez, a Matemática não deve ser ensinada de maneira expositiva, estática, transmitida de professor a um conjunto de alunos passivos. É preciso que estes participem, observem, explorem, façam conjecturas e se enfrentem com problemas que lhes interessam. O professor é um diretor da orquestra que apenas se vê, pois sugere e orienta constantemente” (Sánchez, 1996)

⁴ Neste artigo os termos aluno, estudante, aprendiz, professor e engenheiro serão usados sem nenhuma alusão a gênero.

Justificativa e definição

Para suprir uma demanda de um curso de Engenharia Ambiental e Sanitária por uma formação acadêmica – profissional mais completa, são necessárias habilidades que envolvam não somente conhecimentos técnico-científicos, mas que desenvolvam uma capacidade crítica e analítica.

Acredita-se que, quando o aluno consegue relacionar a Matemática vista na disciplina de Cálculo com fenômenos físicos presentes na profissão de um Engenheiro Ambiental e Sanitário, ele passa a apropriar-se significativamente desse conhecimento e, como consequência, uma possível redução no índice de reprovação nessa disciplina. Vergnaud (1993) afirma que é através das situações e dos problemas a resolver que um conceito adquire sentido, corroborando com nossa asserção.

Alguns estudos, como o de Rezende (2003), que trata do “fracasso” no ensino de Cálculo, elencam respostas a questionamentos referentes ao motivo de tantas reprovações. Suas pesquisas indicam que “as raízes do problema estão além dos métodos e das técnicas, sendo inclusive anteriores ao próprio espaço-tempo local do ensino de Cálculo” (Rezende, 2003, p. 4).

Nesse mesmo sentido, várias pesquisas vêm sendo realizadas, no entanto, poucas apresentam estratégias para aproximar o conteúdo de derivada com o contexto na profissão de um Engenheiro Ambiental e Sanitário. E em sua maioria, realçam problemas na aprendizagem desse conteúdo e, conseqüentemente, não conseguem relacioná-lo com outras áreas do conhecimento.

O ensino atual, independente da área de conhecimento, se caracteriza pela rapidez na busca e aplicação da informação. Não é diferente com a Engenharia, que vive em uma época de mudanças intensas com o avanço da tecnologia. A preocupação com o crescimento econômico, com questões ambientais e a necessidade de novos produtos, é parte do posicionamento de um Engenheiro Ambiental e Sanitário, tornando-as exigências implícitas na formação desse profissional. Dessa forma, é essencial que as universidades ensinem mais do que fórmulas, é necessário que se pense em ações para que sejam formados profissionais comprometidos com a sociedade.

Este artigo tem como objetivo sintetizar e comentar pesquisas que relacionam, de alguma forma, o ensino de derivada com fenômenos físicos, ou seja, buscou-se identificar investigações que aproximassem a Engenharia Ambiental e Sanitária da Matemática e Física.

A busca por pesquisas desenvolvidas na área de ensino em Engenharia foi realizada em periódicos classificados com conceito *Qualis* A e B conforme classificação da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) que coordena toda a Pós-Graduação no Brasil. Foram consultados os seguintes periódicos: *Science & Education*, *Boletim de Educação Matemática – BOLEMA*, *Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias- REIEC*, *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias – REEC*, *Boletim GEPEN*, *Revista Brasileira de Ensino Superior -REBES*, *Revista Internacional de Educação Superior*, *Revista da Educação – EDUCERE*, *Revista de Ensino de Engenharia*, *American Journal of Physics*, *International Journal of Science and Mathematics Education*, *Investigações em Ensino de Ciências*, *Educational and Technology*, *International Journal Education and Teaching- IJET*.

Considerou-se também, como fonte de análise, o Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia – COBENGE e o 1º Simpósio Nacional de Ensino de Ciências e Tecnologia, realizado em 2009 na cidade de Ponta Grossa, PR, Brasil. A escolha pelos eventos se deu pela relevância no Ensino de Engenharia, pois nesses encontros são apresentadas as principais pesquisas realizadas no ensino de Cálculo nessa área. O COBENGE é um dos mais importantes fóruns de discussão sobre a formação do engenheiro. Esse evento que tem periodicidade anual e vem sendo realizado desde 1973, tem como missão produzir mudanças para a melhoria da qualidade de ensino de Engenharia.

Foram consultados também, os periódicos *Revista Ambiente & Água: an Interdisciplinary Journal of Applied Science* e *Revista Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental* específicos da Engenharia Ambiental e Sanitária. No entanto, não foram encontradas pesquisas relacionadas ao ensino de Cálculo que estivessem de acordo com as categorias indicadas.

As produções analisadas foram divididas nas seguintes categorias: *Aprendizagem significativa no ensino superior (C₁)*; *Ensino e Aprendizagem de Cálculo Diferencial na Engenharia Ambiental e Sanitária (C₂)*; *Conhecimento prévio (C₃)* e *Relação Matemática e Física (C₄)*.

A escolha da *Categoria 1* se deu pelo fato de se ter interesse em pesquisas que apontam esforços de Instituições de Ensino Superior em organizar-se para romper o ensino compartmentado e promover uma aprendizagem baseada em fenômenos, em fatos e na solução de problemas que fazem parte do cotidiano do estudante.

Na pesquisa de tese para a qual foi feita a revisão da literatura aqui relatada tem-se uma atenção especial no ensino de Cálculo Diferencial no curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, o que justifica a escolha da *Categoria 2*. Como essa investigação está fundamentada na Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel e na Teoria dos Campos Conceituais de Gérard Vergnaud, salienta-se a necessidade de verificar estudos acerca do conhecimento prévio do estudante.

O conhecimento prévio (conceitos, proposições, imagens, símbolos...) é fundamental para a Teoria da Aprendizagem Significativa, uma vez que se constitui como determinante no processo de aprendizagem, o que justifica a escolha da *Categoria 3*. Essa pesquisa busca encontrar relações entre a Matemática e a Física, para promover a aprendizagem significativa, dessa forma acredita-se que a procura por estudos relacionados a essa associação seja necessária, o que explica a escolha pela *Categoria 4*.

A busca de produções nacionais e internacionais ocorreu inteiramente de forma digital contemplando artigos entre os anos de 2007 a 2019. No entanto, apesar do esforço na análise das produções, admite-se a possibilidade de que existam algumas falhas no processo de garimpo. Embora tenham sido priorizados trabalhos dos últimos anos, em alguns casos, artigos anteriores serão mencionados com o objetivo de melhor situar a pesquisa.

Os termos usados na busca nos periódicos são equivalentes às nomenclaturas das categorias, sendo essas consideradas critérios de elegibilidade para a seleção final dos trabalhos. Primeiramente, foi analisado o título do artigo, seguido da leitura do resumo e posteriormente analisou-se cada texto completo a fim de relacionar os pontos em comum.

Durante o processo de investigação, foram encontrados 131 trabalhos de pesquisa potencialmente elegíveis (considerando somente o título do trabalho), relacionados com as categorias descritas. Todavia, desse total foram selecionados 32 artigos de pesquisa que contemplaram pelo menos uma das categorias descritas anteriormente. A escolha por esses 32 trabalhos se deu por uma leitura minuciosa dos textos que indicaram maior relação com os critérios escolhidos.

Adotou-se como critérios de exclusão os resumos que não estavam relacionados com a aprendizagem significativa no ensino superior, com o ensino de Cálculo, com o conhecimento prévio e a relação da Matemática com a Física, bem como os textos completos que também não se encaixavam nesses critérios. O foco de escolha dos artigos convergiu para as pesquisas que corroboram para o Ensino de derivada no curso superior. Os artigos selecionados estão descritos no Quadro 1.

Quadro 1- Artigos selecionados que indicaram maior relação com os critérios estabelecidos

Categoria: Aprendizagem Significativa no Ensino Superior		
Revista	Título	Autor/Local/Ano
Investigações em Ensino de Ciências V.15 p.403-425	<i>Aprendizagem significativa em atividades de modelagem matemática: uma investigação usando mapas conceituais</i>	Lourdes M. Werle de Almeida Maria L. de Carvalho Fontanini Matemática, Brasil, 2010
Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias V.05 nº02 p.12-19	<i>As atividades de investigação no Ensino de Ciências na perspectiva da teoria da Aprendizagem Significativa</i>	Andréia de Freitas Zompero Carlos Eduardo Laburú Física, Brasil, 2010
Science & Education V.16 nº03 p.709-721	<i>O que pensam os professores sobre a função da aula expositiva para a Aprendizagem Significativa</i>	Jesuina Lopes de Almeida Pacca Anne Louise Scarencé Física, Brasil, 2010
Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia – COBENGE Anais 2019 ISSN 2175-957-X p.1-10	<i>O ensino de funções, limites e continuidade fundamentado na aprendizagem significativa</i>	Regiane Slongo Fagundes Daniela Trentin Nava Thiago Picinini Gustavo H. Dall Posso Ensino, Brasil 2019
Boletim de Educação Matemática-Bolema V.24 nº 38 p.17-42	<i>Ensino e Aprendizagem de Equações Diferenciais com abordagem gráfica, numérica e analítica: uma experiência em cursos de Engenharia</i>	Maria Madelena Dullius Ives Solano Araújo Eliane Angela Veit Ensino, Brasil, 2011
International Journal – Education and Teaching – IJET V.01 nº02 p.1-22	<i>Perspectives in the calculus teaching in a environmental engineering course</i>	Adriana Richit Luciane Ferreira Mocrosky Matemática, Brasil, 2018
Revista Internacional de Educação Superior V.4 nº1 p.221-233	<i>Gamificação como um processo de mudança no estilo de ensino aprendizagem no ensino superior: um relato de experiência</i>	Thais B. Oliveira Frageli Fisioterapia, Brasil, 2018
Categoria: Ensino de Cálculo Diferencial na Engenharia Ambiental e Sanitária		
Boletim de Educação Matemática – Bolema V.31 nº57 p.158-180	<i>Conexiones Intramatemáticas y Extramatemáticas que se producen al Resolver Problemas de Cálculo en Contexto: un Estudio de Casos en el Nivel Superior</i>	Crisólogo Dolores Flores Javier García-García Matemática, Brasil, 2017
Revista de Ensino de Engenharia V.39 nº2	<i>Aprendizagem Significativa e a estratégia do uso de mapas conceituais no ensino de Cálculo Diferencial no curso de bacharelado em</i>	André Ricardo Lucas Vieira Pedro Paulo Souza Rios



	<i>Engenharia Elétrica</i>	Educação, Brasil, 2019
Revista de Ensino de Engenharia V.38 nº01 p.81-91	<i>Novas tendências de aprendizagem em Engenharia: o aluno como protagonista na produção do conteúdo curricular na disciplina de cálculo diferencial e integral</i>	Gilselene Garcia Guimarães Educação, Brasil, 2019
Boletim de Educação Matemática – Bolema V.27 nº45 p.281-302	<i>Algunos indicadores del desarrollo del esquema de derivada</i>	Glória Sánchez M. Garcia Mercedes García Blanco Salvador Llinares Ciscar Facultad Ciencias de la Educación. Departamento Didáctica de las Matemáticas Sevilla, España, 2013
I Simpósio Nacional de Ensino de Ciência e Tecnologia ISBN978-85-70140487 p.910-917	<i>Dificuldades na aprendizagem de Cálculo Diferencial e Integral na Educação Tecnológica: proposta de um Curso de Nivelamento</i>	Franciele Buss Frescki Priscila Pigatto Brasil, 2009
Boletim Gepem Nº59 p.15-33	<i>Dificuldades na aprendizagem de cálculo: o que os erros podem informar</i>	Marcelo Cavasotto Lori Viali Física, Brasil, 2011
REBES - Rev. Brasileira de Ensino Superior V.02 nº01 p.64-74	<i>Dificuldades de aprendizagem matemática de alunos ingressantes na educação superior</i>	Wilson de Jesus Masola Norma Suely Gomes Allevato Matemática, Brasil, 2016
Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia- COBENGE 2013 Anais 2013 ISSN2175-957X - p.1-12	<i>Um mapa do ensino de cálculo nos últimos 10 anos do Cobenge</i>	Julia Schaetzle Wrobel – Marcus Vinicius Casoto Zeferino Teresa Cristina Janes Carneiro Matemática, Brasil, 2013
Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias Año 4 nº01	<i>Aprender Matemática en la Universidad: la perspectiva de estudiantes de primer año</i>	Ana Rosa Corica Matemática, Argentina, 2009
Boletim de Educação Matemática – Bolema V.28 nº48 p.449-468	<i>Una Introducción a la derivada desde la Variación y el Cambio: resultados de una investigación con estudiantes de primer año de la universidad</i>	Silvia Vrancken Adriana Engle Matemática, Argentina, 2014
Boletim de Educação Matemática – Bolema V.30 nº54 p.265-286	<i>The Mathematical Work with the Derivative of a Function: Teachers' Practices with the Idea of "Generic"</i>	Monica Panero Ferdinando Arzarello Cristina Sabena Matemática, Itália, 2016
Categoria: Conhecimento prévio		
EDUCERE: Revista de Educação V.7 nº01 p.63-76	<i>Mapa conceitual: abordagem da aprendizagem significativa</i>	André Estevam Jaques, Juliano Yasuo Oda Celia Macoein Gomes/ Enfermagem Fisioterapia Pedagogia Brasil, 2007
Investigações em Ensino de Ciências V.19 nº03 p.625-642	<i>Ensinando e Investigando o uso de mapas conceituais como recurso didático facilitador da aprendizagem significativa em Ciências Naturais no Ensino Fundamental</i>	Felipa Pacífico Ribeiro de Assis Silveira, Ciências Naturais, Brasil, 2015
	<i>Investigando as Concepções Prévias dos Alunos</i>	Marjúnia Edita Zimmer Klein;



Boletim de Educação Matemática – Bolema V.24 n°38 -p.43-73	<i>do Segundo Ano do Ensino Médio e seus Desempenhos em alguns Conceitos do Campo Conceitual da Trigonometria</i>	Sayonara S. Cabral da Costa Matemática, Brasil, 2011
Science & Education V.16 n°03 p.667-677	<i>Como novos conhecimentos podem ser construídos a partir dos conhecimentos prévios: um estudo de caso.</i>	Francimar Martins Teixeira, Ana Carolina Moura Bezerra Sobral/ Psicologia e Pedagogia, Brasil, 2010.
Fifth International Conference on Concept Mapping/Quinto Congreso Internacional Sobre Mapas Conceptuales Malta Sept. 17-20, 2012 V.1-p.9-16	<i>Analisis del contenido y la estructura de las representaciones a partir de mapas conceptuales</i>	María-Eugenia Salamanca- Avila, Cécile Vander Borghet, Mariane Frenay. Biologia Universidade Católica de Lovaina Bélgica, 2012
Fifth International Conference on Concept Mapping/Quinto Congreso Internacional Sobre Mapas Conceptuales Malta Sept. 17-20, 2012 – V.1-p.97-104	<i>Concept mapping and text writing as learning tools in problem-oriented Learning</i>	Bärbel Fürstenau, Lenie Kneppers, Rijkje Dekker Universidade de Amsterdã Malta, 2012
Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia- COBENGE ISSN 2175 – 957X	<i>O impacto do cálculo diferencial e integral nos alunos ingressantes dos cursos de Engenharia</i>	Priscila Pigatto Gasparin Pedro Elton Weber Liliane Hellmann André Sandmann Marlene Donel Shiderlene Vieira de Almeida– Brasil, 2014
International Journal of Science and Mathematics Education V.13,p.1305-1329	<i>Developing pre-service teachers' noticing of students' understanding of the derivative concept</i>	Gloria Sánchez-Matamoros, Ceneida Fernández Salvador Llinares Ministry of Science and Technology, Taiwan 2014
Revista de Ensino de Engenharia Vol.31 n°1 p.24-30	<i>Investigando os conhecimentos prévios dos alunos de Cálculo do Centro Universitário UNIVATES</i>	Márcia Jussara Hepp Rehfeldt Cristiane Antonia H. Nicolini Marli Teresinha Quartieri Ieda Maria Giongo Educação, Brasil, 2012
Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias V.11 n°01 p.40-52	<i>Investigação da transferência de significados na abordagem da aprendizagem significativa utilizando atividades investigativas</i>	Andréia de Freitas Zompero; Helenara R. Sampaio; Karen Mayara Vieira Matemática, Brasil,2016
Categoria: Relação Matemática e Física		
Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias V.12 n°1 p.209-233	<i>Estudo exploratório sobre as relações entre conhecimento conceitual, domínio de técnicas matemáticas e resolução de problemas em estudantes de licenciatura em Física</i>	Ana Raquel Pereira de Ataíde Ileana María Greca Dep.Física Espanha, 2013
Science & Education V.15 n°01 p. 129-138	<i>Explorando conteúdos matemáticos a partir de temas ambientais</i>	Maria Beatriz Ferreira Leite Denise H. Lombardo Ferreira Cintia Rigão Srich Matemática, Brasil, 2009



American Journal of Physics V.1868 p.070004-1 070004-7	<i>Problem solving based learning model with multiple representations to improve student's mental modelling ability on physics</i>	Hasnawati Haili Johar Maknun Parsaoran Siahaan Department of Physics Education, Indonesia University of Education, Bandung Indonésia, 2017
Science & Education V.22 n°6 p.1405-1421	<i>Epistemic Views of the Relationship Between Physics and Mathematics: Its Influence on the Approach of Undergraduate Students to Problem Solving</i>	Ana Raquel Pereira de Ataíde Ileana Maria Greca Departamento de Didácticas Específicas Espanha.2017

Fonte: Autores, 2020

Artigos

Os artigos selecionados destacam aspectos importantes que foram julgados pertinentes com o objetivo da pesquisa de tese para a qual foi feita esta revisão de literatura. Essa análise foi dividida por eixos, tendo como referência as categorias que nortearam a busca nos periódicos. Os eixos de análise foram divididos com base nas categorias propostas: *Aprendizagem Significativa no Ensino Superior; Ensino e Aprendizagem de Cálculo Diferencial na Engenharia Ambiental e Sanitária; Conhecimento prévio e Relação da Matemática e Física*. Ao final, foram destacadas as principais contribuições para o ensino do conceito de derivada.

Aprendizagem significativa no Ensino Superior

A preocupação com o ensino e a aprendizagem no ensino superior vem crescendo de forma significativa, tornando necessária a busca por novas estratégias. A pesquisa realizada por Costa e Moreira (2001) teve como objetivo trabalhar com atividades que enfocassem o conhecimento do conteúdo específico, da lógica e de estratégias específicas para resolver as situações apresentadas, foi aplicada a acadêmicos do 3º semestre dos cursos de Engenharia e de Física. As atividades apresentadas por Costa e Moreira foram sistemáticas e por meio de aulas expositivas, exemplos de situações práticas e sessões de resolução de problemas em pequenos grupos, de dois a quatro alunos, assistidas pelo professor. Os autores consideraram que a generalização pode ser obtida de um ou de poucos exemplos e a partir da experiência, o que vem ao encontro da pesquisa de tese que está sendo desenvolvida.

Na investigação realizada por Almeida & Fontanini (2010) se buscou, no uso de mapas conceituais, indícios de aprendizagem significativa. A pesquisa foi aplicada a alunos de um curso superior de Tecnologia em Manutenção Mecânica durante as disciplinas de Fundamentos de Matemática e de Cálculo Diferencial e Integral I ao longo do desenvolvimento de atividades de modelagem matemática para verificar indícios de aprendizagem significativa.

Para tanto, os autores desenvolveram uma proposta pedagógica com alunos matriculados nessas disciplinas, com o objetivo de buscar relações presentes na estrutura cognitiva dos estudantes em relação à modelagem matemática. Segundo Ausubel (1963), a interação entre novos significados potenciais e ideias relevantes na estrutura cognitiva do aprendiz dá origem à captação de significados contextualmente aceitos. Almeida & Fontanini (2010) observaram a interação entre esses novos significados potenciais e ideias relevantes na estrutura cognitiva do aprendiz, mostrando indícios de uma aprendizagem significativa. Além do uso de mapas conceituais, utilizou-se atividades de modelagem matemática a fim de diagramar a estrutura cognitiva com o objetivo de qualificar o ensino e diminuir o processo de evasão nos cursos superiores.

Ainda, com proposta metodológica semelhante, Vieira & Rios (2019) propuseram a utilização de mapas conceituais no ensino da disciplina de Cálculo para alunos do curso de bacharelado em Engenharia Elétrica. Após a construção dos mapas conceituais, os autores selecionaram dois alunos em níveis diferentes para uma avaliação qualitativa. Perceberam que a construção de mapas conceituais, além de permitir ao aluno a visualização de algumas relações que eram ou não estabelecidas entre os conceitos existentes na estrutura cognitiva, ainda possibilita ao professor identificar conceitos e relações errôneas formadas pelos alunos e, dessa forma, orientar a sua prática pedagógica.

Na pesquisa de tese para a qual foi feita a revisão da literatura aqui relatada, utilizou-se dois momentos para mapear relações existentes na estrutura cognitiva. Primeiramente, recorreu-se à construção de Mapas Mentais Livres e Mapas Mentais Direcionados. Segundo Stefenon, Moreira & Caballero (2019), estes mapas são adequados à organização inicial de ideias, para verificar de que forma a relação entre Matemática e a Física é percebida pelos estudantes. Para finalizar a coleta dos dados, assim como Vieira & Rios (2019), utilizou-se a

construção de mapas conceituais, que serão descritos no trabalho de tese que está sendo desenvolvido.

Almeida e Fontanini (2010) desenvolveram atividades relacionadas com situações-problema ligadas ao curso dos alunos, ou vivenciadas por eles em seu dia a dia com a finalidade de favorecer condições necessárias à aprendizagem significativa. As informações que Almeida e Fontanini (2010) obtiveram no decorrer do desenvolvimento da pesquisa, sinalizaram que a Modelagem Matemática - como alternativa pedagógica - viabiliza a introdução e resolução de situações-problema nas aulas de Matemática.

Além de estar em sintonia com a ideia defendida na teoria de Ausubel de que situações deste tipo representam um meio que favorece a aprendizagem significativa nos estudantes, reforça a ideia de que os problemas propostos devem estar associados às atividades do cotidiano do estudante.

Costa e Moreira (2001) utilizaram atividades que enfocam o conhecimento do conteúdo específico, sendo estas sistemáticas que atentam para a aplicação do conhecimento de Física, já existente na estrutura cognitiva, na disciplina de Mecânica Geral para acadêmicos dos cursos de Engenharia e Física. Carvalho, Porto e Belhot (2001) acreditam que sem uma mudança no processo de ensino, os alunos continuarão a sair de seus cursos com dificuldades para se adaptarem às mudanças exigidas pelo mercado de trabalho. É o que se percebe quando se trata de disciplinas voltadas à Matemática, mais especificamente ao Cálculo Diferencial, no qual as dificuldades existentes no início do curso de graduação, quando não minimizadas, vão refletir em disciplinas mais específicas e conseqüentemente na carreira profissional do aprendiz.

Acredita-se que o conteúdo de Cálculo⁵, tão temido pelos estudantes, quando relacionado a fenômenos físicos tende a aproximar o aprendiz de situações reais e facilitar a aprendizagem, sendo essa uma estratégia eficiente nos cursos de Engenharia.

Preocupações desse gênero vêm sendo alvo de pesquisas relacionadas com o ensino de Cálculo, é o que mostra a pesquisa realizada por Richit & Mocrosky (2018) intitulada *Perspectives in the calculus teaching in an environmental engineering course*. As autoras analisaram as diretrizes curriculares de um Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária de uma Universidade Pública na região Sul do Brasil, aplicaram questionários a estudantes

⁵ Aqui referindo-se à disciplina de Cálculo Diferencial e Integral

matriculados na disciplina de Cálculo Diferencial e Integral e examinaram situações problemas exploradas nessa disciplina.

As pesquisadoras perceberam que, para os estudantes, a dimensão que se sobressai diz respeito à resolução de problemas específicos da área. Richit & Mocrosky (2018) constataram que os estudantes ainda não vislumbraram de maneira concreta a presença do Cálculo na sua formação. As mesmas ressaltam a necessidade de mudanças tanto na proposta curricular como nas práticas de sala de aula, de modo que os estudantes possam vivenciar tais conceitos em diferentes situações.

Acredita-se que, por meio de situações que fazem parte do cotidiano da profissão do Engenheiro Ambiental e Sanitário, o estudante consiga fazer essa relação do conteúdo, mais especificamente da derivada, com sua formação profissional e dessa forma facilitar a aprendizagem.

Do mesmo modo, se faz necessário conhecer as Teorias de Aprendizagem para desenvolver a melhor estratégia de ensino. Carvalho, Porto e Belhot (2001) em sua pesquisa intitulada *Aprendizagem Significativa no Ensino de Engenharia*, abordam a importância do conhecimento das Teorias de Aprendizagem no ensino e salientam que a Engenharia é uma área importante no desenvolvimento econômico e social, por essa razão precisa passar por mudanças e aprimorar a forma de como são formados os profissionais.

Ainda, Moreira (1999) afirma que a estrutura cognitiva é entendida como o conteúdo total de ideias de um indivíduo e sua organização em uma área particular do conhecimento, e destaca a maneira como esta estrutura interfere na aprendizagem. Assim, é necessário que o ensino seja organizado, proporcionando a reorganização do conhecimento do aprendiz, visando uma maior aproximação ao conhecimento científico. Essa estruturação deve ser construída ao longo de toda a vida escolar do indivíduo, tornando-se mais específica na graduação. Cabe ao professor, oferecer estratégias para que a aprendizagem aconteça de forma natural e contínua, tornando-se significativa.

Em virtude disso, há um interesse por parte dos professores, em buscar novas estratégias que promovam mudanças na prática de sala de aula. É o que se pode perceber na pesquisa realizada por Pacca e Scarinci (2010) intitulada *O que pensam os professores sobre a função da aula expositiva para a aprendizagem significativa*.

Nesse estudo dez professores de Física do ensino médio participaram de um programa de formação contínua, em que cada um deveria definir um objetivo de ensino e elaborar um planejamento de aula que levasse o aluno à compreensão dos conceitos. A pesquisa constatou que existe um pré-conceito dos professores em relação ao uso do giz e lousa, indicando uma ideia distorcida em relação à aula expositiva. Tais professores acreditavam que em uma aula expositiva a interação e participação do aprendiz não aconteceria. No entanto, ao concluir a pesquisa, perceberam que a interação entre professor e aluno na construção do conhecimento, desempenha um grande papel no processo de aprendizagem.

Em sua pesquisa denominada *Gamificação como um processo de mudança no estilo de ensino aprendizagem no ensino superior: um relato de experiência*, a estratégia buscada por Frageli (2018) mostra que é possível diversificar práticas pedagógicas que favoreçam a aprendizagem. A autora desenvolveu três jogos que foram utilizados em sala de aula em uma turma do curso de Fisioterapia, dentro do planejamento da disciplina.

Acredita-se que esse tipo de atividade pode ser estendida para cursos da área tecnológica, como é o caso do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária. Conforme relato da autora, foi uma estratégia que motivou os alunos, que se mostraram participativos e interessados na continuidade dos estudos. Segundo Ausubel (1963) um dos fatores que contribui para uma aprendizagem significativa, é a predisposição do estudante em aprender.

Os trabalhos de Dullius, Araújo & Veit (2011) denominado *Ensino e Aprendizagem de Equações Diferenciais com abordagem gráfica, numérica e analítica: uma experiência em cursos de Engenharia* e o de Fagundes, Nava, Picinini & Dal Posso (2019) intitulada *O ensino de funções, limites e continuidade fundamentado na aprendizagem significativa* não estão alinhados diretamente com a construção do conceito de derivada, mas mostram a importância de as atividades propostas estarem vinculadas com a área de conhecimento dos estudantes.

Dullius, Araújo & Veit (2011) desenvolveram uma pesquisa com alunos dos cursos de Química e Engenharias com uma proposta focada na solução de situações-problema envolvendo equações diferenciais com o auxílio de recursos computacionais. Dessa forma os estudantes puderam visualizar as aplicações e implicações dos aspectos teóricos no qual estavam vinculados.

Fagundes, Nava, Picinini & Dal Posso (2019) utilizaram, como proposta metodológica, problemas de modelagem diretamente relacionados com o perfil dos estudantes dos cursos de Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia e concluíram que ao apresentar situações do cotidiano do aluno conseguiram perceber mudanças no processo de aprendizagem fazendo com que o aluno seja mais ativo na construção do seu conhecimento e, dessa forma, facilite a aprendizagem significativa.

O estudo realizado por Zompero & Laburú (2010) intitulado *As atividades de investigação no Ensino de Ciências na perspectiva da Teoria da Aprendizagem Significativa*, apresenta uma reflexão sobre a Teoria da Aprendizagem Significativa vinculada às atividades de investigação no ensino de Ciências e estabelece uma aproximação entre ambas. Os autores apresentam algumas características pertinentes às atividades de investigação no ensino, as quais se referem à Aprendizagem Significativa, como o engajamento do estudante, a emissão de hipóteses, a resolução de problemas, dentre outras, e ressaltam a proximidade entre tais atividades e a teoria mencionada.

Para Moreira (2009), a mediação no processo de assimilação no ensino-aprendizagem de significados é feita pelo professor; a aprendizagem, o ensino e o desenvolvimento cognitivo são relacionados com a interação social, na qual todos os envolvidos devem expressar, e terem possibilidades de expressar, suas ideias.

Pode-se observar que várias investigações vêm acontecendo para entender o processo de ensino e aprendizagem, no qual se pode perceber metodologias preocupadas em explorar situações-problema referentes ao cotidiano dos estudantes para verificar indícios de aprendizagem significativa. No entanto, não foram encontradas pesquisas relacionadas diretamente com o ensino de Cálculo no curso de Engenharia Ambiental e Sanitária.

Ensino de Cálculo Diferencial na Engenharia Ambiental e Sanitária

A literatura que aborda o Ensino de Cálculo Diferencial na Engenharia Ambiental e Sanitária, em comparação com outros temas de interesse da pesquisa nesta área, é quantitativamente modesta, mas versa uma constante busca pela reestruturação no ensino de Cálculo Diferencial e Integral, que é alvo de várias pesquisas com o intuito de mapear as dificuldades dos alunos ao ingressarem no ensino superior. Pode-se verificar esse movimento

no trabalho de Sánchez, García y Llinares (2013) intitulado *Algunos indicadores del desarrollo del esquema de derivada de una función*, que estuda o avanço na compreensão do conceito de derivada por meio do desenvolvimento de um esquema com três fases: intra, inter e trans, com base na teoria de Piaget y Garcia (1982). Tal estudo verificou que a aprendizagem do conceito de derivada está ligada à capacidade dos alunos para relacionar elementos constituintes do conceito durante a realização de problemas.

Ainda, segundo Sánchez, García y Llinares (2013), as dificuldades dos estudantes em relacionar os modos de representação gráfica e analítica são revelados quando em contextos gráficos, uma vez que os alunos solicitam a expressão analítica da função a fim de resolver certas questões.

Outros estudos como, por exemplo, o realizado por Cavasotto & Viali (2011), apontam dificuldades na aprendizagem encontradas na disciplina de Cálculo, principalmente no conceito de derivada, que é o foco dessa investigação. A pesquisa realizada pelos autores mostrou que muitas lacunas oriundas do ensino básico provêm da falta de interesse dos estudantes. O estudo foi realizado com 95 estudantes de um curso de Engenharia e buscou refletir sobre as dificuldades e proporcionar reflexões acerca de modalidades de apoio ao ensino de Cálculo.

Em consonância, a pesquisa realizada por Wrobel, Zeferino e Carneiro (2013), e divulgada no Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia, aponta uma preocupação quanto ao ensino de Cálculo e revela um mapeamento desse ensino nos cursos de Engenharia nos últimos dez anos (2003 a 2012). Ela identifica e analisa as principais preocupações dos autores, no entanto, não indica nenhuma estratégia de ensino para minimizar as dificuldades encontradas pelos estudantes.

Para Malta (2004) as preocupações das pesquisas em Educação Matemática no ensino superior, principalmente para as disciplinas iniciais dos cursos da área das Ciências Exatas se dá pelo alto índice de reprovações. O fracasso no ensino de Cálculo não se restringe ao Brasil, Rezende (2003) enumera dois autores que corroboram para esse fato. O primeiro é a pesquisa de David Tall (1976), um dos principais articuladores de pesquisas voltadas ao pensamento matemático avançado, cujas questões permeiam em torno das dificuldades no ensino e aprendizagem dos conceitos básicos de Cálculo. Já o segundo, foi o movimento iniciado na

década de 80, conhecido por *Calculus Reform*, (movimento em prol da reforma do ensino de Cálculo).

Além dos estudos apresentados, temos o de Panero, Arzarello & Sabina (2016) que desenvolveram sua pesquisa em uma escola na cidade de Piemonte (Itália) com alunos da 13ª série. O estudo teve como objetivo investigar o processo através do qual a função derivada é introduzida, a partir da definição do método da derivada em um ponto específico, além de analisar o papel do professor na gestão desse processo.

Os autores realizaram a coleta dos dados em 3 momentos: entrevista preliminar com professores, observações nas aulas de cada professor e atividades com os alunos, nas quais apresentaram problemas adequadamente projetados na derivada para serem resolvidos em grupo. Esse trabalho revelou que para verificar os conhecimentos prévios é necessário não apenas uma escolha adequada dos recursos utilizados, mas possivelmente a ativação combinada, a fim de chamar a atenção dos alunos para a perspectiva desejada. Fica claro que essa preocupação em verificar os subsunçores existentes na estrutura cognitiva dos alunos não fica restrita ao ensino superior, pois deve-se a todo o momento criar meios de facilitar o ensino e aprendizagem.

Ainda, trabalhos como o de Frescki & Pigatto (2009), Cavasotto & Viali (2011), Masola & Allevato (2016) apontam dificuldades de aprendizagem de alunos ingressantes na educação superior, o que evidencia que o ensino de Cálculo, principalmente no conceito de derivada, tem motivado diversas pesquisas em todo o mundo e que o *fracasso* nessa disciplina está longe de ser um assunto recente.

Assim, evidenciam-se metodologias diferenciadas com o objetivo de sanar tais dificuldades. É o que mostra a pesquisa realizada por Frescki & Pigatto (2009), a qual traz reflexões acerca das dificuldades, tanto no ensino quanto na aprendizagem e apresenta como proposta um Curso de Nivelamento com a finalidade de auxiliar o professor e o aluno. A pesquisa concluiu que os alunos apresentam muita dificuldade na disciplina de Cálculo Diferencial por ser abstrata e não apresentar a aplicabilidade esperada no cotidiano.

Nesse sentido, é necessário que o aprendiz dê significado ao conceito de derivada. Da mesma forma, é fundamental que o aluno de um curso de Engenharia Ambiental e Sanitária consiga relacionar os conceitos matemáticos envolvidos na definição de derivada com fenômenos físicos presentes do cotidiano desse profissional.

O estudo de Flores & Garcia (2017) divulgado no artigo *Conexiones Intramatemáticas y Extramatemáticas que se producen al resolver problemas de Cálculo en Contexto: un estudio de casos en el nivel superior*, corrobora com a assertiva indicando que os alunos devem fazer conexões e relações com a Matemática. Eles apontam que os estudantes conseguem fazer essas relações ao resolver problemas matemáticos no contexto no qual estão inseridos.

Cabe salientar que essas relações, muitas vezes não compreendidas pelos estudantes, são de extrema importância, necessitando, dessa forma, de uma orientação do professor. Além disso, esse processo só é possível quando o aluno está motivado a aprender. Atualmente, observa-se, por parte dos alunos, grande desinteresse em compreender os conteúdos estudados. Os alunos estudam para passar e progredir em suas carreiras ao invés de se proporem a aprender de forma significativa. Esse fato pode-se observar na pesquisa realizada por Corica (2009), intitulada *Aprender Matemática en la Universidad: la perspectiva de estudiantes de primer año*.

Entretanto, na pesquisa realizada por Vrancken e Engle (2014), percebeu-se o oposto, os alunos mostraram-se receptivos tanto na resolução das atividades propostas quanto nas etapas de discussão. Os estudantes usaram estratégias relacionadas ao pensamento variacional, o que os motivou a mobilizarem seus conceitos, já internalizados, na estrutura cognitiva. Para Ausubel (1968, pp.37-41) o aprendiz deve manifestar uma disposição de relacionar o novo material de maneira substantiva e não-arbitrária a sua estrutura cognitiva.

No entanto, é preocupante essa busca por novas metodologias para facilitar a aprendizagem, pois segundo o trabalho desenvolvido por Guimarães (2019), denominado *Novas tendências de aprendizagem em Engenharia: o aluno como protagonista na produção do conteúdo curricular na disciplina de Cálculo Diferencial e Integral*, que teve como objetivo elencar habilidades dos discentes na intenção de desenvolver a função autônoma de protagonista de seu aprendizado, revelou que é necessária uma mudança de comportamento nos espaços acadêmicos.

A autora, indicou que embora os discentes continuem gerando muitas críticas ao tradicional modelo de ensino e aprendizagem, o que lhe confere total legitimidade, não significa dizer que os mesmos estejam preparados para assumir uma postura responsável pelo

desenvolvimento de seu aprendizado. Essa pesquisa foi realizada com 102 discentes do curso de Engenharia Civil, com o coordenador do curso e com o gestor acadêmico.

A partir do exposto, entende-se que cabe ao corpo docente de cada curso buscar autonomia para se criar uma cultura acadêmica em que o estudante se sinta responsável pelo próprio conhecimento, tornando o processo de aprendizagem enriquecedor cognitivamente e afetivamente.

A pesquisa de tese para o qual foi feita essa revisão da literatura discorre, com vista à aprendizagem do estudante, de proporcionar uma autonomia na construção do conhecimento.

Conhecimento prévio

Durante as últimas três décadas, estudos apontam para a importância dos conhecimentos prévios quando se pretende atingir uma aprendizagem significativa. Os estudos não estão restritos ao ensino superior, pois abrangem também o ensino secundário (sendo este em maior quantidade) como mostra a pesquisa de Klein e Costa (2011) intitulada *Investigando as Concepções Prévias dos Alunos do Segundo Ano do Ensino Médio e seus Desempenhos em Alguns Conceitos do Campo Conceitual de Trigonometria*.

As autoras objetivaram aplicar uma metodologia fundamentada em Teorias de Aprendizagem para promover uma aprendizagem significativa no campo conceitual da trigonometria. Klein e Costa (2011) propõem um procedimento baseado na pesquisa prévia do professor sobre as concepções que os alunos trazem sobre a trigonometria. O estudo foi realizado com 28 alunos de uma turma secundária do Ensino Médio e baseou-se nas Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) de David Ausubel e na Teoria dos Campos Conceituais (TCC) de Gérard Vergnaud.

A Teoria da Aprendizagem Significativa proposta por David P. Ausubel e continuada, interpretada e complementada por Joseph D. Novak (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1978) e D. Bob Gowin (1981 apud MOREIRA, 2006) tem, como ideia mais importante, considerar aquilo que o aprendiz já sabe.

Segundo Ausubel (1978), a Teoria da Aprendizagem Significativa pode ser resumida na seguinte proposição:

“Se tivesse que reduzir toda a psicologia educacional a um só princípio, diria o seguinte: o fator isolado mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já sabe. Averigue isso e ensine-o de acordo.”
(Ausubel, 1978, pág.IV)

Para Vergnaud, existe a premissa de que o conhecimento está organizado em campos conceituais. E, segundo ele: Campo Conceitual é um conjunto informal e heterogêneo de problemas, situações, conceitos, relações, estruturas, conteúdos e operações de pensamento conectados uns aos outros e, provavelmente, entrelaçados durante o processo de aquisição (VERGNAUD, 1982, apud MOREIRA, 2004, p. 8).

Klein e Costa (2011) conseguiram estabelecer uma convergência entre essas duas teorias de aprendizagem e concluíram que é possível afirmar que a identificação dos conhecimentos prévios e dos conhecimentos-em-ação, nas situações propostas, resultou em uma significativa mudança de postura, tanto do professor como do aluno. Stefenon, Moreira & Caballero (2019) buscaram esse conhecimento prévio por meio de um Mapa Mental Livre e um Mapa Mental Direcionado, diferentemente dos resultados obtidos por Klein e Costa (2011), que perceberam que os alunos se sentiam participantes do processo. Vários estudos vêm demonstrando que grande parte dos alunos não percebe a Matemática como uma área extremamente aplicável no cotidiano, mas sim entendem-na de forma mecânica.

Zompero, Sampaio e Vieira (2016) também preocupadas com a aprendizagem na educação básica, desenvolveram um estudo intitulado *Investigação da transferência de significados na abordagem da aprendizagem significativa utilizando atividades investigativas*. Estudo esse, aplicado a trinta e dois alunos do 6º ano do ensino fundamental com idade entre 11 e 12 anos. As autoras analisaram a transferência de significados na perspectiva de Ausubel (2000) mediante a aplicação de atividades investigativas para problemas aplicados aos estudantes.

O estudo de Zompero, Sampaio e Vieira (2016) ainda apontou que o desempenho dos estudantes no processo de transferência não depende efetivamente do acesso inicial ao conteúdo. Assim, mesmo nas atividades investigativas aplicadas com base em conteúdos em que os alunos não tiveram acesso, foi possível averiguar que eles apresentaram resultados satisfatórios.

Silveira (2015) com a pesquisa intitulada *Ensinando e investigando o uso de mapas conceituais como recurso didático facilitador da aprendizagem significativa em Ciências Naturais no ensino fundamental*, buscou compreender a contribuição do Mapa Conceitual para o processo de aquisição de conceitos científicos, atuando como recurso facilitador da aprendizagem de temas das Ciências Naturais. Com base na Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel e nos aportes teóricos de Novak e Gowin (1999), Novak (2000) e Moreira (2003) aplicou sua pesquisa a alunos da 6^a, 7^a e 8^a séries do ensino fundamental.

Os dados iniciais são provenientes da avaliação diagnóstica (AD) sobre o tema proposto para cada série, com o objetivo evidenciar os conhecimentos prévios dos alunos. A avaliação AD constituiu-se de 20 questões associadas aos indicadores de aprendizagem. Os resultados deixaram evidentes que as fragilidades e potencialidades presentes no desenvolvimento do raciocínio do aluno estavam presentes no ensino centrado na negociação de significados ao se utilizar os mapas conceituais.

Grande parte dos artigos encontrados por meio da categoria *Conhecimento Prévio* convergiu para pesquisas na área da educação básica, no entanto, foram encontradas algumas pesquisas que abordam a preocupação com a aprendizagem no ensino superior, que foi o caso do trabalho desenvolvido por Jaques, Oda e Gomes (2007).

A pesquisa conduzida por estes autores teve como objetivo demonstrar o mapa conceitual como ferramenta pedagógica que auxilia no processo de ensino-aprendizagem. Aplicada a professores e alunos de cursos de Enfermagem, Fisioterapia e Pedagogia, concluiu que o uso de mapas conceituais corrobora para que as atividades em sala de aula ocorram de forma organizada, colaborativa e integrada.

Fürstenau, Kneppers e Dekker (2012) optaram por desenvolver seu trabalho em dois momentos: realizando um teste de conhecimento antes e depois da aplicação do conteúdo, o que possibilitou realizar um mapeamento conceitual. Com a pesquisa intitulada “*Concept mapping and text writing as learning tools in problem-oriented Learning*”, os autores constataram que em ambos os estudos os grupos não diferiram significativamente nos escores pré-teste e pós-teste. No entanto, cabe salientar que o mapeamento dos conhecimentos prévios dos estudantes vem a ratificar a importância da elaboração de atividades a partir do que o estudante já sabe.

A pesquisa realizada por Salamanca-Avila, Borght & Frenay (2012) intitulada *Analisis del contenido y la estructura de las representaciones a partir de mapas conceptuales*, vem ao encontro do trabalho realizado por Stefenon, Moreira & Caballero (2019) que aborda o uso de Mapas Mentais Livres e Direcionados. Salamanca-Avila, Borght & Frenay (2012) afirmam que no processo de construção de um mapa conceitual, existem dois cenários possíveis: o indivíduo é livre para escrever os conceitos, ou parte de uma lista de conceitos entre os quais uma escolha deve ser feita. Tem-se então uma associação livre e uma seleção de conceitos, como os autores identificaram.

Salienta-se ser de extrema importância a identificação dos conhecimentos prévios dos alunos e/ou das relações que os mesmos fazem com os assuntos envolvidos nos estudos, pois segundo Salamanca-Avila, Borght & Frenay (2012) eles podem ser muito úteis na determinação de “representações preexistentes” e no monitoramento de sua evolução ao longo de um curso.

Cabe ressaltar, ainda, que essas relações devem estar associadas ao conteúdo em estudo. É função do professor intermediar e apresentar estratégias para tratar os conhecimentos prévios dos alunos, como mostra o estudo de caso apresentado por Teixeira e Sobral (2010) denominado “*Como novos conhecimentos podem ser construídos a partir dos conhecimentos prévios: um estudo de caso*”.

Deve-se considerar não só relações ligadas diretamente ao conteúdo estudado, mas também conteúdos fundamentais para que se tenha uma boa formação específica. Rehfeldt, Nicolini, Quartieri & Giongo (2012) realizaram um estudo para investigar os conhecimentos prévios por meio da problematização do currículo das disciplinas que compõem o ensino de ciências exatas.

Esse trabalho denominado *Investigando os conhecimentos prévios dos alunos de Cálculo do Centro Universitário UNIVATES*, mostrou que os alunos apresentaram maior capacidade de leitura e interpretação de gráficos, de realização de cálculo utilizando quantidades que envolvessem grandezas inversamente proporcionais. No entanto, o maior déficit foi apresentado em questões referentes às propriedades e logaritmos, em situações-problema envolvendo conceitos de trigonometria e cálculo de potência e raízes.

Percebe-se nessas pesquisas a imensa importância em investigar os conhecimentos prévios dos alunos para que o professor consiga estruturar sua metodologia, a fim de corrigir o desprovimento de conteúdos essenciais para facilitar aprendizagem significativa.

No entanto, o professor deve ser capaz de perceber os sinais de compreensão dos alunos. Pensando nisso, Matamoros, Fernández e Linares (2014) desenvolveram a pesquisa intitulada *Developing pre-service teachers' noticing of students' understanding of the derivative concept*. O trabalho examinou o desenvolvimento de capacidades de professores em identificar a compreensão dos alunos em relação ao conceito de derivada. Os autores concluíram que descrições detalhadas permitem identificar os conteúdos assimilados pelos estudantes.

A busca por pesquisas com foco nos conhecimentos prévios na área da Engenharia Ambiental e Sanitária leva a uma preocupação no sentido de que há uma certa inquietação com o grande número de reprovações e/ou desistências na disciplina de Cálculo Diferencial. No entanto, foi encontrado apenas um trabalho que relata a preocupação em avaliar os conhecimentos prévios dos estudantes de Engenharia Ambiental e Sanitária. Percebe-se que esse tipo de pesquisa fica restrito a eventos específicos da área da Engenharia não ficando evidente em periódicos de ensino.

A pesquisa apresentada por Gasparin, Weber, Hellmann, Sandmann, Donel e Almeida (2014) intitulada *O impacto do Cálculo Diferencial e Integral nos alunos ingressantes dos cursos de Engenharia* teve por objetivo identificar os conteúdos básicos de matemática que os ingressantes em cursos de Engenharia possuem. A pesquisa foi realizada com 42 alunos calouros de uma Universidade Tecnológica Federal do estado do Paraná, Brasil. A proposta foi verificar os conhecimentos prévios sobre conteúdo específico de matemática básica, importantes para o desenvolvimento da disciplina de Cálculo Diferencial e Integral.

Os autores optaram por aplicar um questionário com questões do ensino fundamental e médio. Após a aplicação do questionário foram realizadas as tabulações dos dados com os quais pode-se verificar quais os conteúdos mais marcantes e que pudessem influenciar na aprendizagem do conteúdo de Cálculo.

A pesquisa mostrou que a grande dificuldade de alunos dos cursos de Engenharia, dentre as quais encontra-se a Engenharia Ambiental e Sanitária, é a dificuldade em expressar matematicamente o raciocínio e a linguagem específica. Outra grande dificuldade

demonstrada pelos alunos foi em relação ao conteúdo de função, alicerce da disciplina de Cálculo Diferencial e Integral.

Esta pesquisa bibliográfica preocupou-se em investigar o atual cenário do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, mais especificamente, no ensino e aprendizagem do conteúdo de derivada que permeia grande parte da disciplina de Cálculo. Em virtude disso, entendeu-se que quando o aluno se identifica com situações familiares, tende a sentir uma maior motivação para o desenvolvimento das atividades.

Relação Matemática e Física

Estudos mostram que a relação da Matemática com a Física ainda é concisa. Há pesquisas que indicam essa relação, no entanto, não foram encontradas associações diretas com a Engenharia Ambiental e Sanitária.

Ataíde e Greca (2013), apontam a importância da compreensão não apenas dos conceitos e das técnicas matemáticas isoladamente, mas sim da formalização matemática ligada à construção dos conceitos para que a aprendizagem ocorra de forma significativa. Essa investigação intitulada *Estudo exploratório sobre as relações entre conhecimento conceitual, domínio de técnicas matemáticas e resolução de problemas em estudantes de licenciatura em Física*, indica uma forte relação entre a resolução de problemas e o papel da Matemática na construção do conhecimento físico. Além disso, Ataíde e Greca (2013) afirmam que nos níveis mais avançados do ensino, a necessidade de descrever os fenômenos físicos, segundo uma determinada teoria ou mesmo resolver problemas referentes a ela, requer tanto a compreensão da teoria quanto sua formulação matemática.

Hestenes (2003) acresce que os estudantes deveriam ser capazes de identificar as propriedades físicas que servem para descrever os fenômenos e relacioná-las com as variáveis quantitativas que as representam. Considerando o caráter interpretativo da Matemática e a concebendo como uma linguagem, Pietrocola, 2002, p.100 afirma que [...] *Sua maior importância está no papel estruturante que ela pode desempenhar quando do processo de produção de objetos que irão se constituir nas interpretações do mundo físico.* (Pietrocola, M. 2002, p. 100)

Nesse mesmo contexto, Leite, Ferreira e Scrich (2009) *Exploram conteúdos matemáticos a partir de temas ambientais*, relacionando conteúdo específico de matemática

com situações do dia a dia. Em sua pesquisa, os autores exploram a utilização da modelagem matemática para relacionar a Matemática com questões ambientais e apresentam três modelos de problemas, um para cada nível de ensino (superior, médio e fundamental). Os autores consideram relevante relacionar modelos matemáticos com temas ambientais, sobretudo pela importância e necessidade de formar profissionais com poder de argumentação por meio de um pensamento reflexivo e crítico.

A pesquisa realizada por Haili, Maknun e Siahaan (2017) nominada *Problem solving based learning model with multiple representations to improve student's mental modelling ability on physics* e desenvolvida no Department of Physics Education, Indonesia University of Education, Bandung, aponta que a Física está relacionada à experiência diária dos alunos. Logo, os estudantes já têm uma visualização e conhecimento prévio sobre fenômenos naturais e poderiam ampliá-lo. Por sua vez, o processo de aprendizagem em sala de aula deve ter como objetivo detectar, processar, construir e usar modelos mentais dos alunos. Acredita-se que relacionar o conhecimento prévio de fenômenos físicos com outras áreas de conhecimento facilitaria o processo de ensino e aprendizagem.

Da mesma forma, Ataíde e Greca (2012) apontam que a relação entre Matemática e Física dificilmente é apresentada com clareza. Na pesquisa realizada pelas autoras, elas examinam a construção histórica dessa relação. São apresentados resultados de um estudo empírico sobre como essas relações são percebidas entre os estudantes de graduação de um curso de Física.

Em outra publicação, Ataíde e Greca (2013) apontam para relações significativas entre o desempenho dos alunos na resolução de problemas e a visão epistêmica que eles mantêm. Redish (2005) reforçou essa ideia, enfatizando que, embora a Matemática possa ser a linguagem da ciência, “matemática em física é um dialeto distinto desse idioma”.

Para essas autoras, os alunos devem ser capazes de identificar as propriedades físicas usadas para descrever os fenômenos no processo de modelagem e relacioná-los às variáveis quantitativas que os representam, melhorando assim sua compreensão da Física e da Matemática. Seus estudos comprovaram que os alunos têm uma visão da Matemática como uma ferramenta para o estudo da Física, ao invés de encontrar uma relação estreita entre a Matemática e a Física, o que dificulta o processo de aprendizagem.

Essa estreita relação deve ser estendida para os cursos que utilizam a Matemática e a Física como instrumentos para desempenhar melhor suas tarefas.

Conclusão

No Brasil, há um déficit na formação adequada dos engenheiros (PINTO *et al.*, 2010) apesar de aperfeiçoamentos na legislação, com a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (Lei 9394/96) e com a Resolução 11/2002 do Conselho Nacional de Educação que estabeleceu as Diretrizes Curriculares Nacionais (DCN) para os cursos de Engenharia. Para formar engenheiros com conhecimento técnico, competências gerais e específicas, pensamos que uma alternativa no ensino é oportunizar condições que favoreçam uma aprendizagem significativa.

A essência do processo de aprendizagem significativa é que ideias simbolicamente expressas sejam relacionadas, de maneira substantiva (não-literal) e não-arbitrária, ao que o aprendiz já sabe, ou seja, a algum aspecto de sua estrutura cognitiva especificamente relevante (i.e., um subsunçor) que pode ser, por exemplo, uma imagem, um símbolo, um conceito ou uma proposição já significativos (AUSUBEL *et al.*, 1978, p.41).

26

Revisando a literatura, percebe-se que são poucas as pesquisas envolvendo o ensino na Engenharia Ambiental e Sanitária, necessitando uma atenção especial por parte dos professores para promover uma aprendizagem significativa nessa área.

Para Ausubel, aprendizagem significa organização e integração do material na estrutura cognitiva, onde baseia-se na premissa de que existe uma estrutura na qual a organização e a integração se processam. É a estrutura cognitiva, entendida como conteúdo de ideias de um certo indivíduo e sua organização (Ausubel, 1968, p.37-39). Poderíamos relacionar os conhecimentos prévios dos estudantes com subsunçores que segundo Ausubel (2000), são ideias que funcionam como âncora de outros conhecimentos na estrutura cognitiva e facilitam o processo de assimilação. Pode-se perceber, com essa revisão da literatura, que há pouco movimento para estabelecer estratégias de ensino de Cálculo, particularmente em cursos de Engenharia Ambiental e Sanitária; a grande maioria das pesquisas realizadas ficam no âmbito do ensino secundário. Sabe-se que a evasão e/ou reprovação é crescente,

constatando-se que mais pesquisas precisam ser realizadas para traçar mecanismos que favoreçam uma aprendizagem significativa e diminuam reprovações e evasões.

No processo de ensino e aprendizagem de Engenharia, é extremamente importante compreender de que forma o estudante se apropria do conhecimento de Cálculo. Com o avanço nas pesquisas nessa área, fica clara a necessidade de relacionar áreas de conhecimento e conceitos que podem ser construídos a partir de elementos relacionados como propriedades e experimentos (inclusive fora do contexto matemático) a fim de colaborar com o aluno para este perceber o real significado do conteúdo estudado e, por consequência, facilitar o processo de ensino e aprendizagem. Tendo em vista um aprimoramento no ensino e aprofundamento no conhecimento referente ao Cálculo, essa revisão de literatura pretendeu mostrar caminhos que indicam em quais direções as pesquisas apontam a fim de buscar soluções para o sucesso na aprendizagem do conteúdo da disciplina de Cálculo Diferencial e Integral nos cursos de Engenharia Ambiental e Sanitária.

No entanto, percebeu-se poucos estudos relacionados à construção do conceito de derivada, principalmente os que se referem ao ensino e aprendizagem em um curso de Engenharia Ambiental e Sanitária.

Após breve relato dos trabalhos selecionados, pode-se verificar na Figura 1, ações que permearam grande parte das pesquisas consultadas.

Figura 1- Ações que permearam as pesquisas



Fonte: Autores, 2020

Essas ações revelaram que as maiores preocupações no ensino superior por parte dos alunos, são as dificuldades encontradas ao ingressarem em cursos que necessitem de conteúdos de matemática básica.

Grande parte dos alunos apresentam carências quanto à formação básica, em particular as que estão relacionadas com produtos notáveis, funções e manipulações algébricas, pois ocasionam erros na resolução da atividade algébrica e geométrica.

Essas pesquisas retratam cenários em que o aluno está inserido para obterem informações que possam direcionar na busca de um possível entendimento sobre o ensino de derivada obtendo, dessa forma, indícios de aprendizagem significativa.

Diversos aspectos foram abordados em relação a metodologias e análise de situações-problema sempre com o intuito de motivar o estudante para a aprendizagem.

Na segunda categoria percorrida, Ensino de Cálculo Diferencial na Engenharia Ambiental e Sanitária, pode-se observar uma escassez em trabalhos direcionados para cursos de Engenharia Ambiental e Sanitária, em comparação com outras áreas de interesse. Desta forma, levou-se em consideração os trabalhos voltados para cursos de Engenharia, de um modo geral, pois forneceram subsídios para o desenvolvimento da pesquisa de tese para a qual essa pesquisa bibliográfica foi realizada, em uma Engenharia específica, no que se refere à construção de uma sequência didática.

Independente do referencial teórico e da metodologia de ensino utilizada pelos pesquisadores, é importante observar que todos convergiram para o mesmo propósito – ensino e aprendizagem de Cálculo – que é fundamental para estudantes que ingressam em um curso superior na área tecnológica.

A terceira categoria revela pesquisas que abordam o conhecimento prévio do estudante e percebeu-se que esse tipo de pesquisa não está restrito ao Ensino Superior. Além disso, os estudos apontam que a investigação dos conhecimentos prévios, associada à construção de Mapas Conceituais, é útil para determinar as representações preexistentes e auxiliar na composição do conteúdo. Tal fato colabora para que as atividades sejam mais organizadas, colaborativas e integradas.

Um aspecto identificado também, foi a importância de examinar o desenvolvimento da capacidade de professores em identificar a compreensão dos alunos em relação ao conceito de derivada.

Na última categoria analisada – Relação Matemática e Física – os trabalhos analisados mostraram-se preocupados em como os alunos relacionam conceitos matemáticos com a Física. Eles citam que a Física está associada às experiências diárias dos alunos, discutem



como o entendimento dessa associação influencia no entendimento dos conceitos de Física. Os autores mencionam que a resolução de problemas juntamente com a Matemática constrói uma forte relação na construção do conhecimento científico.

Os trabalhos analisados nessa revisão de literatura fazem um aparato geral sobre metodologias, obstáculos e ações para que os alunos consigam compreender de fato o conteúdo de Cálculo. No entanto, não foram encontradas pesquisas especificamente para cursos de Engenharia Ambiental e Sanitária baseadas na Teoria da Aprendizagem Significativa e na Teoria dos Campos Conceituais.

Os estudos apresentados evidenciam a necessidade de novas pesquisas como forma de investigar estratégias e alternativas para o ensino de Cálculo, principalmente do conteúdo de derivada, para que o estudante consiga compreender a relação da Matemática com fenômenos físicos. Entende-se que ao trabalhar com situações reais e familiares à profissão de Engenheiro Ambiental e Sanitário, estudantes possam relacionar e interpretar informações que possibilitem o desenvolvimento do pensamento crítico e reflexivo.

Referências

ALMEIDA, L. M., & FONTANINI, M. L. (2010). **Aprendizagem significativa em atividades de modelagem matemática: uma investigação usando mapas conceituais**. Investigações em Ensino de Ciências Vol.15, pp. 403-425.

ATAÍDE, A. R., & GRECA, I. M. **Epistemic Views of the Relationship Between Physics and Mathematics: Its Influence on the Approach of Undergraduate Students to Problem Solving**. Science & Education Vol.22 N°6, 2012, pp. 1405-1421.

ATAÍDE, A. R., & GRECA, I. M. Estudo exploratório sobre as relações entre conhecimento conceitual, domínio de técnicas matemáticas e resolução de problemas em estudantes de licenciatura em Física. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias Vol. 12 N°1, 2013, pp. 209-233.

AUSUBEL, D. **The psychology of meaningful verbal learning**. New York: Grune&Stratton. 1963.

AUSUBEL, D. **Educational psychology: A cognitive view**. Nova York: Holt, Rinehart and Winston Inc.1968.

AUSUBEL, D. **Psicologia educativa: Un punto de vista cognoscitivo**. México: Trillas. 1978.

AUSUBEL, D., NOVAK, J. D., & HANESIAN, H. **Educational psychology: A cognitive view** 2nd ed. New York: Holt Rinehart and Winston.1978.



BRASIL. (20 de fevereiro de 2020 de 8 jan. 1997a). Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nº6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, revoga a Lei nº6.528, de 11 de maio de 1978, e dá outras providências. Fonte: Diário Oficial da União: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/111445.htm>. Acesso em: 20 fev. 2020

BRASIL/MEC/CNE/CES. (9 de abril de 2002). Resolução CNE/CES nº11, de 11 de março de 2002. Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia. Brasília, DF, Brasil: Diário Oficial da União.

FRESCKI, F. B., & PIGATTO, P. I Simpósio Nacional de Ensino de Ciências e Tecnologia. **Dificuldades na aprendizagem de cálculo diferencial e integral na educação tecnológica: proposta de um curso de nivelamento.** 2009

CAVASOTTO, M., & VIALI, L. **Dificuldades na aprendizagem de cálculo: o que os erros podem informar.** Boletim Gepem Nº59, 2011, pp. 15-33.

CARVALHO, A.C.; PORTO, A.J.V. & BELHOT, R.V. **Aprendizagem Significativa no Ensino de Engenharia.** Revista Produção. V.11 n.1,2001, pp. 81-90.

CORICA, A. R. **Aprender matemática en la Universidad: la perspectiva de estudiantes de primer año.** Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias Año 4. N.1, 2009, pp. 10-28.

COSTA, S. S., & MOREIRA, M. A. **Resolução de Problemas II: propostas de metodologias didáticas.** Cad. Cat. Ens. Física V.18 nº3, 2001, 263-277.

DULLIUS, M. M., ARAÚJO, I. S., & VEIT, E. A. **Ensino e Aprendizagem de equações diferenciais com abordagem gráfica, numérica e analítica: uma experiência em cursos de Engenharia.** Bolema Vol.24 Nº38, 2011, pp. 17-42.

FAGUNDES, R. S., NAVA, D. T., PICININI, T., & POSSO, G. D. Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia - COBENGE. **O ensino de funções, limites e continuidade fundamentada na aprendizagem significativa.** 2019. Anais do Congresso.

FLORES, C. D., & GARCIA-GARCIA, J. **Conexiones Intramatemáticas y Extramatemáticas que se producen al resolver problemas de cálculo en contexto: Un estudio de casos en el nivel superior.** Bolema Vol.31 Nº 57, 2017, pp. 158-180.

FRAGELI, T. B. **Gamificação como um processo de mudança no estilo de ensino aprendizagem no ensino superior: um relato de experiência.** Revista Internacional de Educação Superior Vol.4 Nº1, 2018, pp. 221-233.

FÜRSTENAU, B., KNEPPERS, L., & DEKKER, R. Concept mapping and text writing as learning tools in problem-oriented. Educational Technology, 2012, pp. 9-16.

GASPARIN, P. P., WEBER, P. E., HELLMANN, L., SANDMANN, A., & DONEL. Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia - COBENGE. **O impacto do cálculo diferencial e integral nos alunos ingressantes dos cursos de Engenharia.** Anais do evento, 2014.



GUIMARÃES, G. G. **Novas tendências em Engenharia: o aluno como protagonista na produção do conteúdo curricular na disciplina de cálculo diferencial e integral.** Revista de Ensino de Engenharia Vol. 38 N°1, 2019, pp. 81-91.

GOWIN, D.B. **Educating.** Ithaca, N.Y.: Cornell University Press. 1981.

HESTENES, D. **Reforming the mathematical language of physics.** *American Journal of Physics*, 2003, pp. 104-121

HAILI, H., MAKUN, J., & SIAHAAN, P. **Problem Solving Based Learning Model with Multiple Representations to Improve Student's Mental Modelling Ability on Physics.** American Institute of Physics. 2017. V.1868(1).

JAQUES, A. E., ODA, J. Y., & GOMES, C. M. **Mapa conceitual: abordagem da aprendizagem significativa.** EDUCERE- Revista de Educação Vol.7 N°1, 2007, pp. 63-76.

KLEIN, M. E., & COSTA, S. S. **Investigando as concepções prévias dos alunos do segundo ano do ensino médio e seus desempenhos em alguns conceitos do campo conceitual da trigonometria.** Bolema Vol.24 N° 38, 2011, pp. 43-73.

LEITE, M. B., FERREIRA, D. H., & SCRICH, C. R. **Explorando conteúdos matemáticos a partir de temas ambientais.** Science & Education Vol.15 N°1, 2009, pp. 129-138.

MALTA, I. Linguagem, leitura e matemática. In: Cury, H. N. (Org.) **Disciplinas matemáticas em cursos superiores: reflexões, relatos, propostas** – Porto Alegre/RS: EDIPUCRS, 2004. p. 44-45.

MASOLA, W. d., & ALLEVATO, N. S. **Dificuldade de aprendizagem matemática de alunos ingressantes na educação superior.** REBES- Revista Brasileira de Ensino Superior Vol.2 N°1, 2016, pp. 64-74.

MATAMOROS, G. S., FERNÁNDEZ, C., & LLINARES, S. **Developing pre-service teachers 'noticing of students' understanding of the derivative concept.** International Journal of Science and Mathematics Education.13, 2014, pp. 1305-1329.

MOCROSKY, L. F., & RICHIT, A. **Perspectives in the calculus teaching in a environmental engineering course.** International Journal Education and Teaching - IJET Vol.1 N°2, 2018, pp. 1-22.

MOREIRA, M. A. **Teorias de aprendizagem.** São Paulo: EPU, 1999.

MOREIRA, M. A. **La investigación en educación en Física: una visión personal.** Revista de Enseñanza de la Física, v. 16, p. 27-34, 2003.

MOREIRA, M. A. (Org.) **La teoría de los campos conceptuales de Vergnaud, la enseñanza de las ciencias y la investigación en el área.** Porto Alegre: Instituto de Física da UFRGS.2004.

MOREIRA, M. A. **A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula.** Brasília: Editora da UnB. 2006.

MOREIRA, M. A. **O modelo padrão da Física de Partículas.** Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 31, 2009, p. 1306.

NOVAK, J.; GOWIN D.B. **Aprender a Aprender**. 2ª ed. Lisboa: Plátano Edições Técnicas. 1999.

NOVAK, J. A demanda de um sonho: a educação pode ser melhorada. In J. Mintzes, J. Wandersee & J. Novak (Eds.) **Ensinando Ciências para a Compreensão - uma visão construtivista**. 2.000, pp. 22-43. Lisboa: Plátano Edições Técnicas.

PACCA, J. L., & SCARENCE, A. L. **O que pensam os professores sobre a função da aula expositiva para a aprendizagem significativa**. *Science & Education* Vol.16 N°3, 2010, pp. 709-721.

PANERO, M., ARZARELLO, F., & SABENA, C. **The Mathematical work with the derivative of a function: teachers' practices with the idea of "generic"**. *Bolema* Vol. 30 N°54, 2016, pp. 265-286.

PIAGET, J., & GARCÍA, R. **Psicogénesis e Historia de la Ciencia**. México: Siglo Veintiuno Editores, 1982.

PINHEIRO, T. F., ALVES, J. I., & PIETROCOLA, M. Modelização de variáveis: uma maneira de caracterizar o papel estruturador da Matemática no conhecimento científico. Em M. P. (Org.), **Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora**. 2002, pp. 33-52. Florianópolis: Editora da UFSC.

PINTO, P. et al. Reflexões sobre a prática docente no ensino de engenharia. In: Pinto, D.P. et al. (org) **Em engenharia: evolução, bases, formação**. Juiz de Fora: Fórum Mineiro de Engenharia de Produção, 2010. P.109-115

REDISH E., **Problem Solving and the Use of Math in Physics Courses**. Invited Talk Presented at the Conference, World View on Physics Education, In 2005: Focusing on Change, Delhi, August 21-26, 2005. To Be Published in the Proceedings, Web Access: http://www.eric.ed.gov/ericdocs2/content_storage_01/0000000b/80/33/E7/Bf.Pdf, in April 2019.

REHFELDT, M. J., NICOLINI, C. A., QUARTIERI, M. T., & GIONGO, I. M. **Investigando os conhecimentos prévios dos alunos de cálculo do Centro Universitário - UNIVATES**. *Revista de Ensino de Engenharia* Vo.31 N°1, 2012, pp. 24-30.

REZENDE, W. M. O Ensino de Cálculo: Dificuldades de Natureza Epistemológica. In: Nílson José Machado; Marisa Ortegosa da Cunha. (Org.). **Linguagem, Conhecimento, Ação: Ensaios de Epistemologia e Didática**. São Paulo: Escrituras, 2003, v. 1, p. 313-336

SALAMANCA-AVILA, M. E., BORGHT, C. V., & FRENAY, M. **Analisis del contenido y la estructura de las representaciones a partir de mapas conceptuales**. *Educational Technology*. Malta.V.1, 2012, pp. 9-16.

SÁNCHEZ, M. A. et alli. (1996). **Evaluar no es calificar. La evaluación y la calificación en una enseñanza constructivista de las ciencias**. *Investigación en la Escuela*, n.30, p.15-26.

SÁNCHEZ, G., GARCÍA, M., & LLINARES, S. **Algunos indicadores del desarrollo del esquema de derivada de una función**. *Bolema*,27(45), 2013, pp. 281-302.

SILVEIRA, F. P. **Ensinando e investigando o uso de mapas conceituais como recurso didático facilitador da aprendizagem significativa em Ciências Naturais no ensino fundamental**. *Investigações em Ensino de Ciências* Vol.19, N°3, 2015, pp. 625-642.



STEFENON, L. O., MOREIRA, M. A., & CABALLERO, C. **O uso de mapas mentais para a compreensão da relação de matemática e física na engenharia ambiental e sanitária.** Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia, 12, n. 3, 2019, 223-240.

TALL, D., & VINNER, S. **Concept Image and Concept Definition in Mathematics with Particular Reference to Limits and Continuity.** Educational Studies in Mathematics, 1976, 151-169.

TEIXEIRA, F. M., & SOBRAL, A. C. **Como novos conhecimentos podem ser construídos partir dos conhecimentos prévios: um estudo de caso.** Science& Education Vol. 16 N°3, 2010, pp. 667-677.

VERGNAUD, G. **A classification of cognitive tasks and operations of thought involved in addition and subtraction problems.** Em T. P. Carpenter, J. M. Moser, & T. A. Romberg, Addition and subtraction: a cognitive perspective (pp. 39-59). N.J.: Lawrence Erlbaum. 1982.

VERGNAUD, G. (1993). **Teoria dos Campos Conceituais.** Anais do 1º Seminário Internacional de Educação Matemática. Rio de Janeiro.

VIEIRA, A. R., & RIOS, P. P. **Aprendizagem significativa e a estratégia do uso de mapas conceituais no ensino de cálculo diferencial no curso de bacharelado em engenharia elétrica.** Revista de Ensino de Engenharia, Vol.39, N°2, 2019, pp. 93-102.

VRANCKEN, S., & ENGLE, A. **Una introducción a la derivada desde la variación y el cambio: resultados de una investigación con estudiantes de primer año de la universidad.** Bolema Vol. 28, (48), 2014, pp. 449-468.

33

WROBEL, J. S., ZEFERINO, M. V., & CARNEIRO, T. C. Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia - COBENGE. **Um mapa de ensino de cálculo nos últimos 10 anos do Cobenge.** Anais do evento, 2013.

ZOMPERO, A. d., & LABURÚ, C. E. **As atividades de investigação no ensino de ciências na perspectiva da teoria da aprendizagem significativa.** Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias Vol.5 N°2, 2010, pp. 12-19.

ZOMPERO, A. d., SAMPAIO, H. R., & VIEIRA, K. M. **Investigação da transferência de significados na abordagem da aprendizagem significativa utilizando atividades investigativas.** Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias Vol.11 N°1, 2016, pp. 40-52.