



APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA: UMA COMPREENSÃO DO CONCEITO DE DERIVADA NA ENGENHARIA

MEANINGFUL LEARNING: AN UNDERSTANDING OF THE DERIVATIVE CONCEPT IN ENGINEERING

LETICIA OBEROFFER STEFENON

Doutora em Educação – Universidade de Burgos, ES/ Programa de Pós- Graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Franciscana (PPGECIMAT) / leticia.stefenon@ufn.edu.br

LEONARDO DALLA PORTA

Doutor em Ensino de Ciências e Matemática- Universidade Franciscana/ Doutor em Ciências da Educação - Université Lumière Lyon 2/ Programa de Pós- Graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Franciscana (PPGECIMAT) /leodp@ufn.edu.br

RESUMO

Esta pesquisa surge da experiência no ensino de Cálculo Diferencial e Integral, impulsionada pela busca de uma metodologia eficaz para o ensino das derivadas na Engenharia, utilizando os mapas conceituais (MCs) como ferramenta de avaliação da aprendizagem significativa, fundamentada na Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS). O estudo foi conduzido com 26 estudantes de Engenharia em uma universidade comunitária no interior do Rio Grande do Sul. Os dados coletados foram submetidos a análises qualitativas e quantitativas, dividindo-se a pesquisa em três etapas: diagnóstico, implementação da proposta didática com monitoramento e avaliação da aprendizagem. Destaca-se a utilidade dos MCs na verificação do aprendizado dos estudantes e na identificação de sinais de aprendizagem significativa, mesmo quando a compreensão completa não era alcançada. Assim, a adoção de uma metodologia embasada na TAS demonstrou ser um agente transformador no processo de ensino e aprendizagem.

Palavras-chave: Derivada, Aprendizagem, Mapa, Cálculo, Ausubel.

ABSTRACT

This research stems from experience in teaching Differential and Integral Calculus, driven by the search for an effective methodology for teaching derivatives in Engineering, using conceptual maps (CMs) as a tool for assessing meaningful learning, grounded in the Theory of Meaningful Learning (TML). The study was conducted with 26 engineering students at a community university in the interior of Rio Grande do Sul. The collected data underwent qualitative and quantitative analyses, dividing the research into three stages: diagnosis, implementation of the didactic proposal with monitoring, and assessment of learning. The utility of CMs in assessing students' learning and identifying signs of meaningful learning is highlighted, even when complete comprehension was not achieved. Thus, the adoption of a methodology based on TML has proven to be a transformative agent in the teaching and learning process.

Key-words: Derivative, Learning, Maps, Calculus, Ausubel

INTRODUÇÃO



A derivada desempenha um papel fundamental na Engenharia, sendo um dos conceitos centrais explorados na disciplina de Cálculo Diferencial e Integral. Ela permite a análise das relações entre variáveis físicas e matemáticas, as quais podem ser representadas por meio de gráficos, fórmulas, dados numéricos ou descrições textuais. Essa ferramenta matemática é essencial para compreender e modelar uma ampla gama de fenômenos e processos na engenharia.

Reis (2009) destaca a importância, por parte do professor, de uma reflexão sobre o papel do Cálculo na formação do estudante, levando em consideração o curso em que esse estudante está inserido. Dessa forma, no ensino de Cálculo devem ser utilizadas metodologias diferenciadas para cada curso de graduação, “de modo a garantir que a produção de significado das ideias do Cálculo esteja em estreita relação com o contexto profissional do curso” (Reis, 2009, p. 81).

Segundo Ausubel (1978, p.41) a “essência do processo de aprendizagem significativa é que ideias simbolicamente expressas sejam relacionadas, de maneira substantiva (não-litera) 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”.

Assim, esta pesquisa teve origem a partir de experiências no ensino da disciplina de Cálculo Diferencial e Integral para estudantes que ingressam em cursos de Engenharia. O seu propósito central foi desenvolver uma metodologia de ensino baseada na resolução de situações-problema, com foco no conceito de derivada na Engenharia, alinhada com a Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS). O objetivo primordial foi analisar como os estudantes que estão iniciando o curso de Engenharia percebem e compreendem o conceito de derivada neste contexto de ensino.

REFERENCIAL TEÓRICO

A TAS de Ausubel (2002), concentra-se primordialmente na aprendizagem cognitiva, onde as informações são armazenadas de forma organizada na mente do aprendiz, constituindo um complexo organizado conhecido como estrutura cognitiva. Na construção da teoria sobre a aprendizagem humana, Ausubel (1963) parte da seguinte premissa: “Se tivesse que reduzir toda a psicologia educativa a um só princípio, diria o seguinte: o fator isolado mais importante que influi na aprendizagem é o que o aprendiz já sabe. Averigüe-o e ensine de acordo”. (p. 31)

Nesse contexto, diversas pesquisas têm sido conduzidas para investigar os efeitos e benefícios da aplicação da aprendizagem significativa em diferentes espaços educacionais. Nesse sentido, cabe ao professor realizar uma espécie de “mapeamento” dessa estrutura cognitiva, a fim de embasar o ensino com base no que o estudante já sabe. Isso envolve



identificar os conceitos organizadores fundamentais do conteúdo a ser ensinado e empregar recursos e princípios que facilitem a aprendizagem significativa.

A compreensão do conceito da derivada, foco principal da nossa pesquisa é um assunto fundamental em cursos de Engenharia devido à sua ampla aplicabilidade. No entanto, apesar da importância nesses cursos, muitos estudantes têm dificuldades em compreender sua aplicação e apresentam baixo desempenho na disciplina. Isso resulta em altas taxas de reprovação e evasão, o que preocupa professores e pesquisadores na área da Matemática. De acordo com Gonçalves e Reis (2011, p. 114), um fator que pode estar contribuindo para esse problema é a maneira como a disciplina é ensinada.

Segundo Moreira (2014), na aprendizagem significativa o mecanismo está relacionado com algum conhecimento prévio, isto é, o sujeito que aprende deverá tê-lo na estrutura cognitiva. Esse processo que envolve a interação da nova informação com uma estrutura já existente é definido pelo autor como *conceito subsunçor*. A nova informação será incorporada ao conhecimento prévio do indivíduo, facilitando o processo de aprendizagem. Além disso, ela influenciará o conteúdo do conhecimento já existente, resultando em uma integração contínua entre novas informações e os subsunçores já estabelecidos.

METODOLOGIA

Esta pesquisa adota uma abordagem mista, combinando elementos qualitativos e quantitativos. Para quantificar informações não numéricas, faz uso de técnicas da estatística descritiva, aplicando-as a variáveis qualitativas nominais.

A coleta de dados para a pesquisa ocorreu no ano de 2017 em uma instituição comunitária de ensino superior situada no interior do Rio Grande do Sul, Brasil. A pesquisa foi desenvolvida com 26 estudantes, nomeados E1 a E26, ingressantes em um Curso de Graduação em Engenharia, em 10 aulas geminadas totalizando 20h/aula no turno vespertino. O estudo foi dividido em três etapas:

Na primeira etapa - *Etapa de Diagnóstico* - o objetivo foi verificar os subsunçores a respeito da relação com a Matemática por meio de um Mapa Mental Livre, bem como a construção de um questionário para traçar o perfil da turma que participou a pesquisa. Nesta etapa não foram apresentadas perguntas sobre o conceito de derivada, pois em decorrência da experiência como docente da professora pesquisadora, os estudantes ingressantes no primeiro semestre do curso não conheciam esse conceito.

Na segunda etapa - *Etapa de Implementação de uma Proposta Didática* - foram propostas *Situações* de ensino por meio de problemas com grau crescente de complexidade para a construção do conceito de derivada. Após a conclusão da segunda etapa, esperou-se que o estudante fosse capaz de desenvolver, de maneira genérica, o conceito da derivada. Essa habilidade foi avaliada de acordo com o progresso de cada *Situação* e com a capacidade do estudante de transferir os conceitos adquiridos para a *Situação* seguinte.



Após, foi analisado se a construção de um Mapa Conceitual refletiu os resultados obtidos nas Situações Didáticas.

Na terceira etapa - *Monitoramento e Avaliação da Aprendizagem* - foram analisadas as respostas apresentadas pelos estudantes no Mapa Mental Livre, na resolução e interpretação das *Situações* problemas e na construção dos Mapas Conceituais sobre o conceito de derivada tendo como suporte a Teoria da Aprendizagem Significativa.

Neste artigo, serão apresentados os resultados de três mapas conceituais elaborados pelos estudantes, enfatizando os elementos de maior relevância.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O mapa conceitual tem suas raízes nos princípios teóricos da aprendizagem significativa, que valoriza a compreensão das ideias prévias e da estrutura de significados dos aprendizes, visando criar conexões interligadas no processo de aprendizagem.

Para Moreira (2003), mapas conceituais (MCs) são diagramas indicando relações entre conceitos ou entre palavras que usamos para representar conceitos e que tais diagramas não devem ser confundidos com organogramas ou diagrama de fluxo, pois não implicam sequência, temporalidade ou direcionalidade, nem hierarquias organizacionais.

Estes mapas são compostos de nós que correspondem a termos importantes (significando conceitos) no domínio, conectados com setas rotuladas para designar a relação entre eles (NOVAK, 2010a; KAYE, KIM, 2023).

Nesta pesquisa, os MCs foram utilizados na terceira etapa como recurso para obter evidências de aprendizagem significativa. Segundo Correia e Aguiar (2019) durante a elaboração do mapa conceitual, os estudantes externalizam sua estrutura de conhecimento, tornando visíveis seus modelos mentais.

Para buscar por indícios de uma aprendizagem significativa, foi solicitado aos estudantes, a construção de um MC do conteúdo de derivada. Para Correia e Nardi (2019), os MCs são redes de proposições que expressam com clareza as relações conceituais que permite ao professor julgar se tais relações estão de acordo com o conhecimento de referência.

Como esse estudo está fundamentado na TAS optou-se por objetivar elementos indicativos que permitiram apontar que o autor do MC apresentou um entendimento claro a respeito do conceito de derivada, evidenciando dessa forma, indício de aprendizagem significativa.

Dentro da proposta de Ausubel, nas categorias de análise são consideradas as ideias de classificação, diferenciação progressiva e reconciliação integrativa como essenciais na apropriação do significado dos conceitos de derivada mostrando indícios da aprendizagem significativa.

Considerou-se os MCs produzidos pelos estudantes participantes dessa pesquisa, no qual três categorias foram observadas:



(1) *Proposições corretas entre os conceitos*: visa verificar se as proposições atribuídas entre dois ou mais conceitos estabelecem relações coerentes no contexto da derivada.

(2) *Hierarquização conceitual*: os conceitos deverão estar organizados de forma hierárquica, ou seja, partindo de ideias gerais para as mais específicas e menos inclusivas, tornando a estrutura hierarquizada, destacando os conceitos mais importantes.

(3) *Aplicabilidade do conceito*: o estudante deverá identificar as aplicações ou fazer referências às situações que justificam o uso da derivada.

Para definir melhor o método de análise dos MCs, optou-se por atribuir uma escala A, B ou C para cada categoria, conforme definido no quadro 1:

Quadro 1: Escala para análise dos mapas conceituais

A	Quando o mapa conceitual atender totalmente as especificações da categoria de analisada.
B	Quando o mapa conceitual atender parcialmente as especificações da categoria analisada.
C	Quando o mapa conceitual não estiver de acordo com os critérios estabelecidos na categoria analisada.

Quanto às proposições corretas entre os conceitos- Categoria 1: apresenta-se o MC elaborado pelo estudante E10 (Figura 1) que foi avaliado com C nessa categoria.

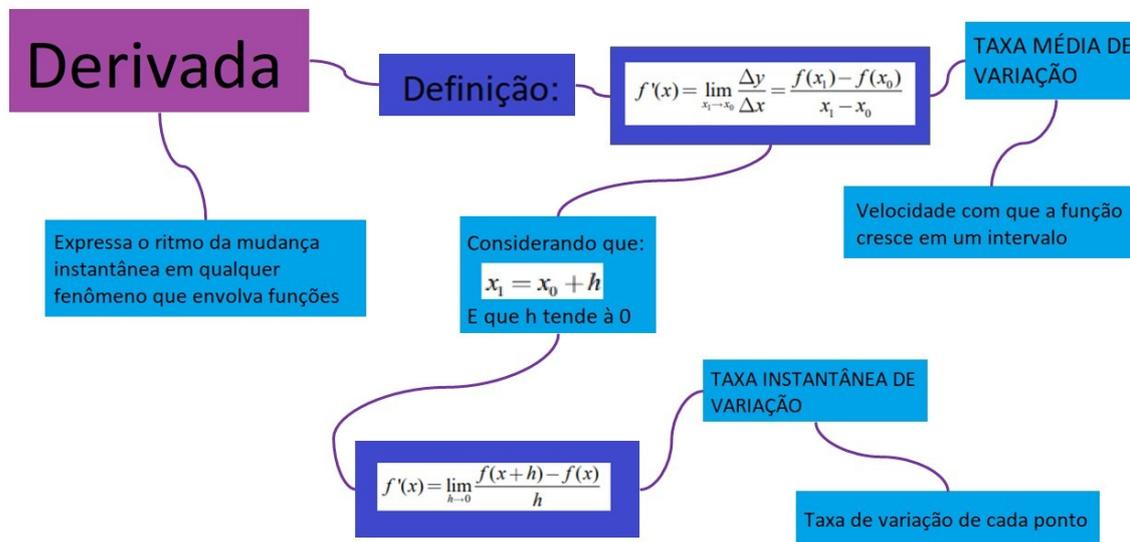


Figura 1: Mapa Conceitual do aluno E10

O mapa construído pelo aluno sugere pouco entendimento em relação ao conteúdo de derivada. O estudante apresenta uma falta de clareza a respeito das relações e do conceito de derivada, pode-se perceber isso, pois ele associou a definição da função derivada com a taxa média de variação e taxa instantânea de variação de forma simultânea, indicando que este conceito não está claro. Com base no MC construído pelo estudante E10, pode-se inferir que este não apresenta subsunçores relevantes, ancorados e



disponíveis em sua estrutura cognitiva para o conceito de derivada. Possivelmente, este estudante não compreende de forma clara o conceito de derivada,

Quanto à hierarquização conceitual- Categoria 2: Pode-se perceber na construção do MC do estudante E18 (Figura 2) que ele atingiu o objetivo das categorias, visto que as proposições estabelecidas entre os conceitos mostraram uma compreensão sobre o conceito de derivada, podendo ser considerada como indício de diferenciação progressiva, apresentando provavelmente um indício de aprendizagem significativa do conceito de derivada.

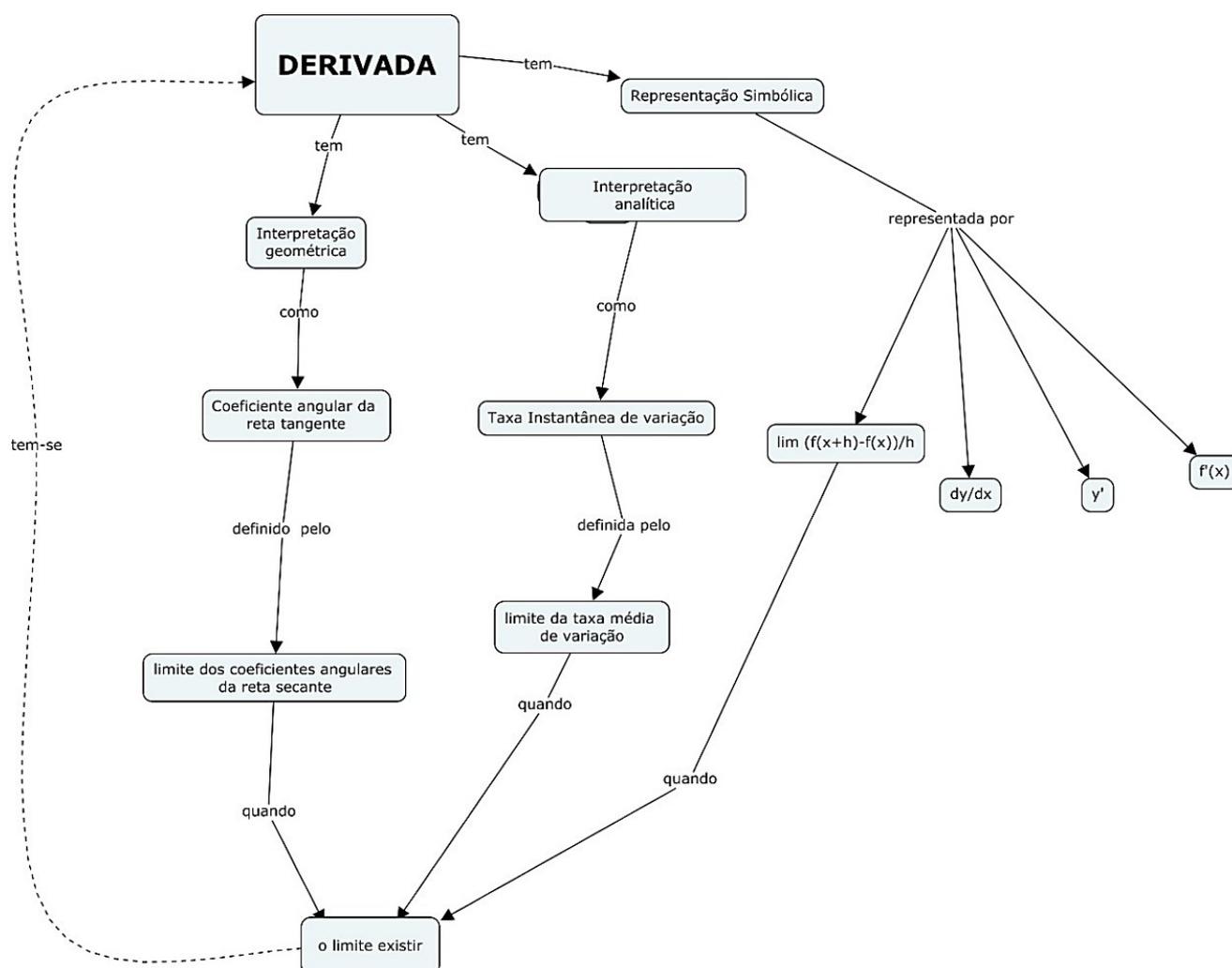


Figura 2: Mapa Conceitual do aluno E18

Observa-se também, que o mapa conceitual elaborado pelo estudante E18 (Figura 2), avaliado com A, nessa categoria, se desdobra em vários ramos a partir da ideia central (derivada) no topo como sendo a mais abrangente e geral que se subdivide em três ramos, e os demais aparecem em ordem decrescente de abrangência. A aquisição e retenção do conceito de derivada para o estudante E18 possivelmente aconteceu de forma significativa, pois as ideias parecem que se encontram acessíveis e relacionadas entre si de maneira substantiva na estrutura cognitiva do aprendiz.



Quanto à aplicabilidade do conceito- Categoria 3: Contemplando essa categoria, pode-se observar o MC construído pelo estudante E1 (Figura 3). Observa-se que mesmo o aluno não tendo conseguido atingir a avaliação A na primeira categoria, ele mostra uma hierarquização conceitual (categoria 2) e menciona as aplicações da derivada. Nota-se que essa hierarquização é radial, central, ou seja, o conceito-chave está no centro. O que se espera em um mapa conceitual é uma hierarquização conceitual, mas não necessariamente de cima para baixo.

Pode-se perceber que o estudante E1 domina parcialmente o conceito de derivada, não deixando claro suas ideias quanto à aplicabilidade do limite. No entanto, explicita conexões adequadas, sugerindo que a aprendizagem não se deu totalmente de forma mecânica, obtendo na categoria 1, avaliação B e categoria 2 uma avaliação A que pode ser um indicativo de reconciliação integrativa ou diferenciação progressiva.

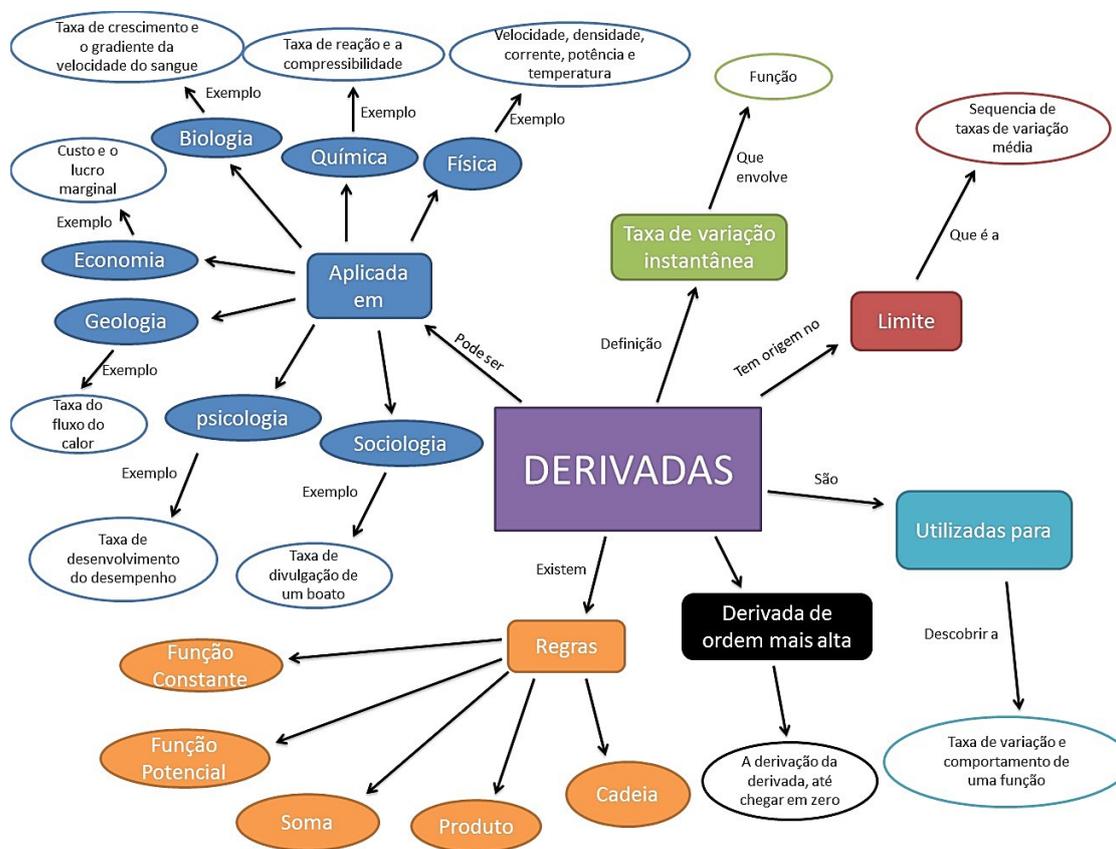


Figura 3: Mapa Conceitual do aluno E1

Como o ensino e a aprendizagem são um processo construtivo, interativo e contínuo entre o aluno e professor, acredita-se que esse estudante esteja no processo de uma aprendizagem significativa do conceito de derivada.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste estudo, investigamos a relevância da derivada na engenharia e a necessidade de uma abordagem educacional que promova a aprendizagem com significado. A nossa



pesquisa se apoiou na Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS), que destaca a importância do conhecimento prévio e das conexões na construção do aprendizado. A análise dos mapas conceituais revelou distintos níveis de compreensão entre os alunos em relação à derivada. Alguns enfrentaram desafios na integração de conceitos, enquanto outros demonstraram uma compreensão sólida e aplicabilidade do conceito.

Os mapas conceituais se revelaram instrumentos valiosos na avaliação do aprendizado dos estudantes e na identificação de indícios de aprendizagem significativa, mesmo quando a compreensão completa não foi alcançada. No contexto do ensino de Cálculo para a engenharia, a adaptação de abordagens pedagógicas às necessidades dos estudantes é de extrema importância. A incorporação de situações de ensino prático e relacionadas à derivada pode aprimorar a compreensão.

Este estudo ressalta a crucial necessidade de contínua pesquisa em estratégias de ensino e aprendizagem em Cálculo, com o intuito de formar engenheiros mais bem preparados e reduzir as taxas de reprovação. A busca pela aprendizagem significativa deve ser prioritária, permitindo que os estudantes desenvolvam uma compreensão profunda dos conceitos matemáticos e sua aplicação prática.

REFERÊNCIAS

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

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

AUSUBEL, D., NOVAK, J., & HANESIAN, H. **Psicologia educacional** (E. Nick et al., Trad.). Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.

AUSUBEL, D. **The acquisition and retention of knowledge**: a cognitive view. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2000.

AUSUBEL, D. P. **Adquisición y retención del conocimiento**: una perspectiva cognitiva. Tradução Genís Sánchez Barberán. Barcelona: Paidós, 2002.

CORREIA, P. R. M., & NARDI, A. **O que revelam os mapas conceituais dos meus alunos? Avaliando o conhecimento declarativo sobre a evolução do universo**. *Ciência e Educação*, 25(3), 2019, 685-704.

CORREIA, P. R. M.; AGUIAR, J. G., **The role of worked examples to teach concept mapping**. *Journal for Educators, Teachers and Trainers*, 10(1), 2019, 67-83.

GONÇALVES, Daniele Cristina; REIS, Frederico da Silva. **Aplicações de derivadas no Cálculo I: uma atividade investigativa aplicada à Engenharia de Produção utilizando o Geogebra**. *Revista da Educação Matemática da UFOP*, v. 1, 2011, 114-122 p.

KAYE, M. P.; KIM, B. K. **Promoting student success in the flipped online classroom: Learning and accountability through homework strategies**. *Journal of Occupational Therapy Education*, Richmond, v. 7, n. 1, p. 10. 2023.

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



MOREIRA, M. A. **Teorias de aprendizagem**. 2. ed. São Paulo: EPU, 2014.

NOVAK, J. D. **Learning, creating, and using knowledge**: Concept maps as facilitative tools in schools and corporations. (2nd ed.). Routledge. Londres: UK. 2010a.

REIS, F. S. **Rigor e intuição no ensino de cálculo e análise**. In M. C. Frota, & L. Nasser. Educação matemática no ensino superior: pesquisas e debates. Recife: SBEM, 2009, 81-97 p.