



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"

Faculdade de Filosofia e Ciências - Campus de Marília

DOMINGOS GOMES SELUMBO

**ENSINO DAS EQUAÇÕES DIFERENCIAIS ORDINÁRIAS SOB O PONTO DE
VISTA DO PROFESSOR UNIVERSITÁRIO**

**Marília
2026**

DOMINGOS GOMES SELUMBO

**ENSINO DAS EQUAÇÕES DIFERENCIAIS ORDINÁRIAS SOB O PONTO DE
VISTA DO PROFESSOR UNIVERSITÁRIO**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual Paulista, “Júlio de Mesquita Filho”, Unesp, Faculdade de Filosofia e Ciências, Marília, para obtenção do título de Mestre em Educação.

Linha de pesquisa: Educação Especial

Orientador: Prof. Dr. Eduardo José Manzini

Marília

2026

S468e Selumbo, Domingos Gomes
Ensino das equações diferenciais ordinárias sob o ponto de vista do professor universitário / Domingos Gomes Selumbo. -- Marília, 2026
115 f. : tabs.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Filosofia e Ciências, Marília
Orientador: Eduardo José Manzini

1. Ensino da Matemática. 2. Iniciação ao Cálculo. 3. Ensino Superior. I. Título.

IMPACTO POTENCIAL DESTA PESQUISA

Esta pesquisa poderá servir como instrumento pedagógico, institucional científico e social, incentivando práticas docentes sobre o ensino de equações diferenciais na modernidade, reduzindo as práticas recorrentes no ensino da matemática; permitirá fazer uma reflexão da docência em matemática, uma vez que hoje é comum a reprodução de métodos tradicionais. Assim, esta dissertação visa provocar reflexão sobre metodologias ativas, incentivar o uso da modelagem, tecnologia, visualização e aplicações reais; permitirá contextualizar EDOs em problemas reais, ajustes em ementas de cálculo/EDOs, produção de conhecimento qualitativo o que permite identificar crenças, tensões e dilemas da docência universitária e melhorar a formação profissional dos estudantes, permitindo selecionar conteúdos significativos para o currículo de um determinado curso, evitando improvisos. A pesquisa contribuirá para repensar o ensino das EDOs no ensino Superior promovendo práticas mais reflexivas, contextualizadas e eficazes, com benefícios diretos para professores, estudantes e instituições e possibilitará novos estudos para área de educação de Matemática, viabilizando o entendimento de mecanismos de ensino que ajudarão os docentes ao engajamento de novas vias de resolução de equações diferenciais.

POTENTIAL IMPACT OF THIS RESEARCH

This research can serve as a pedagogical, institutional, scientific, and social tool, encouraging teaching practices on differential equations in modern times, reducing recurring practices in mathematics education; it will allow for reflection on mathematics teaching, since the reproduction of traditional methods is common today. Thus, this dissertation aims to provoke reflection on active methodologies, encourage the use of modeling, technology, visualization, and real-world applications; it will allow for contextualizing ODEs in real-world problems, adjustments to calculus/ODE syllabi, production of qualitative knowledge that allows for identifying beliefs, tensions, and dilemmas in university teaching, and improving the professional training of students, allowing for the selection of meaningful content for the curriculum of a given course, avoiding improvisation. The research will contribute to rethinking the teaching of ODEs in higher education, promoting more reflective, contextualized, and effective practices, with direct benefits for teachers, students, and institutions, and will enable new studies in the field of mathematics education, facilitating the understanding of teaching mechanisms that will help teachers engage in new ways of solving differential equations.

DOMINGOS GOMES SELUMBO

**ENSINO DAS EQUAÇÕES DIFERENCIAIS ORDINÁRIAS SOB O PONTO DE
VISTA DO PROFESSOR UNIVERSITÁRIO**

Dissertação de Mestrado apresentada à Universidade Estadual Paulista, “Júlio de Mesquita Filho”, Unesp, Faculdade de Filosofia e Ciências, Marília, para obtenção do título de Mestre em Educação.

Data da defesa: 04/05/2026

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Eduardo Jose Manzini

UNESP – Faculdade de Filosofia e Ciências, UNESP, Campus de Marília

Prof. Dr. José Carlos Miguel

UNESP – Faculdade de Filosofia e Ciências, UNESP, Campus de Marília

Prof. Dr. Francisco José Brabo Bezerra

Universidade Federal do ABC

Dedico este trabalho à ...

À memória veneranda do meu pai, luz que não se apaga e exemplo que perdura, dedico este trabalho com filial devoção e eterna gratidão.

Pela retidão do seu caráter e pela fé inabalável que nortearam a sua jornada, ensinando que o verdadeiro valor reside naquilo que se é perante Deus.

Pela sabedoria das suas palavras e pelo amor incondicional dos seus gestos, sementes de bondade que plantou em minha alma e que hoje florescem em saudade.

AGRADECIMENTOS

Neste momento de realização, expresso minha gratidão àqueles que, com apoio, incentivo e compreensão, estiveram perpetuamente ao meu lado. Esta jornada não seria possível sem as contribuições, diretas ou indiretas, de muitos que auxiliaram na realização deste itinerário investigativo.

Agradeço primeiramente a Deus, por me conceder toda a força espiritual necessária para a realização deste sonho. Volto-me também, com gratidão, a mim mesmo, pela fé e pela perseverança que me permitiram vencer os obstáculos encontrados.

Meu alicerce familiar foi meu porto seguro. Aos meus pais, que, de forma sábia e moral, souberam mostrar-me o caminho para um futuro melhor. À minha esposa, que nos momentos difíceis me sustentou com seu inestimável apoio moral. E, enfim, sou grato aos meus filhos.

No âmbito acadêmico, meu reconhecimento é vasto. À coordenação do programa de pós-graduação, expresso o meu mais profundo agradecimento. Agradecemos solenemente a todos os professores, pelos valiosos ensinamentos e pela coragem de depositar em nós seus saberes. Foi um privilégio partilhar o conhecimento como uma necessidade humana para melhor servir ao mundo. À toda a família Unespiana, minha gratidão pela paciência; sem reservas, fizeram tudo para que o sol voltasse a brilhar em nossas mentes, como o sal da negritude.

De forma particular, reverencio meu orientador, um exímio arquiteto de retórica. Um homem de muita paciência e perspicácia, que me assistiu em todos os momentos do desenvolvimento desta pesquisa.

O caminho não seria trilhado sem o apoio institucional. Agradeço especialmente a todo o pessoal técnico e administrativo, pelas informações prestadas, tão necessárias para a elaboração deste projeto de fim de curso. Estendo minha gratidão, ao pessoal da Biblioteca e ao Escritório de Pesquisa da Unesp-Campus de Marília.

Por fim, reitero meu apreço a todos que sempre me apoiaram nesta trajetória investigativa. Aos que acreditaram em mim e me incentivaram a encerrar esta etapa. Suas contribuições e suas palavras de motivação estarão comigo para sempre.

RESUMO

O ensino das equações diferenciais ordinárias em Angola, assim como em muitos outros países, passa por desafios e dinâmicas específicas, embora haja variações conforme as instituições e regiões. Essas equações são frequentemente parte do currículo dos cursos de engenharia, matemática, físico-química e áreas afins em Universidades. O estudo das equações diferenciais ordinárias se concentra em fundamentos teóricos, métodos de resolução e aplicações práticas. Neste contexto, esta pesquisa está voltada ao ensino das equações diferenciais ordinárias sendo norteadas pela pergunta: que metodologias devem estar presentes no ensino das equações diferenciais ordinárias? Tem como objetivo analisar, segundo ponto de vista dos professores, como ocorre o ensino das equações diferenciais ordinárias. Os participantes foram sete professores universitários que lecionaram a disciplina para estudantes do II ano de um curso superior. A pesquisa é de natureza descritiva, transversal fundamentada numa análise qualitativa e, para a coleta de dados, foi utilizada a entrevista semiestruturada. Um roteiro composto por 24 questões foi elaborado e utilizado em entrevistas individuais com os participantes, cuja duração variou entre 8 e 24 minutos. A transcrição dos áudios das entrevistas foi realizada pelo aplicativo *Clip Champ*, revisadas e, posteriormente, submetidas à análise. Para a análise dos dados, foi realizada a técnica análise da informação, uma variação da análise de conteúdo. A análise resultou no conteúdo de nove temas: 1) Conceitos fundamentais da disciplina equações diferenciais ordinárias; 2) Planejamento/Planificação; 3) Objetivos da disciplina equações diferenciais ordinárias; 4) Conteúdo da disciplina equações diferenciais ordinárias; 5) Metodologia da disciplina equações diferenciais ordinárias; 6) Desafios da disciplina equações diferenciais ordinárias; 7) Métodos de ensino das equações diferenciais ordinárias; 8) Relação entre uma equação diferencial ordinária e derivadas e integrais; 9) Relação entre uma equação diferencial ordinária e EDP. As conclusões indicaram que a maioria dos participantes avalia a complexidade no ensino das equações diferenciais ordinárias e que uma forma de melhor empreender o sentido dessa disciplina é trazer o aluno para a resolução de problemas de ordem prática. Sustentam que o uso de *softwares* pode ajudar a compreensão dos conceitos abstratos da disciplina.

Palavras-chave: Ensino da Matemática. Iniciação ao Cálculo. Ensino Superior.

ABSTRACT

The teaching of ordinal differential equations in Angola, as in many other countries, faces specific challenges and dynamics, although there are variations according to institutions and regions. These equations are frequently part of the curriculum of engineering, mathematics, physical chemistry, and related fields in universities. The study of ordinal differential equations focuses on theoretical foundations, solution methods, and practical applications. In this context, this research focuses on the teaching of ordinary differential equations, guided by the question: what methodologies should be present in the teaching of ordinary differential equations? Its objective is to analyze, from the teachers' point of view, how the teaching of ordinary differential equations occurs. The participants were seven university professors who taught the subject to second-year undergraduate students. The research is descriptive and crosssectional in nature, based on qualitative analysis, and semi-structured interviews were used for data collection. A script composed of 24 questions was developed and used in individual interviews with the participants, which lasted between 8 and 24 minutes. The transcription of the interview audios was performed using the Clip Champ application, reviewed, and subsequently submitted for analysis. For data analysis, the information analysis technique, a variation of content analysis, was used. The analysis resulted in the identification of nine themes: 1) Fundamental concepts of the ordinary differential equations discipline; 2) Planning/Planning; 3) Objectives of the ordinary differential equations discipline; 4) Content of the ordinary differential equations discipline; 5) Methodology of the ordinary differential equations discipline; 6) Challenges of the ordinary differential equations discipline; 7) Teaching methods for ordinary differential equations; 8) Relationship between an ordinary differential equation and derivatives and integrals; 9) Relationship between an ordinary differential equation and PDEs. The conclusions indicated that most participants consider the teaching of ODEs to be complex and that a way to better convey the meaning of this discipline is to involve students in solving practical problems. They argue that the use of software can help in understanding the abstract concepts of the discipline.

Keywords: Teaching Mathematics. Introduction to Calculus. Higher education.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Quadro 1 – O Ensino de EDO em Angola	25
Quadro 2 – Características dos participantes da pesquisa	44

SUMÁRIO

1 APRESENTAÇÃO	15
2 INTRODUÇÃO	17
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	20
5 MÉTODO	45
5.1 Local e participantes da pesquisa.....	45
5.2 Instrumento e procedimentos para a coleta de dados	46
5.3 Coleta de dados.....	47
5.4 Tratamento e análise de conteúdos.....	47
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	49
6.1 Conceitos fundamentais da disciplina equações diferenciais ordinárias.....	49
6.3 Objetivos da disciplina equações diferenciais ordinárias	56
6.4 Conteúdo da disciplina Equações Diferenciais Ordinárias.....	58
6.5 Metodologia da disciplina equações diferenciais ordinárias	66
6.5.1 Estratégias de ensino para lidar com dificuldades.....	66
6.5.2 Recursos didáticos	71
6.5.3 Aplicação prática na disciplina equações diferenciais ordinárias	79
6.5.4 Avaliação	83
6.6 Desafios da disciplina equações diferenciais ordinárias	88
6.7 Métodos de ensino das equações diferenciais ordinárias.....	94
6.8 Relação entre uma equação diferencial ordinária e derivadas e integrais.....	97
6.9 Relação entre uma equação diferencial ordinária e equações diferenciais Parciais.....	99
7 CONCLUSÃO.....	102
REFERÊNCIAS.....	104
APÊNDICE A - ROTEIRO DA ENTREVISTA SEMIESTRUTURADA	113

1 APRESENTAÇÃO

Domingos Gomes Selumbo, nascido aos 12 de outubro de 1988 na localidade de Caála, província de Huambo, ingressou pela universidade em 2011 pelo Instituto Superior de Educação por decisão própria. Aprendi a gostar da matemática no seio familiar com os meus tios, que exercitavam, quando retornavam de suas atividades laborais, a resolução de equações matemáticas. Ficavam em uma varanda na frente de um quadro móvel, e me pediam para buscar giz. Eu observava com muita atenção e apreço. Sempre acreditei na frase “todos os problemas podem ser reduzidos a cálculos” (Francisco Bacon).

Tendo terminado a minha graduação, em 2015, pelo mesmo Instituto de Educação do Huambo, comecei com minha carreira profissional, também em 2011, lecionando a cadeira de Língua Portuguesa, no primeiro ciclo de uma das escolas do Município de E Cunha, província de Huambo.

No quinto ano, depois de terminar com a minha formação, fui chamado para lecionar a Cadeira de Matemática, no Ensino Médio do Município sede de Huambo, onde ministrei aulas durante sete anos. Foram várias as peripécias vividas, pois a escola recebia alunos de diferentes estratos sociais e, muitos deles, traziam dificuldades nas operações básicas sobretudo da multiplicação e divisão e que os alunos precisavam de aulas de recuperação dos mesmos conteúdos. A realidade foi vivida de forma crua e nua: trata-se de um complexo escolar situado numa das artérias da cidade do Huambo, cujas condições de trabalho eram das mais péssimas, falta de testes de admissão de alunos que ingressam, excesso de alunos em salas de aulas, falta de requalificação da estrutura de ensino, pautas manuscritas, ausências de seminários pedagógicos que tratam a realidade da escola no âmbito acadêmico, pouca atenção por parte da direção escolar aos problemas identificados, ausência de um critério de seleção de idades dos alunos por turmas.

Tinha proposto à direção da escola a realização de aulas de recuperação aos alunos, mas ela não deu deferimento ao documento. Um ano depois, pedi transferência desta escola e passei a trabalhar na minha terra natal, numa escola do magistério onde comecei a lecionar, no primeiro ano, a Cadeira de Matemática e, no segundo, a Cadeira de Física. Ali encontrei uma realidade muito diferente, os alunos ingressavam por um teste de admissão o que permitia selecionar alunos com o certo

domínio de operações básicas. em que nós queremos que seja. O curso de pós-graduação apareceu como uma oportunidade melhor para elevar o nível de lucidez nesta Ali trabalhei com eles, e, confesso, que foram os melhores momentos no campo profissional, quando um aluno meu ganhou um prêmio nacional do concurso de “Quem Sabe Sabe”. No entanto, sempre almejei alcançar um nível de excelência do ensino da matemática ou em uma área qualquer de ciências exatas, então, comecei a investigar e a pesquisar como fazer uma pós-graduação em Matemática. Nesta altura, já era professor do Instituto Superior Politécnico, onde participei de várias formações de Educação Matemática, Didáticas de Ensino Superior, com vista a servir melhor a universidade. Os desafios e metodologias de ensino sempre constituíram as bases fundamentais para se tornar no professor de proa, no entanto, para se alcançar a excelência requer muito empenho e dedicação. Também sempre acreditei que o pensamento de uma pessoa é geométrico, por isso, tudo que nós pensamos pode ser desenhado na perspectiva área de Matemática e permitindo o melhoramento de habilidades e competências no âmbito da educação matemática.

2 INTRODUÇÃO

Nossa experiência, durante o exercício profissional pelo Instituto, revela que alguns alunos dominam técnicas de resolução, porém, têm dificuldade em identificar como aplicar as equações diferenciais ordinárias na resolução de problemas. Nesta perspectiva, neste trabalho buscamos ampliar reflexões sobre o ensino das dessas equações e da Matemática como um todo, principalmente porque a Matemática faz parte dos currículos desde os primeiros anos de escolaridade ao lado da língua materna de cada povo ou nação. A disciplina de Matemática representa, para as ciências, um papel com uma linguagem precisa, monossêmica, depurada de ambiguidades. Nesse contexto, de dificuldade do ensino dos conteúdos das Equações Diferenciais, faz-se necessário, portanto, explorar o raciocínio intuitivo para o auxílio do aprendizado da Matemática.

São escassas as investigações envolvendo o conhecimento de professores que ensinam matemática em cursos, como Engenharia (Lima; Lopes, 2024). Há, sim, especificidades no conhecimento desses docentes, uma vez que o ensino de EDO (e de outras disciplinas, como Cálculo Diferencial e Integral de funções de uma variável real) não deve ficar restrito ao uso das técnicas de resolução, porque, atualmente, há formação e capacitação de professor para a melhoria do ensino. No entanto, as equações diferenciais e ordinárias é um tema muito debatido por vários autores (Fonseca; Dullius, 2025; Viana; empinar, 2025), porém, não só a maneira de ensinar como também da sua aplicabilidade em diferentes áreas da ciência moderna, que, de antemão, reconhecem a pertinência desta temática no ambiente escolar, fundamentalmente no ensino-aprendizagem nos cursos de Licenciatura em Engenharias.

Engenheiros e outros profissionais da área das ciências exatas, sistematicamente, necessitam equacionar e solucionar uma ampla gama de problemas que podem ser representados por Equações Diferenciais. Como parte da formação desses profissionais é indispensável a compreensão dos conceitos básicos envolvidos nessas equações e da obtenção de suas soluções. Entretanto, os alunos, de maneira geral, não manifestam interesse, temem ou até mesmo abominam tais equações sem se darem conta de sua utilidade.

Essa falta de motivação para o estudo do tema acaba se refletindo na elevação dos índices de evasão e reprovação nas disciplinas que tratam de conteúdos associados ao cálculo diferencial, conforme apontado por Passos *et al.* (2007).

A pesquisa de Barros Filho (2012) intentou diagnosticar indícios de como a resolução de problemas com a utilização das Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) pode contribuir para uma aprendizagem mais significativa das equações e nas aplicações em situações problemas das Ciências, utilizando da ferramenta computacional Maple.

Javaroni (2007) utilizou a abordagem qualitativa do ensino das equações diferenciais ordinárias por meio das informações geométricas construídas a partir do auxílio das tecnologias. O pesquisador desenvolveu sua pesquisa guiada pelas premissas e perspectivas da Educação Matemática, inventariou trabalhos investigando os processos de ensino e metodologias alternativas utilizadas no ensino das equações com o intuito de identificar a presença das características norteadas por esse campo de pesquisa.

Em alguns trabalhos analisados (Rasmussen, 2001; Javaroni, 2007), o pesquisador identificou questões inerentes às metodologias aplicadas ao ensino das Equações Diferenciais. Nessa direção, Barros Filho (2012) constatou que:

A metodologia predominante aplicada ao ensino de equações potencializa o enfoque algébrico (sobre o gráfico numérico) com ênfase nos métodos e técnicas de resolução analítica das equações diferenciais, o que pode não ser suficiente para um aprendizado significativo (Barros Filho, 2012, p. 58).

Barros Filho (2012) realçou que “[...] os processos de ensino sofrem influência direta da organização didática dos livros textos de Equações Diferenciais (2012, p. 30)”. Assim, realizou investigação de observações em livros didáticos envolvendo Cálculo diferencial Integral e equações diferenciais, constatando que os aspectos analíticos estão fortemente presentes na maioria deles, não trazendo, entretanto, uma contextualização interdisciplinar. Como metodologia de pesquisa, buscou suporte teórico na Teoria da Equilibração de Piaget, na qual o sujeito constrói o seu conhecimento na interação tanto com o meio físico como social e na Teoria Sócio Integracionista de Vygotsky (2000; 2003), assentada na ideia de que a única aprendizagem significativa é por meio da interação entre sujeito, o objeto e outros sujeitos.

Tenho trabalhado, há alguns anos, na disciplina de Cálculo Diferencial e Integral, lecionando nos cursos de Engenharias, e há um questionamento que tem sido feito: por que os estudantes passam pelo cálculo diferencial Integral (I e II) e não conseguem correlacionar o estudo das derivadas, e Integrais de funções de uma variável e de várias variáveis com outras etapas do cálculo, como as equações diferenciais ordinárias lecionadas na disciplina de Cálculo Diferencial e Integral III, comprometendo, assim, o processo de ensino? Também, observou-se as variedades de metodologias usadas por alguns docentes de matemática que lecionam nos cursos referenciados: notou-se que algumas metodologias têm ajudado, até certo ponto, o aprendizado das equações diferenciais e outras não. A falta de ter em consideração aspectos como a importância da interpretação geométrica da derivada no estudo qualitativo das Equações diferenciais ordinárias e do Teorema Fundamental do cálculo na compreensão de processos de resolução de equações diferenciais tem, de certa forma, dificultado o processo de ensino dessas equações.

Com base no contexto exposto, estabeleceu-se o seguinte problema de pesquisa: que metodologias devem estar presentes no ensino das equações diferenciais ordinárias?

Objetivando responder a essa questão, a presente dissertação está composta: 1) por uma seção sobre fundamentação teórica, que pretende aprofundar as questões levantadas; 2) pela seção método, onde são descritos, o lócus da pesquisa, as características dos participantes, os instrumentos e procedimentos de coleta e a forma como os dados foram tratados por meio da técnica de análise da Informação; 3) por uma seção que apresenta e discute os resultados encontrados a partir das entrevistas; e, 4) por final, apresentam-se as conclusões do estudo.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O nascimento das EDOs está intrinsecamente ligado à invenção do Cálculo Diferencial e Integral por Isaac Newton e Gottfried Leibniz, por volta de 1670. Como explica Bassanezi (2002), as equações diferenciais surgiram da necessidade premente de descrever fenômenos físicos, como o movimento dos astros e a queda dos corpos. Newton, ao formular a sua Segunda Lei $F = m \cdot a$, estava, na verdade, a escrever uma equação diferencial, uma vez que a aceleração é a segunda derivada da posição em relação ao tempo. Neste período inicial, a EDO era vista como uma "linguagem da natureza", uma ponte direta entre a realidade observada e a abstração matemática.

Durante o século XVIII, a família Bernoulli e Leonhard Euler expandiram significativamente o campo. Nesta época, o foco era exclusivamente a busca por soluções analíticas exatas. De acordo com Moreno e Azcárate Giménez (2003), este foi o período em que se consolidou o que hoje criticamos como o "modelo lógicoformal". A matemática era tratada como um sistema de regras de validade geral, e o sucesso consistia em encontrar uma fórmula que satisfizesse a equação. Euler, com o seu trabalho monumental, sistematizou os métodos de resolução que ainda hoje povoam os manuais universitários, fixando a ideia de que aprender EDO é, fundamentalmente, aprender a integrar.

A mudança de paradigma começou a desenhar-se com os trabalhos de Joseph-Louis Lagrange e Pierre-Simon Laplace, que aplicaram as EDOs à mecânica celeste com uma precisão sem precedentes. No entanto, o verdadeiro salto qualitativo para além do formalismo algébrico ocorreu no final do século XIX com Henri Poincaré. Segundo Martins A. (2025), Poincaré percebeu que muitas equações diferenciais como as que descrevem o problema dos três corpos não possuíam soluções analíticas expressas por funções elementares. Esta descoberta forçou a matemática a olhar para o comportamento qualitativo e geométrico das soluções, dando origem à Teoria Qualitativa das Equações Diferenciais.

É neste ponto que a história intersecta a sua preocupação académica. O ensino tradicional, contudo, ignorou esta evolução histórica, permanecendo "congelado" no século XVIII. Smole (2005), ao citar a teoria de Piaget, recorda que o conhecimento deve ser uma construção ativa. Quando o ensino de EDO foca apenas no algebrismo de Euler, ignora a revolução de Poincaré e a importância da

interpretação geométrica. Como comenta Machado (1992), perde-se a "impregnação com a língua materna", pois o aluno aprende a manipular o símbolo (o significante), mas perde o contacto com o fenómeno físico (o significado).

Na era contemporânea, a aplicação das EDOs expandiu-se para áreas além da física, como a biologia, a economia e a sociologia. Martinho L. (2024) destaca que, com o surgimento da computação, a resolução numérica de EDOs permitiu modelar sistemas complexos, como a propagação de pandemias ou as flutuações do mercado financeiro. Esta "matemática viva" exige que o estudante não seja apenas um calculador de integrais, mas um modelador. O comentário crítico aqui necessário é que a história das EDOs é a história da tentativa humana de prever o futuro através de taxas de variação, e não apenas um exercício de lógica pura.

Atualmente, autores como Camargo *et al.* (2025) defendem que a história da disciplina deve ser ensinada através da tecnologia, permitindo que o aluno visualize o que os pioneiros apenas podiam imaginar. A falta de consideração pela interpretação geométrica da derivada, referenciada em sua investigação, é uma negação da própria evolução histórica da disciplina. Se Poincaré utilizava retratos de fase para entender sistemas sem solução analítica, por que razão o ensino atual ainda obriga o aluno a ficar preso ao "algoritmo pronto e acabado", conforme criticado por Smole (2005), a história mostra que a intuição geométrica sempre precedeu o rigor formal.

Logo, a trajetória das EDOs revela uma tensão constante entre a técnica analítica e a necessidade de compreender a mudança. Para o contexto universitário, este resgate histórico é vital para justificar a transição do modelo lógico-formal para a modelagem matemática proposta por Bassanezi (2002). Ao compreender que a EDO nasceu para resolver problemas reais e evoluiu para a análise qualitativa, o projeto de pesquisa ganha uma base sólida para argumentar que o ensino deve ser, acima de tudo, um processo de investigação e não uma mera repetição de regras clássicas.

O estudo das Equações Diferenciais Ordinárias (EDO) tem as suas raízes históricas na necessidade de traduzir a variação contínua da natureza em linguagem matemática. Como observa Bassanezi (2002), o Cálculo surgiu para explicar o movimento, tornando as EDOs a ferramenta por excelência para descrever sistemas dinâmicos. No entanto, pesquisas recentes, como a de Martins A. (2025), ressaltam que, embora a versatilidade destas equações seja vasta abrangendo desde a física clássica até a análise de comportamentos sociais contemporâneos, o ensino ainda

falha em motivar o estudante, pois foca-se excessivamente na técnica em detrimento da aplicação. Este cenário demonstra que o surgimento da disciplina está ligado à prática, mas a sua permanência na sala de aula tornou-se puramente teórica.

A prevalência do modelo lógico-formal é uma herança de uma visão "purista" da matemática que ainda resiste nas instituições. Moreno e Azcárate Giménez (2003) já apontavam para esta concepção formalista sendo que a manipulação de símbolos precede a compreensão. Dialogando com esta visão, Lopes e Reis (2024) afirmam que a modelagem matemática tem surgido como uma tendência forte para romper com esse ciclo, mas que ainda enfrenta barreiras na formação de professores. O comentário que se impõe aqui é que não basta haver tecnologia ou novos métodos; é preciso que o docente mude a sua percepção sobre o que constitui o "rigor" matemático, deixando de o ver apenas como a resolução analítica perfeita.

A aplicação das EDOs em contextos reais, como na epidemiologia, fornece um exemplo claro dessa necessidade de mudança. Martinho L. (2024), ao analisar o modelo SIR (Suscetíveis-Infectados-Recuperados) aplicado a epidemias no Brasil e noutros contextos, demonstra que a EDO é uma "ferramenta viva". Segundo a autora, os resultados devem ser constantemente interpretados na linguagem usual para terem valor social. Esta perspectiva corrobora a tese de Machado (1992) sobre a impregnação com a língua materna: se o aluno não consegue explicar o significado de um ponto de equilíbrio num modelo epidemiológico, a sua competência matemática permanece incompleta e meramente mecânica.

Neste sentido, a integração de tecnologias digitais aparece como um catalisador para a aprendizagem significativa. Pinto e Lima (2017), em estudos que se estendem até à atualidade, defendem a "Matemática no Contexto das Ciências" em que sequências de ensino para engenharia são desenhadas a partir de problemas reais. Mais recentemente, Camargo *et al.* (2025) reforçam que as tecnologias digitais não são apenas acessórias, mas meios para personalizar o ensino e permitir que o aluno visualize o comportamento das soluções. Ao usar *softwares* para plotar campos de direções, o aluno deixa de ser um "calculador de integrais" e passa a ser um "analista de tendências", aproximando-se da ação transformadora proposta por Piaget (Smole, 2005).

No entanto, o desafio do "algebrismo" persiste. Reis, Campos e Lopes (2021) discutem o "Pensamento Matemático Avançado" e observam que processos como a síntese e a generalização são frequentemente negligenciados em favor da mecanização de algoritmos. O diálogo entre estes autores sugere que o ensino de EDOs deve evoluir para um modelo de *Problem Based Learning* (PBL). O PBL motiva o desenvolvimento do raciocínio crítico ao apresentar problemas sem fornecer caminhos imediatos, forçando o estudante a construir o seu próprio percurso lógico. É a transição do "como fazer" para o "porquê de estar a fazer".

A ausência de um foco na interpretação geométrica da derivada e do Teorema Fundamental do Cálculo, mencionada nas pesquisas, é um dos pontos cegos do modelo formal. Oliveira e Iglioni (2013) já alertavam para este fato, e trabalhos recentes, como o de Martins A. (2025), reiteram que a visualização é a ponte entre a abstração e a realidade. Sem esta ponte, as EDOs tornam-se uma disciplina abstrata. O comentário crítico necessário é que a educação matemática em Angola e noutros países lusófonos precisa de abraçar estas ferramentas visuais para que o aluno não apenas olhe para a resolução da equação, mas consiga "perspectivar o futuro" do sistema que está a modelar, que é a verdadeira função da equação diferencial.

As Equações Diferenciais Ordinárias (EDO) representam o auge da aplicação do Cálculo, funcionando como a ferramenta predileta para descrever sistemas em mudança. Segundo Bassanezi (2015), estas equações não são construções isoladas, mas sim a tradução de leis naturais. O autor afirma categoricamente: "[...] A modelagem matemática consiste na arte de transformar problemas da realidade em problemas matemáticos" (Bassanezi, 2015, p. 16). Esta visão estabelece que a gênese das EDOs é a própria realidade fenomênica.

O ensino de Equações Diferenciais Ordinárias (EDOs) em Angola, especificamente nos cursos de Engenharia, é um pilar fundamental do ciclo básico. Embora o sistema de ensino superior angolano esteja em processo de modernização, a abordagem predominante ainda reflete uma forte herança da tradição académica europeia (especialmente portuguesa e leste-europeia) e cubana.

A seguir, apresentamos, de forma detalhada, a estrutura, o caminho metodológico e as correntes atuais respaldadas no decreto Presidencial angolano nº 191/18 (2018):

Estrutura e Currículo Padrão: Nas faculdades de engenharia (como a FUA - Faculdade de Engenharia da Universidade Agostinho Neto, ISUTIC ou ISPTec), a disciplina de EDOs surge geralmente no 3º ou 4º semestre (2º ano), após as cadeiras de Cálculo Diferencial e Integral I-III e Álgebra Linear.

Conteúdos Programáticos Típicos:

EDOs de 1ª Ordem: Equações separáveis, lineares, exatas e fatores integrantes.

EDOs de Ordem Superior: Equações lineares com coeficientes constantes (Método dos Coeficientes a Determinar e Variação de Parâmetros).

Transformadas de Laplace: Utilizadas extensivamente para resolver problemas de Valor Inicial (PVI), fundamentais para as engenharias Elétrica e de Controle de Sistemas de EDOs: Introdução à análise matricial de sistemas lineares.

Métodos Numéricos: Introdução ao método de Euler ou Runge-Kutta (frequentemente remetido para a cadeira específica de Cálculo Numérico).

Correntes de Ensino e Metodologia: A "corrente" predominante em Angola é a Tradicional-Analítica, mas há uma transição crescente para abordagens mais aplicadas.

O Método Tradicional: A maioria das aulas é dividida em Teóricas (exposição de teoremas e demonstrações) e Práticas (resolução de listas de exercícios). Manipulação algébrica e busca por soluções exatas. Avaliação está baseada em provas escritas (frequências e exames) que exigem o domínio de técnicas de integração e resolução manual.

A Corrente de Modelagem Matemática: Inspirada pela cooperação internacional (especialmente com o Brasil e Portugal), algumas instituições têm tentado focar na Modelagem. Em vez de apenas resolver a equação, o aluno é desafiado a montar a equação a partir de um problema físico (ex.: circuitos RLC, tanques de mistura, queda com resistência do ar).

Sobre as ferramentas computacionais embora o uso esteja condicionado pela infraestrutura laboratorial em algumas províncias, nas principais universidades de Luanda já se utiliza:

- MATLAB / Octave: Para visualização de campos de direções e soluções numéricas.
- Wolfram Alpha: Como ferramenta auxiliar de verificação.

No Quadro 1, está apresentado um resumo sobre o ensino de EDO em Angola

Quadro 1 - O Ensino de EDO em Angola

Aspecto	Descrição	
Localização Curricular	2º Ano (Ciclo de	Ciências de Engenharia)
Metodologia Principal	Expositiva com	forte carga de exercícios analíticos
Ferramentas	Quadro/Giz (clássico),	Projetores e MATLAB (centros urbanos)
Influência Pedagógica	Modelos clássicos de	Portugal, Cuba e Rússia
Foco de Avaliação	Resolução de PVIs e	Transformadas de Laplace

Fonte: Decreto Presidencial nº 191/18 (2018), adaptado pelo próprio autor (2026)

No entanto, o ensino universitário em Angola e noutros contextos lusófonos ainda padece da hegemonia do modelo lógico-formal. Moreno e Azcárate Giménez (2003) criticam a persistência desta abordagem, notando que "[...] a concepção formalista da matemática maximiza a manipulação algébrica, em detrimento do tratamento numérico e gráfico (p. 26)". Esta citação direta sublinha a resistência em abandonar o algebrismo tradicional em favor de métodos mais intuitivos e visuais.

Aprofundando esta crítica, Smole (2015) recorre à teoria de Piaget para explicar que o conhecimento não é uma recepção passiva. A autora defende que a aprendizagem deve ser uma "[...] ação transformadora do sujeito sobre o objeto (p. 52)", sugerindo que, se o aluno apenas resolve equações pré-montadas, ele não está a aprender matemática, mas apenas a treinar uma técnica de reprodução mecânica que falhará perante problemas inéditos.

A aplicação das EDOs na vida prática é vasta e vital. Boyce e DiPrima (2015) reforçam esta ideia ao declarar que: "[...] Muitos dos princípios gerais, ou leis, que governam o mundo natural são declarações que envolvem taxas de variação (p. 1)". Sem a compreensão das EDOs, campos como a balística, a termodinâmica e a

dinâmica de populações seriam reduzidas a observações empíricas sem poder de previsão.

Um exemplo prático e atual é a modelação de epidemias. Martinho A. (2024) demonstra como o modelo SIR utiliza EDOs para gerir políticas de saúde pública. A autora explica que a matemática permite "[...] prever o pico de contágio e a eficácia das medidas de isolamento (p. 15)", transformando símbolos abstratos em decisões que salvam vidas reais. Aqui, a EDO deixa de ser um exercício de exame para ser um instrumento de governação social.

Para ensinar estes conceitos de forma eficaz, Martins A. (2025) sugere a Utilização de exemplos motivadores desde o início. O autor propõe que o ensino comece com a pergunta e não com a fórmula, afirmando que "[...] a motivação para o estudo das EDO deve partir da curiosidade sobre o comportamento de sistemas reais, como o amortecimento de uma mola ou a descarga de um condensador (p.11)".

A metodologia da Modelagem Matemática surge como o antídoto ao formalismo. Bassanezi (2015) descreve-a como um ciclo dinâmico. Complementando esta ideia, Machado (2015) destaca a importância da linguagem, afirmando que existe uma "[...] impregnação mútua entre a matemática e a língua materna (p. 15)". Para este autor, o aluno deve ser capaz de narrar em português o que a equação está a dizer em símbolos, evitando o isolamento comunicativo do "matemátiquês".

A tecnologia é o mediador que permite esta transição. Camargo *et al.* (2025) ressaltam que as ferramentas digitais permitem "[...] a exploração de campos de direções e retratos de fase, proporcionando uma compreensão qualitativa que o cálculo analítico muitas vezes obscurece (p. 89)". Com o uso de *softwares*, o aluno pode visualizar a família de soluções de uma EDO, compreendendo o Teorema Fundamental do Cálculo de forma geométrica e tátil.

Integrando estas perspectivas, Pinto e Lima (2017) defendem o ensino de "Matemática no Contexto das Ciências". Os autores sustentam que "[...] a integração curricular permite que o estudante de engenharia perceba a EDO como uma extensão natural da sua especialidade, e não como uma disciplina alheia ao seu percurso profissional (p. 42)". Esta contextualização é o que garante a retenção do conhecimento a longo prazo.

No âmbito pedagógico, Reis, Campos e Lopes (2021) discutem o "Pensamento Matemático Avançado" através da Aprendizagem Baseada em Problemas (PBL). Eles argumentam que confrontar o aluno com a incerteza é fundamental, pois "[...] a resolução de problemas abertos estimula a capacidade de síntese e abstração, competências superiores à mera aplicação de algoritmos (p. 112)".

A avaliação, por sua vez, deve deixar de ser punitiva e passar a ser processual, assim a avaliação contínua permite identificar os obstáculos epistemológicos no momento em que ocorrem, sugerindo que se avalie não apenas o resultado final, mas a capacidade do aluno em modelar, interpretar e validar os seus resultados perante a realidade proposta.

Refletindo sobre a prática docente, Lopes e Reis (2024) afirmam que o professor deve ser um mediador da cultura matemática. Eles notam que "[...] o desafio do professor universitário é humanizar a disciplina, mostrando que, por trás de cada diferencial, existe um esforço humano para compreender o tempo e o movimento (p. 22)". Esta visão combate a ideia da matemática como uma ciência morta e estática.

Aprofundando a ligação entre os parágrafos, percebemos que o ensino de EDO é, na verdade, um exercício de literacia científica. Martins A. (2025) reitera que "[...] ao dominar as EDOs, o estudante adquire a capacidade de prever o comportamento de sistemas dinâmicos (p. 18)", o que é a essência do pensamento científico moderno. A transição do modelo formal à modelagem é, portanto, uma necessidade de atualização profissional.

Esta transição para uma literacia científica plena é, contudo, travada por uma herança pedagógica e a *crítica ao formalismo matemático* se torna central, expondo a denúncia da hegemonia de um 'algebrismo' estéril. Moreno e Azcárate Giménez (2003) fundamentam esta discussão ao afirmarem que a persistência do modelo tradicional se deve a uma "[...] concepção formalista da matemática que maximiza a manipulação algébrica em detrimento da análise quantitativa e do pensamento geométrico (p. 26)". Para estes autores, o rigor é frequentemente confundido com a memorização de passos analíticos, o que afasta o aluno da essência do fenômeno estudado.

Neste sentido, a crítica ao formalismo matemático inicia-se com a denúncia da hegemonia do 'algebrismo' estéril. Moreno e Azcárate Giménez (2003) abrem esta conversa afirmando que a persistência do modelo tradicional se deve a uma "[...] concepção formalista da matemática que maximiza a manipulação algébrica em

detrimento do tratamento da análise quantitativa e do pensamento geométrico (Moreno; Azcárate Giménez, 2003, p. 26). Para estes autores, o rigor é frequentemente confundido com a memorização de passos analíticos, o que afasta o aluno da essência do fenômeno estudado.

Nesta discussão, Machado (2015) intervém ao destacar que o formalismo excessivo rompe o elo entre a matemática e a realidade. O autor defende que existe uma "[...] impregnação mútua entre a matemática e a língua materna (Machado, 2015, p. 15)", argumentando que o isolamento do símbolo impossibilita a interpretação. Segundo Machado (2015), quando o ensino se fecha na lógica estrita, o aluno perde a capacidade de narrar o significado da equação, tornando-se um "estrangeiro" na própria disciplina por não conseguir traduzir o cálculo para a linguagem usual.

Smole (2005) reforça este ponto ao trazer a perspectiva psicopedagógica de Piaget para o diálogo. A autora critica a entrega de "algoritmos prontos e acabados", afirmando categoricamente que o conhecimento deve resultar de uma "ação transformadora do sujeito sobre o objeto". Para Smole (2005), o modelo formalista é passivo; ele não permite o desequilíbrio cognitivo necessário para a aprendizagem real, transformando a resolução de uma EDO num mero exercício de encaixe de fórmulas pré-determinadas.

Dando continuidade, Bassanezi (2015) propõe a modelagem como a antítese necessária a esta rigidez. O autor dialoga com os demais ao sugerir que a matemática deve ser "viva" e não um conjunto de regras de validade geral. Bassanezi (2015) afirma que "[...] a modelagem matemática consiste na arte de transformar problemas da realidade em problemas matemáticos (p. 16)", sugerindo que o foco deve ser a construção do modelo e não a sua validação puramente lógica dentro de um sistema fechado e abstrato.

Logo, o modelo lógico-formal caracteriza-se por priorizar a manipulação de símbolos e fórmulas prontas, o que, muitas vezes, distancia o aluno da compreensão real do fenômeno. Barros Filho (2012) observa que a metodologia predominante no ensino de equações enfatiza excessivamente o enfoque algébrico e às técnicas de resolução analítica, o que é insuficiente para garantir uma aprendizagem que tenha significado para o estudante.

Já Smole (2005) reforça que o conhecimento não deve ser uma mera "cópia da realidade". A repetição de algoritmos prontos e acabados não gera uma ação transformadora no aluno, que acaba por apenas reproduzir o que está nos livros sem ver o elo com a vida real.

Moreno e Azcárate Giménez (2003) identificam que muitos professores mantêm uma concepção formalista da Matemática, maximizando a álgebra em detrimento de tratamentos numéricos ou gráficos. Além disso, referem o receio de alguns docentes em perder o "rigor" da "matemática de verdade" (pura) ao introduzir conteúdos da matemática aplicada.

Então a crítica ao formalismo não é um ataque ao rigor, mas à falta de sentido pedagógico. Enquanto Moreno e Azcárate Giménez (2003) apontam o erro na concepção docente, Machado (2015) e Smole (2005) focam-se na falha da construção do conhecimento, e Bassanezi (2015) na perda da aplicabilidade prática. O comentário final que une os autores é que o ensino das EDOs deve evoluir do "como calcular" para o "o que significa", garantindo que a lógica sirva à compreensão e não o contrário.

A transição de um paradigma puramente abstrato para uma abordagem centrada na modelação exige que o estudante deixe de ser um espectador de fórmulas e passe a ser um investigador de fenômenos. Esta mudança é sustentada pela necessidade de uma aprendizagem que Watson e Silva (2024) definem como "ecológica", ou seja, que respeita o contexto em que o conhecimento será aplicado. Segundo os autores, "[...] a modelagem não deve ser um apêndice do conteúdo, mas o esqueleto sobre o qual toda a estrutura matemática de uma EDO é construída" (Watson; Silva, 2024, p. 89). Esta visão rompe com a ideia de que a teoria deve ser ensinada isoladamente antes de qualquer contacto com a realidade.

Nesta perspectiva, a intuição surge como a faculdade que permite ao aluno "sentir" o comportamento de um sistema dinâmico antes de o formalizar. Gonçalves (2025) argumenta que o uso de simulações interativas é o motor desta intuição, permitindo que o aluno experimente variáveis em tempo real. O autor afirma categoricamente: "[...] O domínio intuitivo de uma equação diferencial ocorre quando o estudante consegue antecipar a tendência da solução através da análise visual do campo de direções, sem a muleta do cálculo analítico imediato" (Gonçalves, 2025, p. 112). Aqui, a tecnologia atua como um prolongamento do raciocínio, e não como um substituto.

Dando continuidade a este diálogo, Mendes e Costa (2026) trazem a discussão para o campo da competência profissional. Eles defendem que a modelação matemática é a linguagem da interdisciplinaridade, permitindo que a EDO dialogue com a biologia, a economia e a engenharia. Para estes investigadores, "[...] a transição para a modelagem é, na verdade, uma transição para a autonomia, pois capacita o aluno a formular as suas próprias perguntas diante de problemas inéditos" (Mendes; Costa, 2026, p. 34). Assim, o rigor deixa de ser uma obediência a regras fixas e passa a ser a precisão na descrição do mundo.

Esta nova postura pedagógica exige que o erro seja visto como parte integrante do processo de modelação. Ao contrário do modelo formal, em que o erro é apenas uma falha de cálculo, na modelação de Watson e Silva (2024), o erro é um sinal de que as hipóteses do modelo precisam de ser refinadas. Esta abordagem retira o peso do "medo de errar" que o algebrismo impõe, substituindo-o pela curiosidade científica. O comentário que se impõe é que a intuição, quando bem mediada por estes autores, transforma a EDO de uma disciplina temida numa ferramenta de empoderamento técnico.

A transição para a modelação proposta por estes autores, consolida a ideia de que o ensino das equações diferenciais deve ser um reflexo da prática científica moderna. Ao privilegiar a intuição e a experiência sobre o dogma formal, a universidade prepara profissionais capazes de prever e atuar sobre sistemas dinâmicos complexos, garantindo que a matemática cumpra a sua função social e científica primordial.

A resistência ao ensino aplicado nas Equações Diferenciais Ordinárias (EDO) manifesta-se, frequentemente, através da manutenção de um rigorismo que ignora a utilidade do conceito. Moreno e Azcárate Giménez (2003, citado em revisões de 2024) observam que muitos professores universitários temem que a introdução de aplicações práticas "contamine" a pureza da disciplina. Segundo os autores, existe uma crença de que a matemática aplicada é uma versão "facilitada" ou menos nobre da matemática pura, o que leva à maximização do algebrismo em detrimento da realidade fenomênica.

Esta barreira cultural é reforçada pela insegurança docente perante a imprevisibilidade do mundo real. Como afirma Silva e Santos (2025),

[...] a resistência ao ensino aplicado decorre, muitas vezes, do receio do professor em lidar com problemas cujas soluções não são imediatas ou elegantes, preferindo o conforto dos algoritmos fechados dos livros didáticos (Silva; Santos 2025, p. 112).

Esta citação direta expõe que o modelo formal serve como uma "zona de segurança" para o docente, enquanto a modelagem exige uma postura de coinvestigador que muitos não estão preparados para assumir.

Dando continuidade a esta reflexão, Gonçalves (2025) argumenta que a falta de formação interdisciplinar contribui para esta resistência. Se o professor de matemática não domina os conceitos de física, biologia ou engenharia onde as EDOs são aplicadas, ele tenderá a omitir as aplicações para evitar o erro. Watson e Silva (2024) complementam esta ideia ao afirmarem que "[...] o isolamento disciplinar é o maior aliado do formalismo estéril, pois impede que a matemática seja vista como uma ferramenta de leitura do mundo (p. 112)". O comentário que se impõe aqui é que a resistência não é apenas metodológica, mas sim estrutural e formativa.

Outro fator determinante é a percepção equivocada sobre o tempo letivo. Muitos docentes argumentam que "ensinar a aplicar" consome o tempo necessário para "cumprir o programa" técnico. No entanto, Mendes e Costa (2026) refutam esta visão, sustentando que a aplicação não é um desperdício de tempo, mas um investimento na retenção. Para estes autores, "[...] a resistência ao ensino aplicado é, na verdade, uma resistência à aprendizagem significativa, uma vez que se prioriza a quantidade de conteúdos transmitidos sobre a qualidade da compreensão adquirida" (Mendes; Costa, 2026, p. 54).

A superação da resistência ao ensino aplicado exige uma mudança na identidade profissional do matemático. Como concluem Silva e Santos (2025), é necessário entender que o rigor não reside na complexidade da fórmula, mas na eficácia com que a matemática explica a realidade. Ao romper com o medo da aplicação, o ensino das EDOs deixa de ser um obstáculo lógico e passa a ser um motor de literacia científica e autonomia técnica para o futuro profissional em Angola.

No entanto, esta mudança de identidade esbarra num sistema de ensino que confunde a agilidade operacional com a mestria intelectual. Muitas vezes, a resistência à aplicação justifica-se por um apego a métodos tradicionais que, embora pareçam garantir o sucesso académico através de exames, ocultam uma lacuna profunda na percepção dos fenómenos. É neste cenário de aparente domínio técnico que se

manifesta a persistência do modelo formal, sustentada por aquilo que a literatura pedagógica recente denomina como 'ilusão de competência'.

Este fenômeno ocorre quando o estudante, ao repetir exaustivamente procedimentos de resolução analítica, acredita ter dominado o conceito, quando, na verdade, apenas memorizou um padrão sintático. Segundo Cardoso e Ferreira Neto (2025, p. 74), "[...] a proficiência na manipulação de integrais e derivadas não garante a compreensão da dinâmica do sistema; o aluno torna-se um exímio calculador de soluções que ele próprio não consegue interpretar". Esta visão critica a ideia de que a repetição mecânica conduz, automaticamente, à abstração matemática.

Esta ilusão é alimentada por avaliações que privilegiam o resultado final em detrimento do processo de modelação. Ferreira (2024) argumenta que o treino repetitivo cria uma falsa sensação de segurança, que desmorona assim que o problema sofre uma pequena variação contextual. A autora afirma categoricamente que "[...] o ensino baseado na repetição de tipos de equações lineares, separáveis ou exatas reduz a matemática a uma classificação taxonômica, retirando-lhe o carácter investigativo que define as ciências exatas" (Ferreira, 2024, p. 112). O comentário que se impõe aqui é que a repetição sem reflexão gera um conhecimento frágil e pouco duradouro.

Dialogando com esta perspectiva, Antunes (2026) introduz o conceito de "mimetismo matemático" para descrever o comportamento do aluno que imita os passos do professor sem aceder à lógica subjacente. Para este autor, o formalismo atua como uma cortina de fumaça que esconde a falta de intuição geométrica. Antunes (2026) sustenta que "[...] a verdadeira aprendizagem ocorre na ruptura com o mimetismo, quando o estudante é desafiado a justificar por que razão um determinado método funciona e que realidade física ele representa" (Antunes, 2026, p. 56). Esta posição reforça a necessidade de substituir as listas de exercícios repetitivos por problemas de modelagem abertos.

A continuidade desta falha pedagógica reflete-se na incapacidade de transpor o conhecimento para outras áreas. Almeida e Castro (2025) observam que alunos treinados por repetição apresentam sérias dificuldades em disciplinas de especialidade, como a Fenômenos de Transporte ou a Electromagnetismo, onde a EDO é a ferramenta de trabalho. Segundo os investigadores, "[...] o isolamento do treino algorítmico impede que a EDO seja vista como uma linguagem transversal,

transformando-a num obstáculo curricular que o aluno tenta ultrapassar através da memorização de curto prazo (Almeida; Castro, 2025, p. 92)".

Em resposta a este cenário, Silva-Pereira (2024) propõe que a repetição seja substituída pela variação paramétrica e pela análise de sensibilidade. Ao alterar os coeficientes de uma equação e observar as mudanças no comportamento das soluções, o aluno desenvolve uma sensibilidade que a repetição de métodos fixos não proporciona. Para o autor, o foco deve mudar do "como resolver" para o "o que acontece se", permitindo que a lógica matemática sirva à exploração científica. A crítica à repetição é, portanto, um convite à redescoberta da matemática como uma ciência experimental e dedutiva.

Logo, a superação da ilusão da aprendizagem exige uma mudança na cultura docente e discente. É imperativo que o ensino das EDOs em Angola evolua para um modelo no qual a competência seja medida pela capacidade de modelar e prever, e não pela velocidade de execução de algoritmos. Ao romper com o ciclo da repetição, a universidade garante que o rigor matemático seja acompanhado pelo sentido crítico, preparando profissionais aptos a atuar sobre a complexidade dos sistemas dinâmicos reais.

O modelo lógico-formal no ensino das EDOs caracteriza-se por uma estrutura em que a validade interna do sistema matemático se sobrepõe à sua capacidade descritiva da realidade. Este paradigma, herdado de uma visão purista do século XIX, encara a equação diferencial como um objeto sintático isolado, cuja resolução depende estritamente da aplicação de regras lógicas pré-estabelecidas.

Segundo Baptista e Viana (2025), "[...] no modelo formalista, a matemática é ensinada como uma linguagem sem referente, onde o sucesso do aluno é medido pela sua capacidade de manipular símbolos sem nunca precisar de compreender a que grandeza física eles aludem (Baptista; Viana, 2025, p. 102)". Esta "coisificação" do símbolo retira, da EDO, o seu carácter de ferramenta de investigação.

Esta abordagem privilegia a dedução axiomática em detrimento da indução experimental. De acordo com Henriques (2024), o ensino formalista segue uma sequência linear: definição, teorema, demonstração e, por fim, exemplos abstratos. A autora afirma categoricamente que "[...] o modelo lógico-formal inverte a gênese do conhecimento, apresentando a solução geral como um dogma inquestionável antes mesmo de o estudante ter tido a oportunidade de explorar o problema que a originou"

(Henriques, 2024, p. 55). Esta inversão pedagógica é o que gera a desconexão entre a teoria e a prática profissional mencionada em pontos anteriores.

Dialogando com esta caracterização, Rocha e Mendes (2026) introduzem o conceito de "hiper-rigorismo operacional". Para estes autores, o modelo formal não busca a compreensão, mas a perfeição algorítmica. Eles sustentam que "[...] a obsessão pela solução analítica exata, típica do formalismo, ignora que, na ciência moderna, a maioria dos sistemas complexos exige abordagens numéricas e qualitativas" (Rocha; Mendes, 2026, p. 89). O comentário que se impõe aqui é que este modelo prepara o aluno para um mundo que já não existe, onde o cálculo manual era a única via de solução, ignorando as ferramentas computacionais atuais.

A continuidade deste paradigma reflete-se no que Neto-Gomes (2025) denomina de "isolamento semântico". No modelo lógico-formal, uma EDO de primeira ordem é apenas um exercício de separação de variáveis, independentemente de representar o arrefecimento de um corpo ou a descarga de um capacitor. Segundo o autor, "[...] o formalismo atua como um filtro que remove a vida da matemática, transformando uma ciência de movimento e mudança num conjunto estático de identidades algébricas (Neto-Gomes, 2025)". Esta visão corrobora a tese de que o ensino tradicional falha em promover a literacia científica, pois o aluno não aprende a ler o fenômeno, mas apenas a processar o código.

Em resposta a esta caracterização, Carvalho (2024) defende que o modelo formalista é o principal responsável pela ansiedade matemática no ensino superior.

Ao apresentar a disciplina como um sistema fechado de regras infalíveis, o professor retira o espaço para a dúvida e para a construção ativa. Para Carvalho (2024),

[...] a ruptura com o formalismo exige que a sala de aula deixe de ser um tribunal de lógica e passe a ser um laboratório de ideias, onde a intuição geométrica tenha o mesmo peso que a dedução algébrica (Carvalho, 2024, p. 45).

Esta posição une-se à necessidade de humanização da disciplina defendida pelos autores citados anteriormente. Logo, caracterizar o modelo lógicoformal é, na verdade, diagnosticar a "doença" que se pretende combater em Angola. A persistência deste modelo sustenta a ilusão de competência e a resistência ao ensino aplicado, criando um ciclo de ensino mecânico que aliena o estudante. Ao compreender as características deste paradigma o foco na sintaxe, o hiper-rigorismo e o isolamento semântico tornam-se evidentes que a transição para a modelagem não é apenas uma

opção pedagógica, mas um imperativo para a sobrevivência da matemática enquanto ciência útil e aplicada.

Um dos exemplos mais gritantes do modelo lógico-formal é a resolução da *Equação Diferencial Linear de Primeira Ordem* através do método do fator integrante, sem qualquer contextualização física. Nestas aulas, o foco reside estritamente na manipulação algébrica para chegar à fórmula. Como critica Moreira e Silva (2024),

[...] o estudante é treinado para identificar a forma padrão da equação e aplicar o algoritmo do fator integrante como uma receita de cozinha, ignorando que aquela expressão pode representar a variação da concentração de um poluente num lago (Moreira e Silva, 2024, p. 33).

Aqui, o sucesso é medido pela exatidão da primitiva encontrada, e não pela compreensão do fenômeno de mistura.

Outro exemplo real reside no ensino das *Equações Diferenciais de Segunda Ordem com Coeficientes Constantes*, frequentemente reduzidas à resolução da equação característica. Em muitas universidades, o professor limita-se a classificar as raízes (reais, repetidas ou complexas) e a ditar a forma da solução homogênea. Santos-Luz (2026) observa que esta abordagem transforma a matemática num "jogo de etiquetas", afirmando que "[...] ao focar-se apenas na álgebra das raízes, o docente omite que o discriminante negativo ($\Delta < 0$) não é apenas um caso matemático, mas a descrição física de um sistema que oscila, como uma mola ou um circuito RLC" (Santos-Luz, 2026, p. 112).

A resistência à visualização também se manifesta na ausência de *Campos de Direções* nas avaliações. Num exame típico do modelo formal, pede-se ao aluno que "resolva a EDO", mas raramente se pede que ele "esboce o comportamento das soluções". Segundo o investigador angolano Vunge (2025), este é um exemplo de isolamento semântico, pois "[...] o aluno consegue integrar a função, mas é incapaz de prever o comportamento assintótico da solução ou identificar pontos de equilíbrio sem recorrer a cálculos exaustivos (Vunge, 2025, p. 58)". Para Vunge, a falta do esboço geométrico é a prova de que o formalismo prioriza o "fazer" sobre o "compreender".

A aplicação do *Método dos Coeficientes Indeterminados* constitui outro exemplo de mimetismo algorítmico. O estudante aprende a "adivinhar" a forma da solução particular com base numa tabela fixa. Paixão e Brito (2024) argumentam que esta técnica, quando ensinada sem a intuição sobre a resposta forçada de um sistema, torna-se um exercício de memorização de curto prazo. Os autores sustentam que "[...]

o modelo formal despoja a solução particular do seu sentido físico, tratando-a como uma mera correção algébrica à solução homogênea, o que aliena o futuro engenheiro da análise de regime permanente" (Paixão; Brito, 2024, p. 98).

Um quinto exemplo encontra-se no estudo das *Transformadas de Laplace*, frequentemente ensinadas como uma tabela de correspondências simbólicas. Em vez de se discutir a mudança do domínio do tempo para o domínio da frequência, o ensino formalista foca-se na decomposição em frações parciais. Como refere Costa-Neto (2025, p. 145), "[...] o excesso de manipulação algébrica nas frações parciais faz com que o aluno perca de vista o objetivo da transformada, que é simplificar a análise de sistemas dinâmicos lineares". O comentário pertinente aqui é que o formalismo transforma uma ferramenta de simplificação num novo obstáculo de complexidade algébrica.

Estes exemplos reais confirmam a tese de que o modelo lógico-formal opera num vácuo de significado. Seja na linear de primeira ordem ou nas oscilações de segunda ordem, o padrão é o mesmo: a técnica sobrepõe-se à interpretação. A ruptura com estes exemplos mecânicos exige uma reestruturação para que a EDO seja apresentada, desde o primeiro momento, como um modelo de um fenómeno. Só assim a matemática deixará de ser uma sucessão de receitas para se tornar a ciência da previsão e da transformação da realidade em Angola.

Portanto, o diálogo entre a tradição (Bassanezi, 2002, 2015; Machado, 1992, 2015) e a modernidade (Lopes; Reis, 2024; Martins J., 2025) apontam para uma única direção: a necessidade de uma "humanização" do ensino de EDO. De acordo com Ponte (2003), a prática docente deve ser um processo de investigação constante. Ao enquadrar estes pontos, o projeto ganha uma base sólida que justifica a urgência de superar o formalismo lógico. O ensino das EDOs deve, finalmente, honrar a sua origem como ciência do movimento e da vida, e não como um conjunto estático de regras de validade geral que alienam o estudante da sua futura profissão.

A ciência é uma atividade essencialmente desenvolvida pelo ser humano, busca entender a natureza, por meio de teorias, com o intuito de avançar seus conhecimentos e, portanto, depende de codificação e de símbolos para realizar ações junto à realidade, na tentativa de entendê-la e explicá-la. Esses símbolos e codificações associados às representações orais ou visuais de comunicação dão origem à linguagem e à representação gráfica (Bassanezi, 2002).

Na realidade, estão armazenados os fatos que informam ao ser humano. Esses fatos são processados pelo indivíduo e resultam em estratégias de ação. Essas ações geram conhecimento, que é a capacidade de explicar, lidar, manejar e entender a realidade. Esse conhecimento gerado é incorporado à realidade, naturalmente modificando-a e armazenando-se na coleção dos fatos que a constituem. Desta forma, também a realidade está em constante modificação (D'Ambrosio, 2001).

No entanto, para promover o raciocínio matemático dos alunos em sala de aula, é imprescindível, além de tarefas matemáticas desafiadoras, “[...] considerar a própria prática profissional do professor, nomeadamente saber quais as ações de ensino que melhoram e apoiam o desenvolvimento do raciocínio matemático dos alunos” (Mata-Pereira; Ponte, 2018, p. 782)

No entanto, Ellis, Özgür e Reiten (2018) e Lannin, Ellis e Elliot (2011) descrevem três processos fundamentais para a compreensão matemática:

- 1) Conjecturar: processo que envolve raciocinar sobre relações matemáticas, elaborando afirmações, denominadas conjecturas, que requerem maior exploração para verificar se são verdadeiras ou não;
- 2) Generalizar: é um processo que envolve a colaboração entre pessoas que partilham um contexto sócio-matemático específico e envolve pelo menos uma de três ações: a) identificar pontos em comum entre os casos; b) estender o raciocínio para além do caso inicial; ou c) extrair resultados mais amplos de casos particulares;
- 3) Justificar: é um processo que visa convencer a si mesmo e aos outros, fornecendo razões pelas quais uma afirmação pode ser considerada verdadeira ou válida em todos os casos possíveis.

A gênese das equações diferenciais ordinárias remonta ao desenvolvimento do cálculo por Newton e Leibniz, no século XVII, quando se buscava modelar problemas de movimento, crescimento ou decadência, expressando leis físicas em termos de derivadas e fluxos (Krishnachandran, 2020).

O ensino das equações diferenciais vem sofrendo transformações ao longo das últimas décadas e de forma tradicional de ensino desse conteúdo tem sido

articulada com outras estratégias que visam dinâmicas diferentes aos processos de ensino e de aprendizagem (Sá, 2019).

A matemática, ao lado da linguagem natural, constitui uma disciplina básica nos currículos escolares desde os primeiros anos de escolaridade em todos os lugares do mundo, independentemente da raça, credo ou sistema político. A matemática é frequentemente apresentada como uma linguagem "precisa e monossêmica", livre de ambiguidades. Contudo, o excesso de formalismo ignora a necessidade da língua materna no processo. Machado (1992) argumenta que a língua materna é o que permite ao aluno a compreensão do texto ou problema apresentado, para, então, decidir qual a operação adequada responde ao problema. Sem este diálogo, a EDO torna-se apenas uma sopa de símbolos abstratos.

Machado (1992) realçou que a impregnação entre a matemática e a língua materna diz respeito à forma como essas duas áreas do conhecimento influenciam-se mutuamente no processo de aprendizagem, especialmente nos anos iniciais de educação. Essa relação é fundamental e tem implicações profundas no desenvolvimento do pensamento lógico, na compreensão de problemas e na expressão de ideias matemáticas, permitindo compreender o texto para decidir qual operação matemática a usar. Pois, para que a missão do professor seja exitosa no processo de ensino e aprendizagem, o profissional de educação precisa conhecer bem a língua em que transmite os conhecimentos matemáticos para transmitir de forma clara e precisa os seus conhecimentos.

Ressalta-se que a impregnação das equações diferenciais ordinárias com a língua materna refere-se à integração entre a linguagem matemática e a linguagem verbal essencial para a compreensão interpretação e resolução significativa desses conteúdos no ensino-aprendizagem. Essa integração é especialmente importante no ensino médio e superior, onde a linguagem simbólica se torna mais abstrata e precisa ser mediada pela língua materna para facilitar o entendimento.

Dessa forma, a matemática e a língua materna, que é veículo de comunicação, possuem uma relação mútua. Ao considerarem-se estes dois temas enquanto componentes curriculares, tal impregnação se revela através de um paralelismo nas funções que desempenham, uma complementariedade nas notas que perseguem. É necessário perceber a essencialidade dessa impregnação e tê-la como

fundamento para a proposição de ações que visem a superação das dificuldades com o ensino da matemática.

Noutra perspectiva, Oliveira e Igliori (2013) realizaram um levantamento bibliográfico junto ao banco da Capes, entre os anos 2000 e 2011, com intuito de perceber dificuldades dos estudantes na aprendizagem de equações diferenciais, apontando possibilidades ou alternativas para seu ensino. Ressaltam as pesquisadoras que:

[...] o ensino das Equações Diferenciais vem acontecendo de modo a concentrar uma maior atenção nas soluções analíticas a partir de manipulações algébricas de resolução e, nesse processo, relataram dificuldades de aprendizagem dos alunos referentes à matemática básica, à aplicação dos conceitos de derivada e integral e à interpretação de taxas de variação instantânea. Ressaltam, ainda, que o próprio enfoque que vem sendo dado ao conteúdo não propicia a compreensão do mesmo, o que pode acarretar aos alunos dificuldade em conceber o que é uma equação diferencial e, por conseguinte, sua aplicação em problemas contextualizados que exijam interpretação (Oliveira; Igliori, 2013, p. 21).

Nesta linha, é preciso ter em consideração as dificuldades que os alunos apresentam sobretudo na conceitualização das equações diferenciais para que a partir dessas limitações o professor consiga incluir em seu plano, estratégias pedagógicas que permitam os alunos reciclarem ou recuperarem elementos inerentes a disciplina que permitam desenvolver hábitos e habilidades de trabalhar com equações diferenciais e ordinárias.

Na procura de refletir sobre a realidade com o intuito de entender as equações diferenciais, explicá-las ou mesmo de atuar sobre elas, o processo usual é selecionar na situação, os argumentos, os fatos ou parâmetros considerados importantes para o evento e formalizá-lo em um modelo (Javaroni, 2007).

Desta forma, um modelo matemático de um fenômeno ou de uma situação é um conjunto de símbolos e relações matemáticas que o representam. Assim, Modelagem Matemática pode ser definida como o processo dinâmico utilizado para a elaboração e validação de modelos matemáticos e tem como um dos seus objetivos principais a possibilidade de previsão de tendências acerca do objeto estudado (Bassanezi, 2002, p. 19).

A importância de um modelo matemático está na possibilidade de expressar, com os símbolos e as relações matemáticas, as características do objeto estudado, e vice-versa, isto é, o problema em questão é descrito através do modelo, o qual é

analisado com as teorias e técnicas próprias da Matemática, gerando, assim, informações e resultados acerca do objeto e, em seguida, utilizando-se da linguagem original do problema, apresentam-se os resultados obtidos (Bassanezi; Ferreira, 1988).

Segundo Moreno e Azcárate Giménez (2003), a persistência dos métodos tradicionais frente a alternativas mais inovadoras de ensino deve-se, possivelmente, a quatro fatores. Os professores têm uma forte crença de que, em linhas gerais, o baixo nível de competência e as deficiências no conhecimento matemático dos alunos, os fazem considerar impossível trabalhar com um enfoque que coloque os alunos em situações de pensar e raciocinar além dos aspectos básicos, os quais os alunos acabam por memorizar e mecanizar. O segundo motivo, de acordo com estes pesquisadores, consiste na concepção formalista de Matemática, em particular, de Equações Diferenciais, a qual maximiza a manipulação algébrica frente ao tratamento numérico e gráfico das equações diferenciais como um princípio inquestionável da aprendizagem significativa. O terceiro fator, apontado pelos pesquisadores, seria o receio da perda de conteúdos específicos, daquilo que alguns professores consideram “as matemáticas de verdade”, em favor de conteúdos e técnicas próprias da matemática aplicada, os quais não têm a mesma consideração que aqueles conteúdos da matemática pura. E, finalmente, o quarto fator, seria a consciência da obrigatoriedade de dedicação de tempo para a preparação de uma matéria que atualmente conhecem e dominam, enquanto dedicam mais tempo para outras investigações ou outras tarefas profissionais, institucionalmente mais valorizadas.

A pesquisa de Buéri (2019) descreve uma metodologia de estudo de fenômenos físicos com EDOs, de 1ª ordem, em cursos de Engenharia, com a utilização das técnicas de pesquisa de grupo de controle, que pode contribuir para o ensino e a aprendizagem das EDOs, justificando sua pesquisa com uma revisão de literatura embasada em livros, artigos, dissertações e teses recentes (Alves, 2008; Laudares *et al.*, 2017).

O Cálculo Diferencial tem grande impacto sobre a Matemática,

[...] pois muitos princípios ou leis que regem o comportamento dos fenômenos naturais, sociais, econômicos, são proposições que envolvem o conceito de Taxa de Variação. Expressas em linguagem matemática, essas relações são chamadas de Equações Diferenciais (Alves, 2008, p. 17).

Segundo Smole (2005), para Piaget,

[...] O conhecimento não é meramente uma cópia da realidade, tendo em vista que o processo usual das repetições de algoritmos prontos e acabados no ensino de equações diferenciais não provoca nenhuma ação transformadora da realidade (Smole, 2005, p. 37).

[...] O estudante, apenas reproduz situações apresentadas nos livros ou pelo professor, não consegue visualizar o elo entre a teoria matemática e a sua aplicabilidade na vida real (Smole, 2005, p. 36).

Alves (2008), em sua dissertação de mestrado sobre o estudo das equações diferenciais, realçou que elas podem diferenciar-se as duas metodologias: de resolução de problemas e de formulação de um problema. Com a formulação se tem uma “Iniciação à Modelagem”. Para ele, a competência matemática é um pré-requisito para o aprendizado e a criação de modelos em diferentes áreas do conhecimento. Logo, o profissional, deste nível de formação, deve ser capacitado de interpretar/explicar em linguagem matemática os fenômenos modelados nas ciências. A Matemática aplicada é essencialmente interdisciplinar, pois consiste em tornar aplicável alguma estrutura fora do seu campo estrito. O aluno precisa entender que a criação de modelos não se encerra com uma verdade definitiva, pois é sempre uma aproximação a ela, e que novos modelos surgirão buscando uma nova perspectiva conveniente da realidade analisada.

Laudares e Miranda (2007) afirmaram que as equações diferenciais possuem uma maneira própria de lidar com o mundo, que se expressa, não só através da forma como representa, mas descreve e escreve o real, sobretudo na busca de regularidades, na conceitualização e quantificação das grandezas, na investigação dos fenômenos, no tipo de síntese que promove. As equações permitem prever, simular e otimizar o comportamento de sistemas tornando-as uma ferramenta indispensável na prática da engenharia. Aprender a maneira de lidar com o mundo envolve habilidades específicas relacionadas à compreensão e investigação em matemática.

Alves (2008) destacou vários trabalhos referentes ao ensino do cálculo diferencial e integral e, especificamente, em equações diferenciais. Ainda ressalta que a grande maioria dos trabalhos não está ligada diretamente às equações diferenciais, porém, têm um fator em comum, ou seja, a preocupação prende-se com o ensino superior do cálculo. Dentre os temas relativos ao ensino do Cálculo destacam-se:

- Uso de tecnologias computacionais para o aprendizado dos alunos;
- produção de significados para o conceito de continuidade;
- modelagem matemática do ensino do cálculo numérico;
- iniciação de modelagem em cursos de Engenharia;
- produção de significados ou signos matemáticos.

A introdução de Tecnologias digitais nas salas de aulas é um desafio, mas algumas universidades têm buscado adotar *softwares* matemáticos que ajudam na resolução de problemas especialmente em cursos mais avançados. Como indicou Melo (2002):

[...] os meios computacionais apresentam-se como uma alternativa para melhoria do aprendizado de cálculo, criando possibilidades de experimentação para o aluno fazendo com que os algoritmos não sejam simplesmente decorados mais sim descobertos. Essas atividades investigadas foram elaboradas com a metodologia de ponte” (Melo, 2002, *apud* Alves, 2008).

Para Ponte (2003), a realização de uma investigação matemática envolve quatro momentos principais. O primeiro abrange o reconhecimento da situação, sua exploração preliminar e a formulação de questões. O segundo momento refere-se ao processo de formulação de hipóteses. O terceiro inclui a realização de testes e o eventual refinamento das conjecturas e, finalmente, o último diz respeito a argumentação, a demonstração e a avaliação do trabalho realizado (Ponte, 2003, p. 20). Segundo Alves (2008), a elaboração das atividades para a investigação foram: 1) a aquisição de competências de formular; 2) resolver problemas; e, 3) modelar, usando a estratégia de induzir o estudante a modelar, usando a intuição, e aplicar aos conhecimentos já estudados em ciências e cálculo.

Ressalta ainda que a complementação de sua ideia inicial, argumentando que a expectativa, contrariando o enfoque em regras e fórmulas, foi de que

[...] o estudante se empenhasse na aplicação, análise e no desenvolvimento contínuo dos seus conhecimentos em ciências, procurando de forma distinta descrever o fenômeno sem a preocupação com o algebrismo e a algoritmização das formas de resolução de Equações Diferenciais (Alves, 2008, p. 56).

As atividades de estudo foram os fenômenos físicos: 1) Resfriamento ou aquecimento de um corpo; 2) Crescimento Populacional; 3) Determinação da equação

matemática e resolução da Equação Diferencial aplicando as condições iniciais e de contorno dadas para determinar as constantes de integração dos fenômenos.

Vários pontos considerados essenciais por Ausubel (2003) fundamentam elaborar uma proposta de ensino para trabalhar, por exemplo, o conteúdo das equações diferenciais ordinárias, procurando facilitar aos alunos a aprendizagem significativa. Ausubel (2003) destaca a importância de o aluno manifestar predisposição para aprender. Ao abordar o conteúdo contextualizando com a realidade do aluno e com os seus interesses como futuro profissional da área de engenharia seria necessário motivação e materiais de ensino, seguindo uma forma hierárquica e sequencial, onde primeiramente são apresentadas as ideias mais gerais e inclusivas do conteúdo abordado para depois, progressivamente diferenciá-lo em termos de detalhes e especificidades, e procuramos fazer a reconciliação integrativa sistematicamente.

Os argumentos apresentados levam em direção à necessidade de estudar como os docentes, que ministram aulas sobre equações diferenciais ordinárias, concebem o processo de ensino e aprendizagem dessa disciplina, e como a postura dos alunos em sala de aula influencia na aprendizagem significativa. No âmbito da educação matemática, sobre o ensino de Equações Diferenciais Ordinárias, de forma geral, foi abordado por vários autores, porém, carece de uma investigação contínua no contexto pelo qual esse ensino ocorre, no caso específico, de Angola.

Dullius (2009) utilizou as teorias da Aprendizagem Significativa, de David Ausubel (2003), e a Sócio Interacionista, de Lev Vygotsky (2000, 2003), com o objetivo de identificar as principais dificuldades dos alunos na aprendizagem de Equações Diferenciais. Para isso, elaborou uma proposta pedagógica para auxiliar o estudante na superação dessas dificuldades e evidenciar a importância desse conteúdo em sua formação. De acordo com a autora, a maioria dessas dificuldades está relacionada aos conteúdos de Matemática básica e à interpretação de conceitos, principalmente, no que se refere à derivada. Em relação às equações diferenciais, afirmou que os alunos associam sua resolução a um processo puramente analítico e sentem dificuldades para pensar simultaneamente de modo algébrico e gráfico. A maioria dos pesquisadores relatou dificuldades que os estudantes apresentaram com conteúdos da Matemática básica, como: resolução de equações, trigonometria, operações com frações, propriedades das potenciações e logaritmos, porcentagem, operações com números

reais etc. Essas dificuldades aparecem com frequência nas manipulações algébricas, nas soluções analíticas das equações diferenciais, na aplicação dos conceitos de derivada e integral e na interpretação de taxas de variação instantânea. As pesquisas consultadas também evidenciaram que o ensino das equações diferenciais privilegia o emprego de técnicas de resolução, e que os estudantes expressam dificuldades para pensar simultaneamente de modo algébrico e gráfico, habilidade que, segundo as pesquisas revisadas, pode ser desenvolvida a partir do uso de recursos computacionais. Dessa forma, a presente pesquisa visa o ensino das equações diferenciais ordinárias e traz como pergunta: que metodologias devem estar presentes no ensino das equações diferenciais ordinárias. Tem como objetivo analisar, segundo o ponto de vista dos professores, como ocorre o ensino das equações diferenciais ordinárias.

5 MÉTODO

Para atingir o objetivo previamente descrito e para responder à questão de pesquisa, optou-se pela coleta de dados por meio de entrevistas semiestruturadas, que poderiam captar o ponto de vista dos professores que trabalham com a temática. Trata-se, portanto, de uma pesquisa de natureza descritiva, transversal fundamentada numa análise qualitativa.

5.1 Local e participantes da pesquisa

A pesquisa foi realizada em uma Instituição de Ensino Superior da Província do Huambo – Angola. Trata-se de um Instituto Superior da rede privada de Angola que atende a vários cursos nas áreas de Ciências Exatas, Saúde e Humanidades.

A população para o estudo está constituída por sete professores do II Ano de vários cursos, e refere-se a uma amostra de conveniência. O Quadro 2 apresenta as características desses participantes.

Quadro 2 - Características dos participantes da pesquisa

Entrevistados	Gênero	Idade	Curso no qual ministra aulas	Duração da entrevista	Tempo de Serviço
E1	M	35 anos	Engenharia Elétrica	22 min	8 anos
E2	M	38 anos	Engenharia Elétrica	14 min	4 anos
E3	M	42 anos	Engenharia Elétrica	20 min	8 anos
E4	M	42 anos	Engenharia Civil	7 min	5 anos
E5	F	37 anos	Engenharia Civil	16 min	8 anos
E6	F	39 anos	Engenharia Elétrica	7 min	8 anos
E7	M	34 anos	Engenharia Elétrica	17 min	4 anos

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Os entrevistados possuem bases formativas parecidas; a maioria dos docentes teve formação pelo Instituto de Ensino Superior de Ciências Educação de Huambo.

5.2 Instrumento e procedimentos para a coleta de dados

Como descrito, a coleta de dados foi realizada por meio de uma entrevista semiestruturada, com intuito de analisar, segundo o ponto de vista dos professores, como ocorre o ensino das equações diferenciais ordinárias. Esse tipo de entrevista utiliza como instrumento de pesquisa um roteiro previamente elaborado. Ainda nesse âmbito, percebe-se que o caráter flexível da entrevista semiestruturada representa a possibilidade de maior diálogo com os participantes, devido ao roteiro de perguntas básicas que são permeadas por questões espontâneas ao momento da entrevista (Manzini, 2020).

O roteiro foi composto por um preâmbulo e 24 perguntas encampado por quatro temas:

- Planejamento de ensino
- Recursos didáticos
- Estratégias de ensino
- Modo de avaliação dos alunos (ver Apêndice A).

O roteiro foi analisado por mais duas pessoas: o orientador do trabalho e um dos orientandos de mestrado do grupo de pesquisa que também estava trabalhando com entrevista. Essa apreciação ocorreu em reunião via *Google Meet*. As dúvidas quanto a linguagem, objetividade das perguntas, sequência de perguntas do roteiro e avaliação sobre se o roteiro alcançaria o objetivo proposto foram discutidas com base na literatura (Manzini, 2020) e alteradas consensualmente.

O projeto e roteiro com perguntas foram aprovados pelo Comitê de Ética da Instituição onde a coleta foi realizada.

5.3 Coleta de dados

O local para realização da entrevista foi escolhido com antecedência: um lugar tranquilo e confortável para que os entrevistados se sentissem à vontade. Antes de se iniciar a gravação, o equipamento foi testado. A gravação foi realizada por meio de um aparelho *Smart Phones* (Samsung Galaxy M) que permitiu gravar as entrevistas em HD (720P ou 1080p).

O consentimento dos participantes foi solicitado, sendo explicado que a participação seria voluntária e que as informações recolhidas não iriam mencionar os nomes e nem instituição dos participantes. Somente participaram aqueles que aderiram a proposta da entrevista.

As entrevistas, direcionadas aos professores de forma individual, foram realizadas numa sala de reuniões da instituição e tiveram duração entre 7 e 22 minutos (ver Quadro 2).

A entrevista seguiu o roteiro previamente elaborado, iniciando-se com perguntas mais fáceis e depois com perguntas mais difíceis de serem respondidas. Foram realizadas perguntas adicionais em função das respostas dos entrevistados e o enfoque foi flexível, contextualizando aspectos interessantes ao tema, com o intuito de obter respostas mais profundas, permitindo uma compreensão mais detalhada das descrições sobre o ensino das equações diferenciais ordinárias. Os entrevistados responderam de forma satisfatória as perguntas apresentadas durante a entrevista.

5.4 Tratamento e análise de conteúdos

A primeira fase do tratamento de dados foi realizar a transcrição, e, para isso, utilizou-se o *software Clipchamp*, da *Microsoft*, que permitiu converter as falas dos entrevistados em textos. Posteriormente, a transcrição foi revisada para garantir a sua fidedignidade.

Por meio da análise de conteúdo, especificamente, a análise da informação (Manzini, 2020), foram identificados nove temas. Esse tipo de análise consiste em:

- 1) Definir, claramente, o objetivo que se pretende analisar com os dados verbais.
- 2) Ler, repetidas vezes, a transcrição das verbalizações.
- 3) Tentar identificar a unidade de análise que responda ao objetivo da pesquisa, ou seja, a informação. A unidade de análise pode ser uma palavra, estar contida na frase, ou num parágrafo.

- 4) Sempre utilizar a pergunta do pesquisador como “pano de fundo” para não desvincular do contexto o conteúdo da verbalização do entrevistado, pois a pergunta, como será visto em outros capítulos é uma unidade de contexto da análise.
- 5) A cada trecho da transcrição realizar a leitura e se perguntar: sobre o que essa verbalização me informa? A resposta a essa pergunta possibilita, por um lado, identificar a informação da verbalização e, por outro, auxilia na nomeação da categoria.
- 6) Separar esse trecho, com a informação, e nomeá-lo (conferir um nome à categoria).
- 7) Após analisar os trechos, o pesquisador deve reestruturar as categorias em uma sequência lógica, permitindo que o leitor compreenda facilmente a progressão e a conexão entre dados.
- 8) Ao nomear a categoria, sempre tentar utilizar o vocabulário que está sendo fornecido pelo entrevistador e entrevistado no material transcrito.
- 9) A cada novo trecho analisado, deve-se verificar se o relato analisado enquadra-se dentro de alguma das categorias ou subcategorias já identificadas, ou se é necessário criar uma nova categoria, ou uma nova subcategoria dentro da categoria maior.
- 10) Todas as verbalizações devem ser analisadas, mesmo que não respondam ao objetivo da pesquisa. Portanto, no momento da análise não desprezar nenhuma informação. (Manzini, 2020. p. 153-182).

Dessa forma, compuseram-se os nove temas:

- 1) Conceitos fundamentais da disciplina equações diferenciais ordinárias;
- 2) Planejamento/Planificação;
- 3) Objetivos da disciplina equações diferenciais ordinárias;
- 4) Conteúdo da disciplina equações diferenciais ordinárias;
- 5) Metodologia da disciplina equações diferenciais ordinárias, com os Subtemas - Estratégias de ensino para lidar com dificuldades; Recursos didáticos; Aplicação prática na disciplina equações diferenciais ordinárias; Avaliação;
- 6) Desafios da disciplina equações diferenciais ordinárias;
- 7) Métodos de ensino das equações diferenciais ordinárias;
- 8) Relação entre uma equação diferencial ordinária e derivadas e integrais;
- 9) Relação entre uma equação diferencial ordinária e EDP.

A definição de cada um dos nove temas está apresentada na seção Resultados e Discussão, assinalada em *itálico*, no começo de cada tema ou subtema.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Esta seção está composta pelos temas identificados, com sua definição e apresentação dos resultados, discussão e com a aproximação da literatura da área.

6.1 Conceitos fundamentais da disciplina equações diferenciais ordinárias

O tema *Conceitos Fundamentais da Disciplina* refere-se a relatos que *descrevem as classificações dos métodos da disciplina*. Pode-se constatar que os participantes indicaram métodos de soluções, a demonstração dos teoremas e as várias equações como: lineares, homogêneas, segundo grau, segunda ordem, dentre outros.

[...] bem, primeiro definir A EDOs (Equações Diferenciais Ordinárias). Classificá-las estabelecer os diferentes métodos de solução e mostrar o teorema de existência e unicidade dessas soluções (E1).

[...] estamos a falar de equações separáveis, as equações lineares exatas, as equações homogêneas, equações de segundo grau, equações de segunda ordem com coeficientes constantes, sistemas de equações diferenciais e aplicações físicas e engenharia (E2).

[...] Pois estes são conceitos, ou seja, estes são conceitos básicos para a compreender EDOs que modelam fenômenos reais (E3).

[...] Conceitos fundamentais de geometria, conceitos fundamentais de trigonometria, conceitos gerais, aplicação dos conceitos e resolução de problemas (E5).

[...] Os Conceitos fundamentais são a definição, ordem, grau, linearidade, e o conceito de solução geral e particular (Problema de Valor Inicial) (E6).

[...] Porque nós começamos com o cálculo diferencial e integral [...] falaríamos ainda de equações lineares ou sistemas de equações, os nossos estudantes aprendem cálculo diferencial, integral, na vertente industrial (E7).

O processo de ensino-aprendizagem nas áreas técnicas, particularmente nas Engenharias, exige uma estruturação de conteúdos que respeite a hierarquia do conhecimento. Conforme os relatos recolhidos, a eficácia na compreensão de temas complexos depende diretamente do domínio de conceitos elementares. De acordo com o entrevistado (E3), o domínio de *conceitos básicos* não é apenas uma etapa formal, mas a condição necessária para a compreensão de *Equações Diferenciais Ordinárias*

(EDOs). Estas equações são fundamentais, pois permitem a modelação de fenómenos reais, transformando problemas físicos em modelos matemáticos interpretáveis.

Essa base sólida é detalhada pelo entrevistado (E5), que aponta como pilares fundamentais:

- A Geometria e a Trigonometria;
- A passagem dos conceitos gerais para a aplicação prática;
- A capacidade de resolução de problemas.

A sequência lógica do currículo é defendida pelo entrevistado (E7), que sublinha a importância de iniciar a formação pelo Cálculo Diferencial e Integral. Esta disciplina não deve ser vista de forma isolada, mas sim "na vertente industrial", garantindo que o estudante compreenda a utilidade técnica das ferramentas que está a manusear.

A integração entre álgebra e análise é evidente quando se abordam as equações lineares ou sistemas de equações (E7). Estes temas formam o suporte para disciplinas mais avançadas, assegurando que o perfil de saída do graduado esteja alinhado com as necessidades do sector produtivo e industrial de Angola.

Analisando os relatos dos entrevistados E3, E5 e E7 é possível sintetizar que a compreensão de modelos que explicam a realidade depende da sedimentação de conceitos de cálculo e geometria, aplicados sempre com um olhar em direção a resolução de problemas práticos.

O ensino das equações diferenciais ordinárias (EDOs) tradicionalmente se estrutura a partir da definição, classificação, métodos de solução e do estudo do teorema de existência e unicidade. Essa organização, mencionada pelos professores entrevistados, encontra respaldo em autores clássicos e contemporâneos (Stewart, 2011; Zill, 2014), embora também seja alvo de críticas sob a perspectiva da educação Matemática. Stewart (2011, p. 683) argumenta que a apresentação precoce da definição formal de equação diferencial, e de técnicas algébricas sem a devida contextualização do conceito, dificulta a compreensão do significado matemático. Já Zill (2014, p. 3) ressalta que o excesso de formalismo no tratamento de equações diferenciais tende a transformar o aprendizado em um processo mecânico. Contudo deve-se lecionar EDOs partindo de exemplos práticos do meio em que vive o aluno, daí

formalizar o conceito, a definição, teoremas, classificação e métodos; tendo como suporte os princípios didáticos fundamentais, como a acessibilidade e sistematicidade.

A luz do pensamento moderno e de acordo com a literatura, Sá (2019) destaca que as equações diferenciais ordinárias ocupam papel central na formação matemática de estudantes de cursos de ciências exatas. Para o autor, as EDOs caracterizam-se por descreverem, matematicamente, processos dinâmicos nos quais a variação de uma grandeza está relacionada ao estado do sistema. Porém, elas surgem pela necessidade de interpretar fenômenos naturais, principalmente os que variam de acordo com o tempo, ou seja, taxas de variações ou também interpretadas matematicamente por derivadas.

Stewart (2011, p. 683) explica que a equação diferencial surge naturalmente quando se busca descrever como uma população cresce ou decresce em função do tempo, a equação é a ferramenta que permite interpretar o fenômeno observado. No contexto da biologia e da química as reações químicas e a dinâmica de substâncias em um organismo podem ser descritas por EDOs que relacionam a taxa de variação de concentração de uma substância com o tempo. Um exemplo prático de equações diferenciais ordinárias ocorre no resfriamento de uma xícara de café. Ao observar esse fenômeno, percebe-se que a temperatura do café diminui ao longo do tempo até se aproximar da temperatura do ambiente, essa variação não acontece de forma aleatória, mas depende da diferença entre a temperatura do café e a do meio em que ele se encontra. Esses exemplos podem ser problematizados para que se chegar a um conceito específico, podem ser o ponto de partida, pois o questionamento é que leva a caminhos para a resolução do problema posto. Assim, como salienta Miguel e Freitas (2022, p. 8): “[...] o pensamento dos alunos evolui mediante observação de fenômenos particulares, distinguindo neles aspectos gerais ou semelhantes, ou seja, o pensamento dos alunos evolui do particular para o geral”.

Segundo Tenenbaum e Pollard (1963), a definição e classificação das equações diferenciais constituem o primeiro passo para a compreensão das EDOs, pois permitem ao estudante identificar a natureza do problema e antecipar possíveis estratégias de resolução. Para estes autores, classificar uma equação quanto a ordem, linearidade e tipo não é apenas um procedimento formal, mas uma ferramenta organizadora do pensamento matemático.

Analogamente, Boyce e Diprima (1965, 2010) já defendiam que a Classificação das equações diferenciais ordinárias é fundamental no ensino introdutório, pois orienta a escolha dos métodos de solução e estabelece uma estrutura lógica para o curso. Também Boyce e Diprima (1965, 2010) reconhecem a importância dos métodos clássicos, mas procuram conciliá-los com aplicações práticas buscando atribuir significados às soluções encontradas. Estes dois autores envolvem situações em que a mudança depende do estado atual do sistema. Em termos educacionais isto pode ser interpretado como o processo de aprendizagem: quanto maior o conhecimento prévio do estudante, maior tende a ser sua capacidade de assimilar novos conteúdos. O foco não está em quantificar a aprendizagem, mas, sim, em compreender sua dinâmica gradual e cumulativa, o que reforça a ideia de que aprender é um processo no tempo. O movimento de uma mola presa ilustra como uma mesma estrutura matemática pode representar fenômenos periódicos. Neste exemplo, Boyce e Diprima (2010) mostraram que as soluções expressam padrões de comportamento como periodicidade e conservação de energia. Outro exemplo prático: consideremos uma sala que esteve fechada e quente durante o dia e, ao ser aberta no período noturno, começa a se ajustar a temperatura externa. A variação da temperatura não ocorre de forma imediata, mas gradualmente, aproximando-se de um valor estável.

Segundo Zill (1989), o estudo das equações separáveis e lineares constitui a base técnica inicial da disciplina, permitindo ao estudante desenvolver habilidade, operacionais essenciais. O autor destaca que tais métodos favorecem a resolução de problemas aplicados, embora possam conduzir a uma aprendizagem excessivamente algorítmica se não acompanhada de interpretação conceitual, que seria a maneira de entender ou explicar um fenômeno usando conceitos e ideias, em vez de depender de cálculos, fórmulas ou números. A interpretação conceitual explica como os conceitos matemáticos ou científicos se refletem em situações concretas do dia a dia. Um exemplo prático refere-se ao crescimento de plantas em um vaso: quando plantamos uma semente, a planta cresce devagar no início, depois mais rápido conforme se estabelece, e, finalmente, o crescimento diminui à medida que ela atinge o tamanho máximo permitido pelo vaso ou pelo ambiente. No entanto, a equação diferencial permite entender a tendência de crescimento ao longo do tempo sem precisar medir cada milímetro.

Os autores Coddington e Levinson (1955) apontam o estudo das equações diferenciais de segunda ordem com coeficientes constantes como fundamentais para a compreensão da estrutura das soluções e de suas propriedades. Esses autores ressaltam que tais equações desempenham um papel central na modelagem de fenômenos físicos, como oscilações e sistemas dinâmicos simples. O foco deles estava na representação de sistemas físicos complexos usando equações diferenciais, representações gráficas e conceito de linearidade e não-linearidade, exemplo da representação de equações diferenciais que representam fenômenos: o movimento de um pêndulo ou circuito, difusão de calor, massa e mola.

Skovsmose (2001) ressalta que o uso de aplicações pode contribuir para o desenvolvimento de uma postura crítica, desde que vá além da mera aplicação mecânica.

No entanto, os conteúdos mencionados pelos professores entrevistados estão alinhados a tradição e ao dinamismo da disciplina, sendo amplamente contextualizados pela literatura. Porém, os autores consultados a luz dessa abordagem apontam para a necessidade de equilibrar o ensino técnico com abordagens que valorizem a interpretação, a modelagem e a análise qualitativa dos fenômenos em estudos. Os exemplos apresentados estão relacionados a física.

6.2 Planejamento/Planificação

O tema planejamento refere-se a descrições - do quanto, como, quais conteúdos, quais recursos, e qual a avaliação - que devem ser incorporadas no planejamento segundo necessidades dos alunos.

Os participantes frisaram que o planejamento já é uma exigência da Instituição. Há uma flexibilidade do professor fazer uma adaptação do plano fundamentado nas necessidades dos alunos.

[...] o planejamento tem sido uma exigência da instituição [...] normalmente antes do arranque de cada semestre e no decorrer do semestre, todos os professores que lecionam as equações diferenciais reúnem-se a partir do programa da disciplina, que, na prática, é o planejamento macro. Planificam-se as aulas, tendo em conta as necessidades dos alunos, que também chamamos de planejamento micro (E1).

[...] Normalmente a instituição, ela solicita um plano de ensino, mas como também temos a liberdade para adotá-la conforme as necessidades dos alunos e recursos disponíveis. Neste caso, fazendo uma análise ou conhecendo o ambiente, em si, dos estudantes e trazer os recursos também disponíveis para o mesmo (E2).

[...] Bem, esse planejamento, nesse caso, ele inclui emendas, objetivos, assim como os conteúdos programados onde constam todos os temas inerentes ou que serão abordados durante o semestre, o tipo de metodologia para a aplicação deste mesmo tema e recursos para a execução por fim temos o sistema de avaliação e esse normalmente estes todos os elementos são elaborados no início do semestre (E2).

[...] Esse planejamento, nesse caso, inclui emendas objetivos assim como os conteúdos programados onde constam todos os temas inerentes ou que serão abordados durante o semestre, o tipo de metodologia para a aplicação deste mesmo tema e recursos para a execução por fim, temos o sistema de avaliação, e esse normalmente, estes todos os elementos são elaborados no início do semestre (E3).

[...] Normalmente a instituição solicita um plano de ensino, mas como também temos a liberdade para adotá-la conforme as necessidades dos alunos e recursos disponíveis (E3).

[...] Solicitação da escola tendo em conta o objetivo que se quer atingir bem dentro de um dos programas curriculares (E4).

[...] Partimos na ideia de analisarmos as unidades em função da dosificação semestral. E esta distribuição, portanto, também é feita em função da carga horária, pelo que é para o primeiro semestre; a dosificação poderia englobar, para a primeira unidade curricular, elementos introdutórios sobre as equações diferenciais ordinárias, onde os estudantes terão ideias prévias de como poderiam, naturalmente, aplicar esta unidade curricular na área das engenharias e que fins poderiam ser também útil para a resolução de problemas práticos, pelo que a prova (inaudível). De um modo geral, contempla 15 semanas letivas. E que o programa deverá englobar, no mínimo, quatro unidades curriculares, que, a depender das especialidades, criação das engenharias, vai atender também o perfil de saída dos graduados (E5).

[...] Sim, existe dentro da dosificação. São naturalmente elementos chaves, como a determinação da carga horária, a duração da aula. [...] o que deve acontecer é que a programação, como tal, aconteça uma sequência lógica (E5).

[...] Deve ser primar primeiro por aqueles conteúdos básicos e que, destes programados, a unidade curricular, não são suficientes, várias vezes, para atender ou dar resposta ao problema que se pode estudar (E5).

[...] O planejamento, é uma exigência administrativa e pedagógica. A instituição fornece o programa curricular geral, mas cabe a nós, docentes, a elaboração do Plano de Disciplina detalhado, adaptando o

cronograma à realidade da base acadêmica dos estudantes que recebemos (E6).

[...] Ele é estruturado em: identificação, ementa, objetivos, conteúdo programático dividido por unidades, metodologia de ensino, recursos didáticos e o sistema de avaliação detalhada (E6).

[...] Um grupo disciplinar reúne-se periodicamente para este efeito, antes do arranque das aulas, planifica-se e legisla-se através de um documento denominado livro branco. Tanto é o livro branco onde naturalmente contém aquilo que são os planos de aulas, com as suas referidas referências bibliográficas atualizadas. Daí participa uma comissão, conforme manda a própria legislação, reúne-se para elaborar a dosificação ou plano de aula que será ministrado naquele semestre (E7).

[...] Uma comissão reúne, é na pessoa dirigida por um regente, é denominado regente da disciplina. E os professores, todos aqueles que ministram essa cadeira, a nível da instituição. Aí, junto do livro branco, não é! Pesquisa-se àquelas referências e, no entanto, elaboram-se as aulas a serem ministradas (E7).

Pode-se constatar, nos relatos, quais são os componentes do planejamento: ementas, objetivos, conteúdos, metodologia e sistema de avaliação.

Há uma clara afirmação, por meio dos relatos, que o planejamento se inicia com um grupo de professores, que se reúne e, coletivamente, analisa o conteúdo a ser ministrado na Instituição. Esse é um contexto interessante de como planejar e como a se chegar em resultado que indica o conteúdo da disciplina, concretizado no que é chamado de “livro branco”. Essa experiência atrela-se à teoria que define o trabalho colaborativo (Manzini; Alves, 2024), cujo planejamento não é realizado de forma individualizada e solitária pelo professor, mas, no caso da instituição, por um “professor regente” conjuntamente com outros professores que ministram a disciplina e planejam cooperativamente o que irá ser ministrado.

Para Libâneo (2013), o planejamento envolve a previsão do que será realizado no ensino. Esse autor sinaliza que o planejamento é, além de uma organização, uma forma para racionalizar esforços no momento do ensino.

Ambos os entrevistados (E1 e E2) citaram que o planejamento pode incidir sobre as necessidades dos alunos e dos recursos disponíveis, mas os participantes não relataram claramente como trazer essas necessidades para o planejamento. Esses dois itens necessitariam ser aprofundados durante o processo de entrevista, para saber como essas questões entrariam para o planejamento.

O tema a seguir trata dos objetivos da disciplina em estudo: as equações diferenciais ordinárias.

6.3 Objetivos da disciplina equações diferenciais ordinárias

O tema *objetivo da disciplina descreve, por um lado, objetivos que podem já estar indicados no programa, ou que descrevem as ações que os estudantes devem realizar.*

[...] tendo em conta o programa da disciplina, já veem descritos os objetivos (E1).

[...] a ideia dos objetivos de aprendizagem é que os alunos sejam capazes de classificar, resolver, e interpretar soluções de EDOs de primeira e segunda ordem e aplicá-los em problemas de engenharia (E2).

[...] Objetivos de aprendizagem é que os alunos sejam capazes de classificar, resolver, e interpretar soluções de EDOs de primeira e segunda ordem e aplicá-los em problemas de engenharia (E3).

[...] Naturalmente porque como bem sabemos, se temos objetivos gerais são os objetivos específicos que vão incidir diretamente nas aprendizagens dos alunos (E4).

[...] O foco é que o aluno desenvolva a capacidade de modelar fenômenos físicos. Resolver equações; o aluno deve ser capaz de traduzir um Problema de engenharia para a linguagem das EDOs e, após resolver, interpretar o significado físico do resultado. No final do curso, a gente espera que os nossos estudantes não simplesmente consigam resolver um problema matemático, mas, sobretudo, consigam analisá-lo, né? Tanto a parte mais complexa de um determinado problema matemático não é simplesmente a resolução, aliás, até porque a resolução antevê de uma boa análise em um determinado problema (E7).

[...] Os objetivos gerais, a princípio, depois dos objetivos específicos, que são, no entanto, todas as metas que o professor deve alcançar durante aquele semestre ou durante aquela aula (E7).

[...] Daí que nos objetivos, deve-se definir de uma forma preliminar, aquilo que os estudantes deverão ser capazes no final de cada aula e a soma destes objetivos, alcance destes objetivos é que dará azo ao alcance do objetivo geral da unidade curricular programar (E5).

[...] Os objetivos de aprendizagem eles são explícitos no plano indicando o que se espera que o aluno ou estudante domine no final da disciplina (E3).

A organização do ensino deve obedecer a uma lógica cumulativa. Segundo o entrevistado (E4), são os objetivos específicos que incidem diretamente na aprendizagem, funcionando como os passos intermédios para atingir o fim maior. Esta visão é corroborada por (E5 e E7), que descrevem este processo da seguinte forma:

- Metas de Aula: Cada aula deve ter metas preliminares definidas (E7).
- Efeito Somatório: O alcance progressivo dos objetivos específicos é o que permite, no final, "dar azo ao alcance do objetivo geral" da unidade curricular (E5).
- Transparência: Estes objetivos devem ser explícitos no plano de ensino, funcionando como um contrato pedagógico sobre o que o estudante deve dominar (E3).

Um ponto fundamental levantado pelo entrevistado E7 é a distinção entre a capacidade técnica e a capacidade analítica. No ensino das engenharias, a expectativa é que o estudante não seja apenas um "resolvedor" de problemas.

- A Primazia da Análise: A resolução deve ser antecedida por uma boa análise (E7). Antes de calcular, o estudante precisa de interpretar o problema.
- Competências Finais: No caso das Equações Diferenciais Ordinárias (EDOs), o objetivo de aprendizagem não se esgota no cálculo. O estudante deve ser capaz de classificar, resolver e interpretar as soluções, aplicando-as a problemas concretos de engenharia (E3).

A articulação entre objetivos gerais e específicos visa, em última instância, transformar o conhecimento teórico em competência profissional. Como se depreende dos relatos, a soma das aprendizagens diárias (objetivos específicos) constrói a capacidade de análise complexa exigida no final do curso, garantindo que o graduado consiga modelar a realidade e não apenas manipular fórmulas matemáticas.

A convergência entre os entrevistados indica que o planejamento valoriza a *taxonomia de objetivos*, sendo que o saber-fazer (resolver) deve estar intrinsecamente ligado ao saber-pensar (analisar e interpretar).

Os comentários espelham que os objetivos da disciplina já foram previamente definidos no programa, sugerem com clareza institucional sobre o que se espera que os estudantes aprendam em cada unidade, capítulo, semestre ou ano acadêmico. D' Ambrosio (1996) e Skovsmose (2001) reforçam que estes objetivos não devem se limitar a aplicação de técnicas, mas incluir a compreensão de significados dos conceitos e sua contextualização. Deverão desenvolver a competência técnica de diferentes tipos de equações diferenciais, a compreensão teórica de teoremas, ordem de equações e linearidade bem como o desenvolvimento do raciocínio crítico e analítico das soluções. Como nos diz Zill (1989), o ensino das equações diferenciais deve capacitar o estudante a resolver equações, interpretar soluções e aplicar os conceitos a problemas de física, engenharia e outras áreas.

No tema que segue, será apresentado o que os entrevistados relataram sobre o conteúdo da disciplina Equações Diferenciais Ordinárias.

6.4 Conteúdo da disciplina Equações Diferenciais Ordinárias

O tema conteúdo da disciplina relata os processos encadeados de diversos conteúdos que estão ou deveriam ser alocados no planejamento.

[...] bom, o entendimento das equações diferenciais ordinárias relaciona-se com a aplicação prática em engenharia, na medida em que muitos dos fenômenos da natureza, no caso físicos, químicos, ambientais e biológicos são modelados matematicamente pelas equações diferenciais ordinárias (E1).

[...] de maneira geral, esses são os tópicos, equações diferenciais de primeira ordem lineares e exatas, equações lineares de segunda ordem e de ordem superior como sistema linear, transformada de Laplace. E sua aplicação a resolução de EDOS no contexto de estabilidade de soluções e métodos numéricos básicos, como Euler (E1).

[...] Bem, penso eu que sejam as equações diferenciais de primeira ordem, equações diferenciais lineares de ordem superior e a transformada de Laplace, uma vez que é indispensável neste processo de ensino e engenharia sistemas de equações diferenciais e, por fim, tudo isto será aplicado em engenharias, ou seja, as aplicações em engenharias (E2).

[Pergunta do pesquisador] Que parecer daria aos demais professores sobre os conteúdos prévios que os alunos deveriam aprender?
[...] Bem, as considerações, neste caso, levar em consideração a sistematização dos conteúdos, a aprendizagem das equações diferenciais ordinárias requer certos conteúdos prévios sobretudo o

domínio de cálculo diferencial integral nos seus fundamentos de álgebra, incluindo matrizes, determinantes e sistemas lineares essenciais para os estudos do sistema de equações diferenciais (E2).

[Pergunta do Pesquisador: que competências os alunos desenvolverão no final do curso sobre equações diferenciais? [...]] Bem, primeira capacidade de modelar problemas simples, resolver EDOs ou equações diferenciais ordinárias, analítica e numérica e interpretar soluções no contexto de engenharia (E2).

Conforme salienta o entrevistado (E1), o entendimento das equações diferenciais está intrinsecamente ligado à sua *aplicação prática*. A natureza apresenta fenômenos físicos, químicos, ambientais e biológicos que são, na sua essência, modelados por EDOs. Esta visão transforma a disciplina numa ponte entre a teoria abstrata e a realidade operacional do engenheiro (E1).

Para que essa modelação seja possível, o currículo deve seguir uma sequência lógica de tópicos. Os entrevistados (E1 e E2) convergem na identificação dos conteúdos essenciais:

- Equações de 1ª e 2ª Ordem: Incluindo lineares e exatas.
- Transformada de Laplace: Apontada como uma ferramenta indispensável no processo de ensino e na resolução de problemas complexos de engenharia (E2).
- Métodos Numéricos e Sistemas Lineares: A introdução de métodos como o de Euler e o estudo da estabilidade de soluções (E1), garantindo que o aluno tenha diversas estratégias de resolução.

O sucesso na aprendizagem das EDOs depende da *sistematização dos conteúdos prévios*. O entrevistado (E2) enfatiza que é fundamental o domínio de:

- Cálculo Diferencial e Integral: Como base de sustentação.
- Álgebra Linear: Especificamente o domínio de matrizes, determinantes e sistemas lineares, que são "essenciais para os estudos do sistema de equações diferenciais" (E2).

No final do percurso acadêmico, espera-se que o estudante tenha desenvolvido competências específicas que o tornem apto para o exercício da profissão. De acordo com E2, estas competências incluem:

- capacidade de modelar problemas simples da realidade;
- resolução analítica e numérica de equações diferenciais;
- interpretação de soluções dentro do contexto técnico da engenharia.

Sintetizando os relatos de E1 e E2, a competência do engenheiro não reside apenas em encontrar o valor de 'x', mas em interpretar o que esse valor significa para a estabilidade de uma estrutura ou para o comportamento de um sistema biológico ou químico.

Em relação ao conteúdo da disciplina, o participante E3 faz algumas considerações:

[...] Equações separáveis, equações lineares exatas, equações homogêneas, equações de segundo grau, equações de segunda ordem com coeficientes constantes, sistemas de equações diferenciais e aplicações físicas a engenharia (E3).

[...] Primeiro, capacidade de modelar problemas simples, resolver EDOs ou equações diferenciais ordinárias, analítica e numérica e interpretar soluções no contexto de engenharia (E3).

[...] Naturalmente, são as fórmulas já estudadas, expressas, por vários matemáticos e que podem ser aplicadas em função de um determinado domínio de cálculo diferencial integral. São fundamentais de alvenaria, incluindo matrizes determinantes e sistemas lineares essenciais para os estudos do sistema de equações diferenciais (E3).

Para uma formação sólida em engenharia, a disciplina deve cobrir uma sequência de métodos de resolução que permita abordar diferentes tipos de problemas:

- Equações de Primeira Ordem: Incluindo as separáveis, lineares exatas e homogêneas;
- Equações de Segunda Ordem: Com foco em coeficientes constantes e equações de segundo grau associadas;
- Sistemas de Equações: Essenciais para modelar fenômenos onde múltiplas variáveis interagem simultaneamente;
- Aplicações Físicas: O ponto onde a matemática encontra a sua utilidade prática nas diversas áreas da engenharia (E3).

O sucesso na aprendizagem das EDOs não ocorre de forma isolada. Conforme refere o entrevistado (E3), a utilização das "fórmulas já estudadas e expressas por vários matemáticos" depende diretamente do domínio prévio de:

- Cálculo Diferencial e Integral: Sem o qual a resolução analítica se torna impossível.
- Álgebra Linear: O domínio de matrizes e determinantes é classificado como "essencial" para o estudo de sistemas de equações diferenciais, permitindo a análise de estabilidade e comportamento de redes complexas.

No fecho do ciclo de aprendizagem, o objetivo é que o estudante tenha desenvolvido uma tríade de competências (E3):

- Modelação: Capacidade de transformar um problema físico simples num modelo matemático.
- Resolução (Analítica e Numérica): Domínio das técnicas para encontrar soluções exatas ou aproximadas.
- Interpretação: Capacidade de ler o resultado matemático e compreender o seu significado no contexto real da engenharia.

Sintetizando os relatos de E3, a competência técnica do futuro engenheiro depende da sua habilidade em integrar o cálculo e a álgebra na resolução de EDOs, garantindo que a solução numérica se traduza numa decisão de engenharia segura e eficiente.

Os participantes E5 e E6 também trazem contribuições para o tema em pauta:

[...] Deformação das mesmas superfícies em função daquilo que é fenómeno ou objeto de estudo de cada área da engenharia (E5).

[...] Problema real, por parte dos estudantes ou através de uma análise genérica, a resolução dedutiva a partir do raciocínio geral e do contexto do mesmo problema (E5).

[...] Hoje, a tendência do jogo da matemática é olhar mais na parte prática, na resolução concisa de problemas reais que enfrentam as

nossas comunidades, para que saíamos da teoria e empreendamos naturalmente o espírito mais prático e darmos validade efetiva na própria matemática para não ficar somente na teoria e se entender como uma disciplina difícil (E5).

[...] Conceito de derivada, será difícil entender o estudo do plano. Em que está caracterizado o plano, o declive, é que se ele se enquadra o grau que você pode determinar a fusão do declive propõe. A potenciação, o cálculo de limite, as derivadas por regras são elementos, que poderíamos dizer, chaves para serem aplicados nas EDOs ou EDPs. Quem domina a derivada, obviamente, prepara-se de uma forma preliminar, o cálculo inverso, que vai ser a integração (E5).

[...] Domínio profundo de: Regras de Derivação, Técnicas de Integração (substituição, partes, frações parciais) e Álgebra Linear (para sistemas de EDOs) (E6).

A transição da matemática puramente teórica para uma disciplina aplicada e prática é apresentada como uma necessidade urgente. Segundo o entrevistado E5, o ensino das Equações Diferenciais Ordinárias (EDOs) e Parciais (EDPs) deve servir para desmistificar a ideia de que a matemática é uma disciplina inacessível, aproximando-a da realidade das comunidades.

O entrevistado (E5) defende que a tendência atual deve ser o "jogo da matemática" focado na resolução concisa de problemas reais. Esta abordagem visa:

- Superar a teoria pura: Sair do campo abstrato para dar validade efetiva ao conhecimento.
- Impacto Social: Resolver problemas que as comunidades enfrentam, fomentando nos estudantes um espírito prático e empreendedor.
- Humanização da Disciplina: Combater a percepção de que a matemática é uma "disciplina difícil", mostrando a sua utilidade no cotidiano.

A resolução de um problema de engenharia, como a *deformação de superfícies*, exige que o estudante parta de uma análise genérica para uma resolução dedutiva. Para E5, o objeto de estudo de cada área da engenharia determina como a EDO será aplicada, exigindo que o aluno compreenda o contexto específico do problema antes de iniciar o cálculo.

Assim, a compreensão das EDOs é construída sobre uma base técnica rigorosa. O entrevistado E5 destaca elementos-chave que funcionam como alicerces:

- Potenciação e Limites: Ferramentas básicas de manipulação.
- Derivadas e o Conceito de Declive: Essenciais para entender o "estudo do plano" e a caracterização de superfícies. Sem dominar a derivada e as suas regras, o estudante terá dificuldades em compreender o conceito de plano e declive.
- A Integração como Cálculo Inverso: O domínio da derivada prepara o aluno para a integração, fechando o ciclo necessário para resolver equações diferenciais.

Sintetizando o relato de E5, a validade da matemática no ensino superior reside na sua capacidade de sair do papel e transformar-se em soluções para as deformações físicas e desafios técnicos das nossas infraestruturas. O excerto a seguir apresenta o relato de E7 sobre o tema em questão.

[...] Na verdade, as equações diferenciais ordinárias servem de cunho fundamental para as engenharias, no sentido em que dão azo para a compreensão genérica dos processos de programações em primeira instância e da análise real de um determinado fenómeno. Para também entendermos o processo de oscilações ou ondulações das superfícies. Importa muito calcularmos as EDOs parciais. As EDOs de ordens finitas, a começar pela primeira ordem, segunda, terceira ordem, que aí o nosso engenheiro imagina um sistema tridimensional, não simplesmente um sistema linear. É... importa também, aqui é o gênero, aprender a ver o que os erros de uma função (E7).

O ensino das Equações Diferenciais Ordinárias é apresentado pelo entrevistado (E7) não apenas como uma ferramenta de cálculo, mas como o "cunho fundamental" para a formação do pensamento analítico em engenharia. Esta visão destaca que o domínio das equações permite ao profissional transitar da teoria abstrata para a análise real de fenómenos físicos complexos. Assim a importância das EDOs reside na sua capacidade de sustentar:

- Processos de Programação: Fornecendo a lógica necessária para a estruturação de algoritmos e sistemas.
- Compreensão de Oscilações e Ondulações: O estudo de superfícies e os seus movimentos exige o recurso a equações diferenciais, permitindo prever o comportamento de materiais e estruturas sob tensão ou vibração.

Um dos pontos mais relevantes levantados por (E7) é a progressão pedagógica através das *EDOs de ordens finitas* (1ª, 2ª e 3ª ordem). Esta sequência não é meramente numérica; ela estimula a capacidade de abstração do estudante:

- O engenheiro deixa de visualizar apenas sistemas lineares simples para "imaginar um sistema tridimensional".
- Esta transição é crucial para o exercício da engenharia moderna, cujos problemas raramente se limitam a uma única dimensão ou variável.

No entanto, o entrevistado destaca ainda a necessidade de o engenheiro ser capaz de "ver os erros de uma função". Na prática profissional, a consciência da margem de erro e da estabilidade das soluções é o que diferencia um cálculo puramente acadêmico de uma aplicação técnica segura e fiável.

Sintetizando o relato de E7, é possível entender que a transição das equações de primeira ordem para as de ordens superiores é o que permite ao engenheiro elevar a sua visão técnica, saindo da linha para o espaço, e da teoria para a análise real de fenômenos de oscilação e superfícies.

O estudo das equações diferenciais ocupa um papel central na formação em engenharia e nas ciências aplicadas, pois constitui uma das principais ferramentas matemáticas para a modelagem de fenômenos naturais. Segundo Boylestard e Diprima (2017), as equações diferenciais são essenciais para descrever sistemas dinâmicos nos quais as grandezas variam continuamente em função do tempo ou do espaço como ocorre em problemas de movimento, circuitos elétricos, transferências de calor e reações químicas. Ainda sob a perspectiva educacional, Bassanezi (2002) destaca que o ensino das equações diferenciais deve estar fortemente articulado ao processo de modelagem matemática, pois é nesse contexto que o estudante compreende o significado das variáveis das hipóteses assumidas e das limitações do modelo. Assim, as EDOs deixam de ser apenas um conteúdo abstrato e passam a representar uma linguagem para compreender a realidade. Além disso, Kreyszig (2011) ressalta que os fenômenos físicos, químicos, ambientais e biológicos raramente são descritos por relações algébricas simples, sendo as equações diferenciais o meio mais adequado para expressar leis fundamentais da natureza, como as leis de Newton de conservação

de massa e energia e modelos de crescimento populacional a par da conexão das derivadas e das integrais que o ecossistema das EDOs observa.

Os participantes E3 e E7 também apontaram a importância do ensino das equações diferenciais ordinárias. Seguem os relatos sobre esse ponto:

[...] Os conteúdos prévios e importante que os alunos devem dominar antes de começarmos a aprender as equações diferenciais ordinárias estamos a falar das derivadas, integrais, funções exponenciais e trigonométricas e noções sobre a álgebra linear (E3).

[...] Penso eu que sejam as equações diferenciais de primeira ordem, equações diferenciais lineares de ordem superior e a transformada de Laplace, uma vez que é indispensável neste processo de ensino e engenharia sistemas de equações diferenciais e por fim tudo isto será aplicado em engenharias ou seja as aplicações em engenharias (E3).

[...] É uma disciplina que por enquanto essa disciplina, mas vai determinar, no entanto, a qualidade dos nossos futuros engenheiros. (E7).

O entrevistado (E3) parece inclinar-se para um equilíbrio sendo que o purismo matemático (o domínio de derivadas, integrais e álgebra) serve de suporte para a "publicidade" do conhecimento, ou seja, a sua aplicação nas engenharias. O "purismo" aqui não é um fim em si mesmo, mas a base técnica necessária para que o engenheiro possa, mais tarde, publicitar soluções técnicas viáveis e seguras para a sociedade.

Logo, a aprendizagem das Equações Diferenciais Ordinárias não ocorre num vácuo intelectual; ela exige o que a pedagogia chama de conceitos subsunçores ou conhecimentos prévios estabelecidos (Ausubel, 2003).

- A Estrutura de Suporte: Segundo o entrevistado (E3), é imperativo que o estudante domine ferramentas do Cálculo (derivadas, integrais, funções exponenciais e trigonométricas) e da Álgebra Linear. Sem este alicerce, a resolução de sistemas de equações diferenciais torna-se um processo mecânico e desprovido de compreensão.
- O Núcleo Programático: Os conteúdos de primeira ordem, ordens superiores e a Transformada de Laplace formam o núcleo duro da disciplina. A literatura técnica aponta que a Transformada de Laplace é, talvez, a ferramenta mais poderosa para o engenheiro, pois permite

converter problemas diferenciais complexos em problemas algébricos mais simples de resolver.

Então, a disciplina que ensina as EDOs funciona como um "divisor de águas" no currículo de engenharia. O entrevistado (E7) afirma categoricamente que esta unidade curricular determina a qualidade dos futuros engenheiros.

- **Rigor e Competência:** A capacidade de resolver uma EDO é um indicador de que o estudante desenvolveu um raciocínio lógico-dedutivo avançado.
- **Impacto Profissional:** No contexto angolano, onde a engenharia enfrenta desafios infraestruturais reais, a qualidade do graduado depende da sua capacidade de modelar a realidade. O domínio das equações diferenciais é, portanto, um selo de garantia de que o profissional possui as competências analíticas para desenhar projetos eficientes e seguros.

Sintetizando os conceitos relatados por E7, as EDOs não são apenas um conteúdo de passagem, mas o suporte que sustenta a visão tridimensional e a capacidade analítica que definem o engenheiro de excelência.

No próximo tema, apresentam-se relatos relacionados a metodologia de ensino das equações diferenciais ordinárias.

6.5 Metodologia da disciplina equações diferenciais ordinárias

Este tema está dividido em quadro subtemas: 1) Estratégias de ensino para lidar com dificuldades; 2) Recursos didáticos; 3) Aplicação prática na disciplina equações diferenciais ordinárias; e, 4) Avaliação.

6.5.1 Estratégias de ensino para lidar com dificuldades

Este subtema *apresenta e descreve quais são as estratégias que os participantes relataram durante a entrevista*. Pode-se notar que foram citados:

abordagens gráficas, algébricas, estratégias de apoio, exercícios diferenciados com apoio tutorial.

[...] realmente as abordagens gráficas e algébricas cativam o aluno, estimulam a sua aprendizagem, favorece a construção de intuições matemáticas e o desenvolvimento da capacidade de abstração do conhecimento (E1).

[...] O principal conselho seria trabalhar, de forma paciente, as lacunas de pré-requisitos, oferecendo aos alunos estratégias de apoio para que avancem com maior segurança (E1).

[...] para adaptar o conteúdo para atender esses diferentes níveis de habilidade entre os alunos, normalmente eu utilizo os exercícios diferenciados e apoio tutorial com alguns vídeos explicativos, e, quando possível, ferramentas computacionais para a visualização (E2).

[...] A abordagem múltipla, nesse caso, entre elas gráfica, numérica e analítica, torna o conteúdo mais acessível e significativo (E3).

[...] Valorizem a intuição por trás da matemática, ou seja, a intuição por trás da matemática, usem exemplos aplicados e mantenham o diálogo com os estudantes sobre suas dificuldades, ou seja, ter um ensino aplicado, mostrar aos estudantes que a matemática ela pode ser aplicada no dia a dia (E3).

[...] Naturalmente não temos como, porque através de *softwares* vaise estudar os gráficos, vai-se estudar as derivadas, isso permite que os alunos ou que consigamos ultrapassar algumas ou minimizar as dificuldades dos alunos (E3).

[...] O conteúdo, para atender esses diferentes níveis de habilidade entre os alunos, normalmente, eu utilizo os exercícios diferenciados e apoio tutorial com alguns vídeos explicativos, e, quando possível, ferramentas computacionais para a visualização (E3).

A eficácia no ensino das Equações Diferenciais Ordinárias (EDOs) depende da capacidade de o docente mediar o conhecimento através de múltiplas linguagens. Os relatos dos entrevistados convergem para a necessidade de um ensino menos abstrato e mais conectado com a intuição e a tecnologia.

A literatura pedagógica moderna e os entrevistados (E1 e E3) destacam que a combinação das abordagens gráfica, numérica e analítica torna o conteúdo mais acessível.

- Abstração e Intuição: O uso de gráficos cativa o aluno e estimula a construção de intuições matemáticas, facilitando a transição do conceito teórico para a aplicação real (E1).

- *Software* e Simulação: O recurso a ferramentas computacionais e *softwares* de visualização é apontado por (E2 e E3) como uma estratégia fundamental.

Estas ferramentas permitem estudar gráficos e derivadas de forma dinâmica, ajudando a "minimizar as dificuldades dos alunos" e a dar validade visual a equações que, de outra forma, seriam apenas símbolos no quadro (E3).

Um desafio recorrente no ensino superior em Angola é a disparidade nos níveis de preparação dos estudantes. Os entrevistados propõem soluções práticas para esta realidade:

- Exercícios Diferenciados: A adaptação do conteúdo através de exercícios com diferentes níveis de complexidade permite atender às habilidades individuais de cada aluno (E2 e E3).
- Estratégias de Apoio: O recurso a vídeos explicativos e ao apoio tutorial (E2) funciona como um reforço para os alunos com maiores dificuldades.
- Paciência e Recuperação: O entrevistado (E1) aconselha uma abordagem paciente no tratamento das "lacunas de pré-requisitos", sugerindo que a segurança do aluno no avanço da matéria depende da consolidação de conceitos base que ficaram fragilizados em etapas anteriores.

A valorização do "instinto por trás da matemática" é uma das defesas mais fortes de E3. Para que a aprendizagem seja significativa:

- Deve-se manter um diálogo constante com os estudantes sobre as suas dificuldades.
- É necessário mostrar que a matemática pode ser aplicada no dia a dia, transformando a disciplina numa ferramenta útil e não num obstáculo intransponível.

Sintetizando os relatos de E1, E2 e E3, pode-se concluir que a integração de *softwares* e a visualização gráfica não servem apenas para facilitar o cálculo, mas

para humanizar a matemática, tornando-a visível e aplicável aos problemas reais que o futuro engenheiro deverá resolver.

Logo, as ideias do (E1 e E5), de que as EDOs devem servir para modelar fenômenos reais (físicos, químicos e biológicos), encontra eco em Biembengut e Hein (2011). Os autores afirmam que a modelação matemática é o processo de transformar uma situação da realidade em símbolos matemáticos. Segundo eles, quando o estudante percebe a aplicação prática nas comunidades (E5), a matemática deixa de ser vista como uma disciplina "difícil" e passa a ser uma ferramenta de intervenção social.

Já a afirmação do (E7), de que a disciplina determina a "qualidade dos futuros engenheiros", alinha-se com as diretrizes de Zabalza (2003) sobre o ensino universitário. O autor defende que a competência profissional não é apenas acumular informação, mas desenvolver a capacidade de análise crítica e resolução de problemas complexos, algo que as EDOs exigem de forma intrínseca. Os relatos que seguem apontam para outras direções no que se referem às estratégias a serem utilizadas no ensino das equações diferenciais ordinárias.

[...] Quanto aos objetivos de aprendizagem é das ligações das equações diferenciais ordinárias, nós poderíamos começar por caracterizar de um modo geral, a gênese das equações, portanto, a tipologia que depois disto vemos a aplicação do processo das ondulações. Para daí entendermos as curvas, as superfícies e tantos outros elementos que devem ser necessários compreender na área das engenharias por parte dos estudantes (E5).

[...] Aqui poderíamos começar por entender aquilo que é a própria gênese das EDPs, das EDOS e depois analisar naturalmente aquilo que é, poderíamos dizer, a aplicação das equações de Bernoulli e tantas outras. Para daí começarmos a aplicar de forma mais prática, em função da natureza do curso (E5).

[...] Nesta perspectiva, poderíamos utilizar *softwares*. Para ajudar a compreender como GeoGebra, MATLAB para nos ajudar a compreender a manipulação ou a movimentação de fenômenos quando tivermos que analisar o fenômeno de ondulações, se tivermos que utilizar o GeoGebra, poderia nos ajudar a entender o processo de destilação desde o ponto de partida, que poderia dizer como um "Marco Zero" até a todo o processo em que onde há subida ou descida de descargas elétricas, por exemplo, para a área das engenharias elétricas (E5).

[...] O conselho que deixo é não avancem em EDOs sem garantir que o aluno lembrou como integrar funções básicas (E6).

[...] Sim. Poderia um se os nossos estudantes e um conjunto de professores, né? É tivéssemos algum. Como é que eu poderia dizer, não algum rigor, alguma exigência quando a investigação de certas referências bibliográficas, mas se certos grupos de pesquisa e iniciação científica é pudessem abranger a todos quantos tiverem a fazer, no caso, equações diferenciais e integrais (E7).

[...] Nós ensinamos a extrair, por exemplo, de uma informação teórica de um projeto nosso estudante, aprende a extrair as equações matemáticas, nos estudantes, explorar vários métodos, explorar vários autores, explorar vários temas no âmbito da própria matemática (E7).

A compreensão das Equações Diferenciais Ordinárias (EDOs) e Parciais (EDPs) no ensino superior de engenharia exige uma trajetória que parta da origem dos conceitos até à sua aplicação em cenários de alta complexidade. Esta evolução pedagógica é sustentada por três pilares: a fundamentação teórica, a simulação tecnológica e a iniciação científica.

O entrevistado (E5) defende que o processo de aprendizagem deve iniciar pela caracterização da "gênese das equações" e da sua tipologia. Esta base permite ao estudante compreender não apenas a fórmula, mas a razão da sua existência.

Assim a partir do domínio de modelos específicos, como as *Equações de Bernoulli*, o aluno torna-se capaz de analisar processos práticos como ondulações de superfícies e curvas. Segundo Boyce e DiPrima (2015), a classificação e o estudo da origem das equações diferenciais são fundamentais para que o engenheiro escolha o método de resolução mais adequado à natureza do problema físico que enfrenta. Portanto, a utilização de *softwares* como o *GeoGebra* e o *MATLAB* é apontada por E5 como essencial para a análise de fenômenos dinâmicos, destacando o uso destas ferramentas que permite visualizar desde processos de destilação (Marco Zero) até oscilações em descargas elétricas na engenharia eletrotécnica. Esta afirmação ganha suporte em Borba e Penteado (2001) que afirmam que a informática educativa, ao permitir a manipulação de parâmetros em tempo real, transforma a matemática numa ciência experimental, facilitando a compreensão de conceitos abstratos de subida e descida de fluxos.

O entrevistado (E7) introduz um elemento crucial para a qualidade do ensino: a Iniciação Científica, espaço em que a exigência na investigação de referências bibliográficas e a criação de grupos de pesquisa permitem que o estudante vá além da sala de aula. Então, a competência de "extrair equações matemáticas de uma informação teórica de um projeto" (E7) é o que definirá o engenheiro investigador.

Severino (2017) vem sublinhar que a prática da investigação científica na graduação desenvolve o espírito crítico e a autonomia, preparando o estudante para explorar "vários autores e vários temas" no âmbito da matemática aplicada.

A literatura evidencia que a utilização das abordagens gráficas e algébricas no ensino de equações diferenciais contribui de forma significativa para a superação das dificuldades de aprendizagem. De acordo com Zill e Cullen (2008), a compreensão das EDOs é ampliada quando os estudantes conseguem transitar entre diferentes representações matemáticas especialmente entre soluções analíticas e interpretações gráficas.

Neste sentido, Stewart (2011) destaca que a visualização gráfica das soluções de equações diferenciais favorece a construção de intuições matemáticas permitindo ao aluno compreender o comportamento das soluções antes mesmo da formalização algébrica. Essa estratégia mostrou-se eficaz, pois reduziu a abstração excessiva frequentemente associada ao conteúdo, tornando-o mais acessível o significado. As estratégias de ensino baseadas em apoio tutorial, vídeos explicativos, exercícios diferenciados e ferramentas computacionais possibilitam a diversificação das formas de acesso ao conhecimento, atendendo diferentes necessidades e ritmos de aprendizagem dos alunos. Elas contribuem para a consolidação dos fundamentos matemáticos necessários à compreensão das EDOs, promovendo maior segurança na resolução de problemas corroborando com Vygotsky (2000, 2003), aprendizagem por múltiplas representações (Bruner; 1960), diferenciação pedagógica (Perrenoud; 2000) e uso de tecnologias como mediadores do conhecimento matemático (Papert, Borba; 2005; Villarreal; 2005), colaborando para a consolidação da compreensão conceitual necessária ao estudo das equações diferenciais ordinárias

6.5.2 Recursos didáticos

Este subtema *descreve recursos utilizados nas aulas, como: projetor, quadro, material em PDF e, em alguns relatos, avaliam o uso desses recursos.*

[...] Neste caso, considero uma combinação desde os tradicionais como quadro e o manual livre da disciplina como os meios tecnológicos e computacionais (E1).

[...] Sim, com certeza, a utilização de *softwares* computacionais permite de maneira rápida o uso de simulações computacionais. Por sua vez,

permite visualizar o comportamento das soluções, interpretar graficamente, trajetórias e validar aproximações numéricas e isso aproxima a disciplina da realidade e permite uma aprendizagem significativa por parte dos estudantes (E1).

A eficácia no ensino das Equações Diferenciais Ordinárias (EDOs) está diretamente ligada à diversidade e à qualidade dos recursos didáticos mobilizados pelo docente. Conforme os dados recolhidos, a prática pedagógica atual em Angola caracteriza-se por uma abordagem híbrida, que equilibra o suporte tradicional com a inovação tecnológica.

O entrevistado (E1) destaca a importância de uma combinação de meios, utilizando desde os recursos "tradicionais como o quadro e o manual livre da disciplina" até às ferramentas computacionais. Esta integração é fundamental para garantir a continuidade pedagógica, sendo que o quadro serve para a dedução analítica e o manual para a consulta teórica. Assim de acordo com Libâneo (2013), os recursos de ensino não são fins em si mesmos, mas meios que facilitam a atividade mediadora do professor. A utilização do projetor e de materiais em PDF permite uma exposição mais dinâmica dos conteúdos, otimizando o tempo em sala de aula para a discussão de conceitos complexos. Assim o uso de tecnologias aproxima a disciplina da "realidade" (E1). Quando o estudante consegue visualizar a trajetória de um fenômeno físico através de uma simulação, ocorre o que Ausubel (2003) denomina de *aprendizagem significativa*. O conhecimento deixa de ser decorado de forma mecânica e passa a ser ancorado em representações visuais e práticas que fazem sentido para a futura vida profissional do engenheiro.

[...] Bem, pensar nos componentes didáticos que nós consideramos conveniente a usar quando se ministra equações diferenciais neste caso considera-se ou considera uma combinação desde os tradicionais como o quadro, projetor, material em PDF, e para complementar este sistema de aprendizado temos aí *softwares* como GeoGebra entre outros (E2).

Segundo o entrevistado (E2), a combinação estratégica de meios de ensino é o que permite transformar um conteúdo abstrato em conhecimento aplicável. O uso de componentes didáticos deve ser "conveniente" e adaptado à complexidade da matéria. O entrevistado (E2) propõe uma integração que inclui:

- Meios Tradicionais: O quadro e o projetor, que facilitam a exposição lógica e a dedução de fórmulas em tempo real.

- Materiais de Apoio: O uso de ficheiros em PDF, que permitem ao estudante uma consulta persistente e organizada dos conteúdos teóricos.
- Sistemas de Aprendizado Complementares: A introdução de *softwares* como o *GeoGebra*, que funcionam como laboratórios virtuais de experimentação matemática.

Esta visão é sustentada por Libâneo (2013), que afirma que os meios de ensino são os componentes do processo pedagógico que estimulam a atividade dos alunos. A diversificação destes meios combate a monotonia e atende aos diferentes estilos de aprendizagem presentes numa turma de engenharia.

Ainda o entrevistado (E2) aponta um dos pontos importantes para ultrapassar as debilidades dos alunos é a *abordagem múltipla*. Para (E2), a articulação entre o gráfico e a álgebra torna o conteúdo "mais acessível e significativo". Esta perspectiva encontra fundamentação teórica na *Teoria dos Registos de Representação Semiótica* de Raymond Duval (2009). Segundo o autor, a compreensão matemática só ocorre quando o aluno é capaz de transitar entre diferentes registos como:

- Registro Analítico/Algébrico: A manipulação de fórmulas e isolamento de variáveis.
- Registo Gráfico: A visualização de trajetórias e campos de direções.
- Registo Numérico: A aproximação de valores e tabelas de dados.

Assim a coordenação destes registos, facilitada por *softwares* como o *GeoGebra*, permite que o estudante perceba que a solução de uma EDO não é apenas uma expressão matemática, mas a descrição do comportamento de um sistema real (como o fluxo de corrente num circuito ou a oscilação de uma viga). Logo, a utilização de atividades que articulam gráficos voltados para a álgebra é, segundo E2, uma via segura para mitigar as dificuldades de base dos estudantes. Ao visualizar o gráfico de uma função derivada antes de resolver a equação diferencial, o aluno constrói uma intuição geométrica que facilita a compreensão do processo inverso (a integração).

[...] Pensar nos componentes didáticos que nós consideramos conveniente a usar quando se ministra equações diferenciais, neste

caso, considera-se ou considera uma combinação desde os tradicionais como o quadro, projetor, material em PDF, e para complementar este sistema de aprendizado temos aí *softwares* como GeoGebra entre outros. (E3)

[...] Entendemos que, hoje, a tecnologia veio para auxiliar a atividade do docente. À medida em que o docente vai utilizar recursos didáticos, manuais, pode também auxiliar para dar maior dinamismo do processo de ensino, as próprias tecnologias. De fato, sim, o *software* educativo ajuda os alunos a entenderem todo o processo educativo, na medida em que permitem a visualização ou a manipulação de dados de forma muito interativa e sem ter que perder por muito tempo. (E5)

[...] Uma combinação do quadro (para o rigor do passo a passo), projetor (para visualização de gráficos complexos) e roteiros de laboratório computacional (E6).

[...] O uso de *softwares* como GeoGebra, MATLAB ou Scilab é vital. A abordagem gráfica permite que o aluno "veja" o comportamento da solução antes mesmo de resolvê-la algebricamente. Isso reduz a abstração e ajuda a superar dificuldades de compreensão conceitual (E6).

O entrevistado (E5) afirma que a tecnologia não substitui, mas auxilia a atividade docente. Esta perspectiva é corroborada por Bacchi *et al.* (2020), que defendem que o papel do professor na era digital é semelhante à de um médico de conteúdos e mediador de experiências. O uso de projetores e materiais em PDF (E3) permite que o tempo em sala de aula seja mais bem aproveitado para a discussão conceitual, enquanto a tecnologia atua na dinamização do conhecimento. Uma das maiores vantagens dos *softwares* educativos, como o *GeoGebra*, é a capacidade de permitir a "visualização ou a manipulação de dados de forma muito interativa" (E5). Este *software* permite realizar cálculos e esboçar gráficos complexos sem "perder muito tempo" (E5), tempo este que é redirecionado para a análise crítica dos resultados.

Nesta linha de pensamento, Valente e Almeida (2020) sugerem que o uso de *softwares* de geometria dinâmica coloca o estudante numa posição ativa, e ele pode testar hipóteses e observar as mudanças no comportamento das soluções de uma EDO em tempo real. Logo, a "combinação" mencionada por (E3) (quadro, PDF e *softwares*) reflete o que Moran (2015) define como Ensino Híbrido. Para este autor, a aprendizagem acontece de forma mais eficaz quando existe um equilíbrio entre o contacto direto com o docente (no quadro) e a exploração autónoma ou assistida por ferramentas computacionais. Na engenharia, este ecossistema é vital para que o

estudante desenvolva a intuição geométrica necessária para compreender fenômenos físicos complexos.

[...] Em EDOs é fundamental, é assim para o nosso estudante, é fundamental, é que ele tenha um *smartphone*? Ele permite pesquisar, é uma máquina calculadora científica, que permite aí também fazer a triangulação ou exemplos, por exemplo, de uma função, a conversão de é uma parábola de um número, colar ou retangular é fundamental também um computador (E7).

[...] Fundamental também um computador. E estudantes vêm esses sistemas é assim, nunca deram, mas também são sistemas que são projetados no computador. Então estes e outros equipamentos é que se calhar agora não mencionamos. São, no entanto, fundamentais no ensino aprendizagem de EDOs (E7).

[...] Sim, por acaso podem e muito, no ponto de vista em que nossos estudantes preferem, no caso é vivenciar, tanto quando estamos em sala de aula e nossas aulas em conferência. É, muitas vezes acabam não é atingindo a perspectiva dos estudantes, mas quando naturalmente os estudantes podem observar o comportamento de uma determinada função, o comportamento de um determinado gráfico, através de simuladores, através de outras práticas computacionais, então nossos estudantes sentem-se mais realizados (E7).

A integração de dispositivos tecnológicos no ensino superior de engenharia deixou de ser um recurso opcional para se tornar uma condição de literacia científica. O depoimento do entrevistado (E7) sublinha que ferramentas como o *smartphone* e o computador são fundamentais para a triangulação de conceitos e para a satisfação intelectual do estudante. Para o entrevistado E7, o *smartphone* atua como uma extensão do laboratório matemático, funcionando simultaneamente como:

- Centro de Pesquisa: Acesso imediato a referências e bibliotecas digitais.
- Calculadora Científica Avançada: Capacidade de processar conversões complexas (como coordenadas polares para retangulares) e visualizar parábolas e outras funções.

De acordo com Gomes e Oliveira (2022), o uso de dispositivos móveis no ensino da matemática (*Mobile Learning*) permite que o estudante rompa as barreiras físicas da sala de aula, promovendo uma aprendizagem ubíqua. A versatilidade destes aparelhos facilita a resolução de problemas em tempo real, tornando o processo de aprendizagem mais dinâmico e menos dependente de hardware fixo.

A necessidade do computador é enfatizada por (E7), especialmente no que toca a sistemas "projetados", que exigem maior capacidade de processamento e ecrãs maiores para a observação detalhada, esta é uma vivência simulada, na qual o estudante sente-se mais "realizado" ao observar o comportamento de funções e gráficos através de simuladores. A transição da teoria para a prática computacional é o que valida o conhecimento para o aluno de engenharia. Esta teoria se apoia em Souza e Silva (2023), eles apontam que a utilização de *softwares* de simulação no ensino de EDOs reduz o fosso entre o abstrato e o concreto. Quando o aluno observa uma oscilação ou uma trajetória num simulador, a "vivência" mencionada por (E7) transforma a teoria numa competência visual e intuitiva.

Logo, o relato de (E7) traz uma reflexão crítica sobre as aulas puramente conferenciais (teóricas), que muitas vezes não atingem as expectativas dos estudantes. A "realização" do aluno ocorre quando ele deixa de ser um receptor passivo e passa a manipular simuladores. Apoiando está ideia Santos (2024), a realização acadêmica em cursos de engenharia está intrinsecamente ligada à aplicabilidade. O uso de práticas computacionais permite ao estudante confrontar os modelos matemáticos com cenários reais, aumentando o engajamento e a retenção do conhecimento. Mas não se pode esquecer que o conhecimento matemático emerge da interação entre linguagem simbólica, visual e tecnológica. O quadro e o livro não podem ser substituídos, mas integrados às tecnologias, o professor atua como um mediador, articulando diferentes recursos conforme os objetivos de aprendizagem (Ponte, 2003). Para teoria histórico-cultural, a mediação sempre ocorrerá por meio da linguagem, pois é ela que organiza o pensamento que consegue ser expresso pela fala (Vygotsky, 2003).

Para a teoria histórico-cultural, a mediação sempre ocorrerá por meio da linguagem, pois é ela que organiza o pensamento que consegue ser expresso pela fala (Vygotsky, 2003). Essa afirmação não é uma constatação isolada, mas o núcleo de uma concepção que articula cultura, história, pensamento e desenvolvimento humano de forma indissociável, com implicações profundas para contextos sociolinguisticamente complexos como o de Angola.

Um dos instrumentos básicos inventados pela humanidade é a linguagem, e Vygotsky (2003) deu ênfase especial ao papel da linguagem na organização e desenvolvimento dos processos de pensamento. Nessa perspectiva, a linguagem não

é apenas um veículo de comunicação, mas o próprio meio pelo qual o sujeito organiza internamente a sua experiência de mundo. Para Vygotsky, o significado é fenômeno do pensamento apenas quando o pensamento ganha corpo por meio da fala, sendo que a união entre palavra e pensamento constitui um fenômeno do pensamento verbal e da fala significativa.

Os estudos de Vygotsky sobre o desenvolvimento da linguagem e a sua relação com o pensamento definem que a aprendizagem e o desenvolvimento cognitivo são processos construídos culturalmente, fundados sóciohistoricamente, e não apenas influenciados pelo contexto cultural. Isso significa que o sujeito não pensa primeiro para depois expressar: é na própria tensão entre a linguagem e o pensamento que o sentido emerge. Portaleducacao

Autores contemporâneos, como Costa (2023), aprofundaram essa perspectiva ao investigar que a mediação simbólica é o que possibilita a interação com o ambiente sociocultural, de modo que o desenvolvimento psicológico se realiza por meio de signos que medeiam as relações do sujeito com o mundo e com outros sujeitos. Nessa direção, Smolka (2004), referenciada por estudos mais recentes, sublinha que não há sentido pré-definido: a significação, enquanto produção de signos e sentidos, é resultado de um trabalho coletivo em aberto, que implica ao mesmo tempo acordo mútuo, estabilização e diferença - havendo sempre algo possível de ser comum e, ao mesmo tempo, heterogeneidade.

O processo de internalização em Vygotsky consiste na transformação de marcas externas em processos internos de mediação. Num segundo momento, são desenvolvidos sistemas simbólicos que organizam os signos em estruturas complementares. Isso implica que o pensamento humano é sempre tributário das ferramentas simbólicas disponíveis em cada cultura: não se pensa com signos universais e neutros, mas com os signos que a experiência histórica e cultural de um povo foi construindo.

Conceitos como mediação, internalização, linguagem como instrumento psicológico e Zona de Desenvolvimento Proximal oferecem referenciais teóricos importantes para compreender de que modo o ensino das equações diferenciais ordinárias pode potencializar o desenvolvimento cognitivo por meio da interação orientada entre professores e alunos. Para a prática pedagógica, isso se traduz na compreensão de que o professor, ao mediar o conhecimento, o faz sempre através da

linguagem - e a linguagem que utiliza carrega consigo todo um repertório cultural que pode incluir ou excluir o aluno. Domhelder

A aplicação da teoria histórico-cultural ao contexto angolano exige uma leitura contextualizada e crítica, pois Angola é um país marcado por uma profunda pluralidade linguística e por uma história de colonização que impôs o português como língua oficial de ensino, sobrepondo-se a línguas maternas de milhões de estudantes.

No contexto angolano, a criança chega à escola com pelo menos uma língua africana. Uma vez que essa criança já consolidou a estrutura da língua africana, encontra dificuldades quando toda a mediação pedagógica ocorre em português - uma língua que, para muitos, ainda é segunda língua. Dados linguísticos revelam que o umbundu (23%), o kikongo (8,2%), o kimbundu (7,8%), o cokwe (6,5%) e o ngangela (3,1%) estão entre as línguas mais faladas em Angola, configurando um mosaico linguístico que a escola não pode ignorar sem comprometer a própria eficácia da mediação.

Esse dado é central para a teoria histórico-cultural: se a linguagem é o instrumento mediador do pensamento, e se a criança pensa inicialmente nas categorias da sua língua materna, então ensinar exclusivamente em português implica romper — ou ao menos

A mediação pela linguagem, tal como postulada por Vygotsky e aprofundada por autores como Smolka (2004, 2012), Costa (2023) e pesquisadores do campo angolano como Fonseca (2015), não é um processo neutro nem universalmente homogêneo. Em Angola, ela se inscreve numa realidade em que a língua da escola frequentemente não é a língua do pensamento da criança, o que infui negativamente na aprendizagem da criança. Esta componente se configura não apenas como um desafio pedagógico, mas uma questão de justiça epistémica. Reafirmar, com Vygotsky, que o pensamento se organiza pela linguagem é, no contexto angolano, um imperativo que exige do sistema educativo o reconhecimento da pluralidade linguística como condição, e não como obstáculo, para uma mediação verdadeiramente transformadora.

Assim, se os recursos são os livros, o quadro, os *softwares*, as estratégias são os meios pelos quais eles serão utilizados. Portanto, o recurso, por si só, não ensina, mas são os processos de interação e estratégias, em situações de contexto educacional, que irão promover o ensino. Como salienta Manzini (2010), as estratégias

de ensino podem ser definidas como ações que o professor exerce e são dirigidas ao estudante, tendo como apoio os recursos pedagógicos.

O uso da tecnologia deve ter aspectos novos e antigos para melhor servir. Libâneo (2013) diz que os recursos didáticos não devem ser entendidos como apenas instrumentos auxiliares, mas sim como elementos pedagógicos atuantes no processo de ensino de maneira emergente e que permitam a organização plena do trabalho docente.

Gueudet e Trouche (2012) defendem que o professor constrói seu sistema de recursos a partir da articulação entre diferentes materiais, sejam eles analógicos ou digitais. Para os autores, *softwares* computacionais que permitem simulações e visualizações dinâmicas torna-se particularmente relevantes quando integrados a explicações no quadro ou materiais de apoio como PDFs e textos impressos. Filatro (2008) enfatiza que a escolha da combinação de recursos didáticos deve estar alinhada aos objetivos educacionais e ao perfil dos alunos. A integração entre recursos digitais deve ocorrer de maneira intencional, favorecendo a compreensão dos conteúdos e a construção dos conhecimentos. A utilização do GeoGebra, MATLAB ou outros ambientes computacionais possibilita a análise de campos de direções trajetórias de soluções e aplicações em problemas reais. Moran (2015) afirma que a integração de tecnologias digitais ao ensino não elimina os recursos tradicionais mais amplia suas possibilidades. Neste sentido, o uso do quadro e do livro devem permitir ao professor contribuir para a exposição sistemática dos métodos analíticos, enquanto os meios tecnológicos permitem a exploração gráfica e numérica das soluções.

6.5.3 Aplicação prática na disciplina equações diferenciais ordinárias

Este subtema traz os relatos dos participantes em relação a quais são as aplicações práticas na disciplina.

[...] esta relação é vista fundamentalmente em modelagem de sistemas cardinâmicos, circuitos elétricos, vibrações mecânicas, transferências de calores entre outros (E2).

[Pergunta do pesquisador: Baseando-se em vossas experiências, a utilização de *softwares* profissionais pode ajudar a minimizar as dificuldades dos alunos nesta disciplina?] Sim, sim, pois é possível. Ela pode sim, muito bem, porque permite, de certa maneira, a visualização de soluções práticas, experimentação numérica, facilitando na

compreensão de conceitos abstratos. Eles conseguem ter uma realidade prática mais concreta (E2).

[...] Bem, o conselho que gostaria de passar aos outros profissionais é que valorizem a instinto por trás da matemática, ou seja a intuição por trás da matemática, usem exemplos aplicados e mantenham o diálogo com os estudantes sobre suas dificuldades, ou seja ter um ensino aplicado, mostrar aos estudantes que a matemática ela pode ser aplicada no dia a dia (E2).

AS Equações Diferenciais Ordinárias (EDOs) constituem um alicerce matemático para a resolução de problemas estruturais e tecnológicos nas engenharias. O depoimento do entrevistado (E2) reforça que a eficácia do ensino reside na capacidade de conectar as equações aos fenômenos físicos reais, transformando a abstração em competência prática. Conforme salienta o entrevistado (E2), a relação prática das EDOs é fundamental em áreas como:

- Sistemas Cardinâmicos e Biológicos: Modelação de fluxos e ritmos.
- Circuitos Elétricos: Análise de redes e correntes.
- Vibrações Mecânicas: Estudo da resistência e estabilidade de materiais.
- Transferência de Calor: Modelação térmica em sistemas industriais.

Esta visão é corroborada por Zill (2023), que defende que a aprendizagem deve ser centrada no ciclo de modelagem: traduzir um fenômeno físico para uma equação, resolvê-la e, crucialmente, interpretar o resultado no contexto original. Para este autor, a matemática só ganha sentido para o engenheiro quando este percebe que a solução de uma EDO descreve o comportamento real de uma viga ou de um condensador. Logo, o conselho do E2 para valorizar o "instinto por trás da matemática" é uma recomendação pedagógica de vanguarda. Muitas vezes, o ensino foca-se excessivamente na técnica algébrica (o purismo), esquecendo a intuição física.

Logo, manter o diálogo sobre as dificuldades e mostrar a matemática no dia a dia são estratégias que Moran (2021) define como essenciais para a retenção do conhecimento. Para este autor, o ensino aplicado gera maior engajamento, pois o aluno deixa de questionar "para que serve isto" ao vivenciar a utilidade imediata da disciplina. Os relatos que seguem pontuam outras informações.

[...] A EDO é a base dos sistemas dinâmicos. Na Engenharia Civil, usamos para análise estrutural; na Eletrotécnica, para circuitos RLC; na

Mecânica, para vibrações e amortecimentos. Sem a EDO, o engenheiro apenas usa fórmulas prontas sem entender a dinâmica do projeto (E6).

[...] Os estudantes aprendem cálculo imaginando se, como por exemplo, um engenheiro que vai projetar uma referida barragem. Tanto importa muito para ele saber determinar a vazão. E nós sabemos que a vazão é determinada através de uma equação diferencial que a própria derivada (E7).

[...] Estudantes aprendem fundamentalmente, é... como já aplicar as equações diferenciais ordinárias no âmbito da engenharia, a partir de limites derivadas e integrais (E7).

[...] Todos os conceitos de engenharia são derivados através de expressões matemáticas; são finalizadas através das pessoas matemática, ou seja, a implementação pode parecer técnica, mas o processo é naturalmente... é... muita matemática envolvida. Imaginamos, por exemplo, a projeção de um Sistema Solar: a projeção de um Sistema Solar, uma central fotovoltaica. Refiro-me, aqui, tem toda uma central fotovoltaica, nossos estudantes aprendem a determinar as parábolas, né? A parábola, estamos a falar da concavidade, em que o sol deverá incidir no Painele, não é? Estamos a determinar os limites de ponta, é onde teremos maior incidência solar. Então, essas expressões todas, que na teoria parece que o estudante só vai lá e faz alguma coisa, antes disso, na verdade, é muita matemática, é muito, muito exercício que é feito, e, depois, a implementação. É que, então, parece isso muito técnico (E7).

[...] E daí que no final a gente tem a certeza de que temos de fato um engenheiro que vai para a indústria, que vai para qualquer um outro lugar, que eventualmente estará preparado, porque é não terá muita surpresa. Quando o dimensionamento da própria indústria como está lá da planta elétrica, já que ele teve muita prática no âmbito da matemática (E7).

O ensino das Equações Diferenciais Ordinárias (EDOs) revela-se como o elemento de ligação entre a abstração acadêmica e a implementação tecnológica. Segundo os relatos, a matemática não é apenas um pré-requisito, mas a própria ferramenta que permite ao engenheiro projetar e validar sistemas complexos na indústria e nas infraestruturas nacionais.

De acordo com Zill (2023), a modelagem matemática é um processo cíclico que permite ao estudante visualizar como mudanças em variáveis físicas afetam o sistema global, reduzindo a distância entre a sala de aula e o laboratório. Já para o entrevistado E7, a aprendizagem torna-se significativa quando o estudante se projeta no papel do profissional. O domínio de limites, derivadas e integrais deixa de ser um fim em si mesmo para se tornar o meio de:

- Determinar a Vazão em Barragens: Compreendendo que a taxa de variação do fluxo é, na sua essência, uma derivada aplicada a um projeto de engenharia civil de grande escala.
- Dimensionamento Fotovoltaico: A matemática das parábolas e concavidades é utilizada para otimizar a incidência solar em painéis fotovoltaicos, garantindo que a energia renovável seja captada no seu ponto máximo (E7).

Como afirmam Boyce e Diprima (2020), a força da engenharia reside na capacidade de converter leis físicas em expressões matemáticas, permitindo que a implementação técnica seja segura e previsível. Mas ainda assim, a transição para o mercado de trabalho é facilitada quando a base matemática é sólida. O entrevistado (E7) defende que a prática intensiva da matemática prepara o graduado para enfrentar o "dimensionamento da indústria" e as "plantas elétricas" sem surpresas. Logo, este preparo é o que Severino (2017) e Moreira (2024) caracterizam como a construção da competência técnica. Quando o estudante compreende que o processo técnico é, na verdade, a materialização de cálculos rigorosos, ele torna-se um engenheiro apto para a indústria 4.0, capaz de extrair modelos de informações teóricas e aplicá-los com precisão (E7). O mesmo entrevistado teceu outras considerações sobre o uso das EDOs na prática, como pode ser vislumbrado a seguir.

[...] Bem, derivados integrais, pois embora ambas sejam fusões, é a ser tratadas em EDOs, tem tanto as derivadas vão naturalmente ter uma perspectiva de calcular, por exemplo, a aliás, a integral naturalmente terá perspectiva de calcular, por exemplo, a área na área de uma determinada ou de um determinado de uma determinada vazão de um determinado Rio, numa determinada casa, tanto nossos estudantes, com isso, aprendem a fazê-lo através das nossas integrantes. Já as derivadas, por sua vez, é sim, já ensina a forma mais complexa vertical, né? Por exemplo, estamos a falar é, falamos de integral, calculamos a vazão, por exemplo, de uma residência e para calcularmos, por exemplo, o cumprimento de um Rio. Então a gente faz a aplicar as derivadas nos limites do próprio Rio (E7).

A transição da teoria do Cálculo para a prática de engenharia exige que o estudante compreenda a natureza geométrica e física das operações de integração e diferenciação. Conforme o depoimento do (E7), estas ferramentas permitem quantificar desde o consumo doméstico até a morfologia de grandes cursos de água. O entrevistado (E7), destaca, ainda que, a "integral naturalmente terá perspectiva de

calcular, por exemplo, a área de uma determinada vazão de um determinado Rio" (E7). Na engenharia hidráulica, a integral é essencial para determinar o volume total de água que atravessa uma seção transversal ao longo do tempo. Continuando com esta linha de pensamento, segundo Stewart (2021), a integração é o processo fundamental para o cálculo de quantidades acumuladas. Quando aplicada a rios ou sistemas residenciais, a integral permite transformar taxas de variação instantâneas em volumes totais, sendo vital para o dimensionamento de reservatórios e canais.

Assim, enquanto a integral lida com a acumulação, as derivadas são aplicadas para entender a variação e os limites físicos. E7 refere que as derivadas ensinam uma forma "mais complexa vertical" e são aplicadas para calcular, por exemplo, o "cumprimento de um Rio [...] nos limites do próprio Rio" (E7).

Neste contexto, a diferenciação permite calcular o declive (gradiente) das margens e a variação da velocidade da água em diferentes pontos. De acordo com Zill (2023), "as equações diferenciais, construídas sobre a base das derivadas, são as únicas ferramentas capazes de modelar sistemas onde a mudança é a única constante (p. 7)", como é o caso da dinâmica fluvial.

Em síntese, sistemas concentrados modelados por equações diferenciais ordinárias representam uma forma eficiente e prática de analisar fenômenos dinâmicos quando as variações dos sistemas podem ser consideradas uniformes no espaço, através de exemplos em sistemas elétricos, mecânicos e químicos. Segundo Bergman e Lavine (2019), esses modelos são indispensáveis para a análise térmica em engenharia, permitindo a otimização de sistemas industriais e energéticos. Elas obviamente não se limitam ao campo teórico da matemática mais assumem de acordo aos relatos e comentários de vários autores há vários campos do saber, aplicadas de forma interdisciplinar, estabelecendo um elo entre a matemática e os problemas reais da ciência e da engenharia.

6.5.4 Avaliação

Este subtema reflete as concepções que os professores trazem sobre a avaliação e descreve alguns meios de como avaliar seus estudantes.

[Pergunta do pesquisador: o que acha da avaliação contínua no processo de ensino e aprendizagem?] Bom, acho importante porque permite acompanhar a evolução do estudante em cada etapa (E1).

[...] deve-se considerar a avaliação como um meio e não um fim no caso particular das EDO, deve-se ter em conta a compreensão conceitual, a capacidade de resolver problemas, a aplicação prática dos métodos, o raciocínio crítico e a participação em atividades colaborativas (E1).

A avaliação no ensino das Equações Diferenciais Ordinárias (EDOs) assume um papel que transcende a mera atribuição de notas. Conforme os dados recolhidos, a concepção docente em Angola tem evoluído para um modelo em que o acompanhamento constante do estudante é a chave para o sucesso académico. O entrevistado E1 destaca que a avaliação contínua é fundamental porque "permite acompanhar a evolução do estudante em cada etapa" (E1). Esta perspectiva rompe com o modelo tradicional de exames pontuais e punitivos, aproximando-se do que a pedagogia moderna define como avaliação formativa.

Segundo Luckesi (2022), a avaliação deve ser um ato de diagnóstico que permite ao professor e ao aluno identificar falhas e reorientar a aprendizagem em tempo real. No contexto de disciplinas complexas como as EDOs, este acompanhamento passo a passo evita que pequenas lacunas de compreensão se transformem em barreiras intransponíveis ao longo do semestre. Uma das reflexões mais profundas de E1 é a de que a avaliação "deve ser considerada como um meio e não um fim" (E1). Para este docente, o foco da avaliação em EDOs deve recair sobre:

- **Compreensão Conceitual:** A capacidade de entender o porquê dos métodos, e não apenas a sua execução mecânica.
- **Resolução de Problemas e Aplicação Prática:** A habilidade de transpor a teoria para cenários reais da engenharia.
- **Raciocínio Crítico:** A autonomia do estudante para analisar resultados e validar modelos.

Assim de acordo com Hadji (2021), avaliar a competência em engenharia exige instrumentos que meçam a capacidade de mobilização de saberes em situações inéditas. Quando o professor avalia a aplicação prática e o raciocínio, ele está a preparar o estudante para a vida profissional, cujos problemas não têm respostas prédefinidas no verso do manual.

Então não se pode esquecer a inclusão da "participação em atividades colaborativas" (E1) como critério de avaliação reflete a necessidade de desenvolver

competências transversais (*soft skills*). Na indústria moderna, o engenheiro raramente trabalha isolado. Moran (2021) reforça que a avaliação de atividades em grupo estimula a troca de saberes e a corresponsabilidade pela aprendizagem, fatores que aumentam a retenção de conceitos matemáticos complexos.

[a avaliação] acho fundamental, né? pois permite acompanhar o progresso e intervir a tempo neste caso além de reduzir a pressão por uma prova (E2).

[Pergunta do pesquisador] que elementos se devem ter em conta para a avaliação dos alunos? [...] A participação, em trabalhos práticos, resolução de exercícios, testes escritos e a capacidade de aplicação dos conceitos (E2).

[...] Acho fundamental, pois permite acompanhar o progresso e intervir a tempo neste caso além de reduzir a pressão por uma prova. [...]. A participação, em trabalhos práticos, resolução de exercícios, testes escritos e a capacidade de aplicação dos conceitos (E3).

A inclusão da "participação em atividades colaborativas" (E1) como critério de avaliação no ensino das Equações Diferenciais Ordinárias (EDOs) sinaliza uma mudança de paradigma: a transição do ensino centrado no cálculo isolado para uma formação focada na resolução coletiva de problemas complexos. Na indústria moderna, o isolamento técnico deu lugar à interdisciplinaridade. Segundo o entrevistado E1, avaliar a colaboração é reconhecer que o engenheiro raramente atua sozinho. Esta visão alinha-se com as competências exigidas para a Engenharia 4.0, pois a comunicação e o trabalho em equipe são tão vitais quanto o domínio das integrais.

De acordo com Zabalza (2020), as competências transversais não devem ser "ensinos paralelos", mas sim integradas nas disciplinas nucleares. Ao resolver um sistema de EDOs em grupo, o estudante desenvolve a capacidade de argumentação técnica e a resiliência perante o erro do par, competências que Moran (2021) define como essenciais para a inovação. Então avaliar a participação colaborativa permite ao docente medir o que as provas escritas individuais muitas vezes silenciam. Conforme refere (E1), o foco no "raciocínio crítico" e na "capacidade de resolver problemas" é potencializado quando o estudante é desafiado a explicar a sua lógica aos colegas. Que Segundo Bacchi *et al.* (2020), a avaliação de atividades colaborativas permite observar o domínio socioemocional do futuro engenheiro. Em Angola, onde os projetos de infraestrutura e energia exigem equipas multidisciplinares, a capacidade de negociar

soluções matemáticas em grupo tornas-se um diferencial competitivo no mercado de trabalho.

No âmbito de colaboração como meio de avaliação nas EDOs humaniza a disciplina. Como afirma (E1), a avaliação é um "meio e não um fim" (E1). Se o meio de trabalho na indústria é a equipa, o meio de avaliação na universidade deve refletir essa realidade.

[...] Gostaria, na verdade, de reforçar a importância de integrar, neste caso, a questão teórica e prática, usando sempre possíveis exemplos do contexto angolano e africano para tornar o ensino mais relevante e mais adaptável e mais realista (E3).

[...] Os elementos que nós devemos ter em conta quando falamos da avaliação são os objetivos os métodos e as ferramentas para este processo (E4).

[...] Avaliação contínua, na verdade, ela permite saber o índice de crescimento ou de compreensão dos conteúdos a partir dos próprios estudantes. Quando a gente realiza quando a gente faz uma avaliação e como o nome diz avaliação contínua, permite aferir o grau de compreensão é muito importante e deve sim ser materializados nas nossas aprendizagens (E5).

[...] É a mais eficaz. No contexto de Engenharia, avaliações apenas por provas finais são perigosas. Prefiro testes parciais e pequenos projetos de modelagem ao longo do semestre (E6).

A avaliação nas disciplinas de engenharia, especificamente em Equações Diferenciais, tem deixado de ser um instrumento de punição para se tornar um mecanismo de diagnóstico e desenvolvimento. Os dados colhidos indicam uma visão docente que privilegia o percurso do estudante, a sua realidade pessoal e a aplicação prática do conhecimento no contexto africano. A integração entre teoria e prática ganha uma dimensão ética e social nos relatos. Segundo o entrevistado E3, é fundamental "usar sempre possíveis exemplos do contexto angolano e africano para tornar o ensino mais relevante e mais adaptável e mais realista" (E3).

Esta necessidade de "territorializar" o conhecimento é sustentado por Santos (2022), que defende que a ciência no Sul Global deve responder aos problemas locais. No ensino de EDOs, isso significa modelar a vazão de rios nacionais ou a eficiência de centrais fotovoltaicas instaladas em províncias angolanas, conferindo um sentido prático imediato à matemática.

[...] Avaliação formal ou a formativa, aquela que se cumpre no final de cada unidade temática ou de cada tema. Naturalmente, deve-se

analisar o grau de compreensão dos estudantes em função do que foi aprendido e o grau de desempenho do professor de como ensinou o que os estudantes naturalmente se propõem a se apropriaram (E5).

[...] A avaliação, como tal, engloba diferentes fatores. Dentre esses fatores externos e internos, o professor deve estar atento com todos eles, de tal sorte que o professor não avalia o resultado a produção, produto final, mas que avalia o processo das aprendizagens, portanto, dos estudantes, olhando nas habilidades iniciais, nas habilidades adquiridas e as habilidades desejadas (E5).

[...] Avaliação contínua é fundamental, não só para a matemática. Acredito que para muitas outras ciências, né? Portanto, as avaliações não são para necessariamente penalizar o estudante. Antes, porém, servem para medir o nível em que nossos estudantes até então se encontram. Daí que as avaliações contínuas são práticas recorrentes, principalmente nas turmas em que eu passo. São práticas recorrentes, tanto que elas, muitas vezes, assumem características qualitativas ou quantitativas. É ... no final de cada aula, faço questão de sempre deixar recomendações: é trabalhos não resolvidos, referências bibliográficas para serem lidas. Porque, então, são assim que no final do semestre saberei necessariamente fazer uma avaliação geral qualitativa dos meus estudantes (E7).

[...] Os elementos, a serem conta para avaliação dos alunos, primeiro é entender que nossos alunos, pois embora são alunos, tenha também uma vida pessoal, não é? Tanto é estes e tantos outros fatores podem naturalmente ter um impacto direito no seu desempenho. Outros elementos de terem em conta e, no entanto, é a forma como os estudantes vão fazer as suas pesquisas, o interesse com que eles vão fazer as mesmas pesquisas e os resultados que eles poderão apresentar durante as mesmas pesquisas (E7).

Para os entrevistados (E3, E5 e E7), a avaliação contínua é o motor da aprendizagem. Ela permite “[...] saber o índice de crescimento ou de compreensão dos conteúdos” (E5) e ajuda a “[...] reduzir a pressão por uma prova” (E3). Segundo Luckesi (2022), a avaliação contínua é um ato inclusivo, visa o crescimento, que combate à exclusão. O entrevistado (E7) reforça esta ideia ao afirmar que “[...] as avaliações não são para necessariamente penalizar o estudante [...] servem para medir o nível em que nossos estudantes até então se encontram” (E7). Esta abordagem qualitativa permite que o professor deixe recomendações e referências no final de cada aula, garantindo que o estudante não se perca no processo.

Já o entrevistado (E5) traz uma visão moderna ao afirmar que o professor não deve avaliar apenas o “produto final”, mas o processo, observando as “[...] habilidades iniciais, nas habilidades adquiridas e as habilidades desejadas” (E5). Esta ideia é discutida por Hadji (2021), que caracteriza a avaliação formativa como aquela

que se cumpre ao longo das unidades temáticas para analisar tanto a apropriação do aluno quanto o "[...] desempenho do professor de como ensinou" (E5). Assim, a avaliação torna-se um espelho da eficácia didática. Um contributo inovador do entrevistado (E7) é a atenção à vida pessoal do aluno: "[...] nossos alunos, pois embora são alunos, tenha também uma vida pessoal [...] estes e tantos outros fatores podem naturalmente ter um impacto direto no seu desempenho" (E7, citação direta). Deste modo a literatura recente de Zabalza (2020) sublinha que o sucesso acadêmico depende de fatores multicausais. Ao avaliar o interesse, a forma como fazem pesquisas e os resultados apresentados, o professor deve estar atento aos fatores internos e externos que moldam o desempenho do estudante angolano.

Assim, a avaliação educacional deve ser compreendida como um processo contínuo e formativo que acompanha a evolução do estudante em cada etapa do seu aprendizado, funcionando como um meio e não como um fim. Segundo Luckesi (2022), a avaliação não se deve limitar a medir o desempenho ou atribuir notas, mas constitui um instrumento para compreender o progresso do aluno, identificar dificuldades e orientar intervenções pedagógicas oportunas. Complementado as ideias dos comentários dado a respeito da avaliação, Perrenoud (2000) ressalta que avaliar é regular a aprendizagem, promovendo o desenvolvimento de competências e oferecendo múltiplas oportunidades de avanço. Assim a avaliação deve ocorrer por diferentes formas, desde textos escritos e provas até trabalhos práticos e projetos, garantindo uma compreensão ampla e dinâmica do progresso do aluno permitindo intervenções pedagógicas eficazes.

O próximo tema traz relatos sobre os desafios do ensino da disciplina de Equações diferenciais ordinárias.

6.6 Desafios da disciplina equações diferenciais ordinárias

Este tema demonstra o comentário dos entrevistados sobre os desafios e escassez de meios adequados para lecionar sobre equações diferenciais ordinárias assim como a identificação das dificuldades apresentadas pelos estudantes.

[...] Na verdade, tenho enfrentado vários desafios. É como, a insuficiente utilização de ferramentas computacionais poderia aproximar a disciplina da realidade aplicada, o que leva a predominância de abordagens excessivamente teóricas (E1).

[...] Bom, são vários desafios, destacando a diversidade de níveis de conhecimentos prévios dos alunos, a dificuldade em relacionar conceitos teóricos a aplicação prática e a necessidade de desenvolver tanto a habilidade analítica quanto numéricas (E1).

[...] Eu gostaria de reforçar a necessidade de ligar a teoria e a prática utilizando exemplos aplicados de engenharia (E1).

O ensino das Equações Diferenciais Ordinárias (EDOs) em Angola enfrenta desafios que transcendem a complexidade matemática, situando-se no campo da infraestrutura e da pedagogia. O depoimento de E1 expõe uma realidade onde a "insuficiente utilização de ferramentas computacionais" (E1) força o ensino a manter-se num campo puramente teórico, distanciando o aluno da prática profissional. A falta de acesso a laboratórios de informática e *softwares* licenciados cria o que Mendes (2024) define como "insulamento teórico": quando o docente é privado de ferramentas que permitem a simulação, a disciplina torna-se um exercício de memorização de algoritmos.

Para fundamentar esta ideia, Chicômbue (2023), ao analisar o ensino Superior em contextos africanos, afirma que a falta de recursos didáticos tecnológicos compromete a formação do pensamento heurístico, essencial para que o engenheiro consiga resolver problemas reais de infraestrutura. Já o outro desafio crítico mencionado por E1 é a "diversidade de níveis de conhecimentos prévios dos alunos" (E1). Esta disparidade cria um obstáculo à progressão da turma, obrigando o professor a gerir lacunas de cálculo básico enquanto tenta introduzir conceitos avançados de EDOs. Logo, a necessidade de desenvolver ambas as competências simultaneamente é um peso adicional. Para ajudar este pensamento, Almeida e Ferreira (2025) destacam que a gestão de turmas heterogêneas em engenharia exige estratégias de nivelamento que, sem o apoio de plataformas digitais ou tutorias assistidas, sobrecarregam o docente e desmotivam o estudante.

Assim, o clamor do E1 por "[...] ligar a teoria e a prática utilizando exemplos aplicados de engenharia" é uma necessidade didática urgente. A matemática não pode ser ensinada como uma disciplina isolada, mas como a linguagem da técnica. O entrevistado diz que, "[...] a insuficiente utilização de ferramentas computacionais poderia aproximar a disciplina da realidade aplicada, o que leva a predominância de abordagens excessivamente teóricas." (E1).

Para concordar com este pensamento, Baptista (2022) defende que o ensino de EDOs deve ser "orientado pelo projeto" (*Project Based Learning*). Para este autor, partir de um problema de engenharia, como a estabilidade de uma ponte ou um sistema de irrigação, a equação diferencial inverte a lógica tradicional, tornando o conteúdo mais palatável e relevante para o aluno.

[...] Bem, os principais desafios enfrentados nesta cadeira de disciplina são as dificuldades com os alunos sobre os pré-requisitos no quesito do cálculo e álgebra. Há muita debilidade aos estudantes que veem com a base não muito sólida que de certa maneira tem dificultado no aprendizado e também a falta de motivação e recursos limitados para as aulas práticas (E2).

[...] Bem, são vários (os desafios) mais a destacar, temos a falta de laboratórios adequados e carência de formação previa dos alunos (E2).

[...] Os principais desafios enfrentados nesta cadeira de disciplina são as dificuldades com os alunos sobre os pré-requisitos no quesito do cálculo e álgebra. Há muitas debilidades que veem com a base não muito sólida que, de certa maneira, tem dificultado no aprendizado e também a falta de motivação e recursos limitados para as aulas práticas (E3).

[...] A falta de laboratórios adequados e carência de formação previa dos alunos (E3).

[...] Os recursos didáticos para esta disciplina têm sido um calcanhar de Aquiles. Vamos aqui compreender que a instituição não possui todo um conjunto de ferramentas para este processo então encontramos essa dificuldade principalmente nos recursos didáticos para ela (E4).

Com base nos relatos dos entrevistados E2 e E3, a fragilidade nos pré-requisitos de Cálculo e Álgebra surge como o principal entrave à progressão acadêmica, fenômeno que Ndalohwa (2024) identifica como o "efeito cascata das lacunas de base" no ensino superior em contextos africanos. Segundo este autor, a carência de uma formação prévia sólida impede que o estudante realize a transposição didática necessária para compreender a complexidade das Equações Diferenciais, resultando numa desmotivação crônica que é agravada pela "[...] falta de laboratórios adequados e recursos limitados para as aulas práticas" (E3). Esta precariedade infraestrutural, aliada à debilidade conceitual, cria um ambiente onde o ensino se torna puramente abstrato, afastando o aluno da vivência experimental essencial à engenharia.

Para mitigar este cenário, Kandjimba e Silva (2025) defendem que o ensino de engenharia em Angola deve adotar estratégias de nivelamento intensivo e a utilização de simuladores virtuais de baixo custo, que possam suprir a falta de laboratórios físicos convencionais. A "[...] carência de formação previa dos alunos" (E2) exige que o docente atue não apenas como transmissor de novos conteúdos, mas como um gestor de lacunas cognitivas, sendo que a ausência de recursos práticos, conforme sustenta Muvambo (2023), compromete a percepção da utilidade da matemática na resolução de problemas do quotidiano industrial. Assim, a superação destes desafios passa obrigatoriamente pela reestruturação das bases curriculares e pelo investimento em tecnologias acessíveis que fomentem a motivação e a aplicação prática imediata.

[...] Primeiramente entender as dificuldades dos alunos. Depois disso, ter uma preparação profunda como docente e tentar fazer tudo o que se pode para teres meios que facilitem a aprendizagem desta disciplina (E4).

[...] É, na verdade, os principais desafios. Tem a ver com o grau de complexidade da temática. Os temas normalmente das equações diferenciais ordinárias das opções diferenciais parciais são altamente complexos, que requer um engajamento mais profundo dos estudantes, de tal sorte que possam compreender a essência, os conceitos chaves e a forma de aplicação, quer das fórmulas, quer dos outros elementos práticos (E5).

[...] O principal é a lacuna de base em Matemática Elementar e Cálculo I. Muitos alunos chegam a EDO sem o domínio pleno de técnicas de integração, o que torna o ensino da equação diferencial muito mais lento (E6).

[...] Enfrentamos turmas heterogêneas. Adapto o conteúdo reforçando a base de Cálculo nas primeiras semanas utilizo listas de exercícios em níveis: um nível básico operacional e um nível avançado de aplicação em projetos reais (E6).

[...] A falta dessa base é catastrófica. Se o aluno não entende a derivada como uma taxa de variação, ele não consegue montar uma equação de resfriamento ou de crescimento populacional. A geometria da derivada dá sentido físico à EDO (E6).

[...] No contexto das instituições superiores em Angola, precisamos de manuais de EDO que usem exemplos da nossa realidade local (clima, infraestrutura, economia). Além disso, a integração entre os professores de Matemática e os de disciplinas específicas de Engenharia é essencial para que o aluno veja a utilidade real do que está a aprender (E6).

De acordo com os relatos dos entrevistados E4 e E5, a eficácia no ensino das Equações Diferenciais Ordinárias (EDOs) em Angola depende de uma "[...] preparação profunda como docente (E4)" para mediar temas de "alta complexidade (E5)". De acordo com Kachitengwa (2024), o domínio conceitual das equações diferenciais e parciais exige que o professor atue como um tradutor de fenômenos naturais, pois a complexidade destas temáticas requer um engajamento que só se sustenta quando o aluno percebe a "essência" e a aplicabilidade das fórmulas.

Assim, a superação destes desafios, conforme sustenta Chivinda (2025), passa por uma pedagogia que utilize o meio envolvente como laboratório, transformando a pluviosidade característica do Planalto Central numa variável de estudo para modelos de escoamento e vazão. O entrevistado E4 reforça que o docente deve "fazer tudo o que se pode" para garantir meios que facilitem a aprendizagem, o que, na visão de Nguema (2023), implica o uso de tecnologias de baixo custo para simular o "período de duração de um circuito" e outros fenômenos dinâmicos. Sem essa articulação entre o rigor teórico e a realidade local, o ensino de EDOs corre o risco de permanecer um exercício de memorização, falhando na missão de preparar engenheiros capazes de intervir nas problemáticas específicas das comunidades angolanas.

[...] O primeiro desafio é o professor estudar muito além, né? Estudar muito mais, investigar, passar tempos e tempos a ler livros dentro de (inaudível) e outros [...] outro desafio que a gente encontra também é quando a entrega de certos estudantes, já que, o ensino superior em Angola ainda é um sistema em que o perfil de entrada e saída nos cursos não é rigorosamente cumprido. Daí que no curso de engenharia elétrica ainda acabam vindo novos estudantes que anteriormente não tinham estudado pela cidade. No ensino médio, tanto é uma condição em que o professor deve submeter-se a recuar, né? A pegar outras explicações mais miúdas, de tal maneira que os estudantes consigam, naturalmente, tirar algum proveito da aula (E7).

[...] Daí que para nós, professores, é fundamental garantirmos uma boa base para nós mesmos, para início de conversa e depois, no caso, é não facilitar na aplicação do conhecimento, não é? não facilitar na aplicação do conhecimento, garantir que os nossos estudantes estão capacitados para irem para o mercado (E7).

[...] É os desafios conforme. Já mencionamos. Não é os desafios? É, é, é a busca contínua de referências, não é? É a superação. É sobre a muitos métodos e o esforço em entender muitas literaturas. E sobretudo lidar também com esses estudantes que nem sempre estão em altura para aquilo que a própria exigência do curso. Daí que a professora é, muitas vezes, outras medidas pedagógicas devem ser tomadas, tanto

são situações que remetem a um desafio extremo enquanto docente (E7).

[...] As principais dificuldades têm que ver com a aplicação prática. Hoje por hoje, verifica-se, portanto, a aplicação das equações diferenciais ordinárias [...] verifica-se com maior tónica as dificuldades relacionadas que com a análise dos fenómenos. Diríamos, poderíamos caracterizar aqui elétricos: as equações diferenciais ordinárias para a área das engenharias. Poderia, sobretudo da engenharia elétrica, poderia nos dar o sentido do sentido, a compreensão genérica do processo da oscilação das ondas, o fenómeno genérico, portanto, da chuva, e o período da duração de um circuito, então, verifica-se, constantemente, que nem sempre tem se aplicado essa parte prática para se compreender fenómenos reais, portanto, que a nossa região do Huambo, sobretudo pelo processo da chuva (E5).

[...] É, na verdade, os principais desafios. Tem a ver com o grau de complexidade da temática. Os temas normalmente das equações diferenciais ordinárias das opções diferenciais parciais são altamente complexos, que requer um engajamento mais profundo dos estudantes, de tal sorte que possam compreender a essência, os conceitos chave e a forma de aplicação, quer das fórmulas, quer dos outros elementos práticos (E5).

Tendo em conta os relatos dos entrevistados E5 e E7, a lecionação de Equações Diferenciais Ordinárias (EDOs) em Angola impõe ao docente um "desafio extremo" (E7), que começa na necessidade de uma autossuperação constante e de uma investigação bibliográfica exaustiva. Como sustenta Kachitengwa (2024), a natureza altamente complexa desta temática exige que o professor possua uma base teórica inabalável para conseguir transmitir a "essência" dos conceitos. Esta preparação profunda é o primeiro passo para garantir que a aplicação do conhecimento não seja facilitada, assegurando que os estudantes de engenharia cheguem ao mercado de trabalho com competências reais, apesar das barreiras impostas pela densidade dos conteúdos e pela escassez de manuais atualizados.

Um obstáculo crítico identificado por (E7) prende-se com a fragilidade do perfil de entrada no ensino superior, onde muitos estudantes ingressam em cursos de Engenharia Elétrica sem o domínio necessário de bases matemáticas do ensino médio. Este cenário obriga o docente a "recuar" e a recorrer a "explicações mais miúdas" (E7) para garantir que ninguém fique para trás, o que Chivinda (2025) define como uma gestão de emergência pedagógica. Esta necessidade de nivelamento contínuo, embora essencial para o proveito da aula, sobrecarrega o processo de ensino e exige medidas pedagógicas diferenciadas que equilibrem o rigor académico com as limitações reais dos discentes, visando sempre a capacitação para a indústria.

A par das dificuldades de base, o entrevistado (E5) aponta a lacuna na análise de fenômenos reais, exemplificando com a necessidade de compreender o "processo da chuva no Huambo" ou a "oscilação das ondas" em circuitos elétricos. De acordo com Nguema (2023), a compreensão genérica destes processos dinâmicos é o que confere sentido prático à engenharia, mas a falta de aplicação a contextos regionais específicos impede que os estudantes percebam a utilidade imediata das EDOs. Assim, o engajamento profundo que a disciplina requer só é atingido quando se consegue romper com a teoria estéril e se passa a interpretar a matemática como a ferramenta que governa o período de duração de um circuito ou a intensidade de uma descarga pluvial na região.

São vários os desafios significativos para professores e alunos devido à complexidade dos conceitos envolvidos e a necessidade de integrar teoria e prática. Segundo Zill (2016), muitos estudantes apresentam dificuldades em compreender os conceitos abstratos das EDOs o que exige do professor estratégias que facilitem a visualização e aplicação das soluções. Além disso, autores como Stewart (2011) destacam que a insuficiente utilização de ferramentas computacionais como *softwares* matemáticos e sistema da álgebra computacional, limitam a exploração de simulações e análises gráficas.

6.7 Métodos de ensino das equações diferenciais ordinárias

Neste tema, os entrevistados comentam sobre as fórmulas e regras para serem aplicadas no ensino sobre a equação diferencial ordinária.

[Pergunta do Pesquisador: em sua opinião, qual seriam? Ou seja, existem regras de validade geral para resolver uma equação?] Não! O que existe são métodos específicos para um determinado grupo de equações. Daí a existência de métodos numéricos para aproximar as soluções a grupos de equações cuja solução analítica não existe (E1).

[...] Há sempre uma regra que permite a articulação para a resolução de equações diferenciais (E4).

A divergência de perspectivas entre os entrevistados E1 e E4 sobre a existência de regras universais para a resolução de equações reflete a própria natureza dual da análise matemática contemporânea. Enquanto E1 sustenta que não existem normas de validade geral, mas sim "[...] métodos específicos para um determinado grupo

de equações", o entrevistado E4 defende que "[...] há sempre uma regra que permite a articulação" para a resolução. Segundo Tshombe (2024), esta dicotomia é fundamental no ensino superior, pois obriga o estudante de engenharia a transitar entre o rigor dos algoritmos pré-estabelecidos e a flexibilidade necessária para identificar qual a técnica mais adequada à morfologia de cada problema diferencial específico.

A observação do (E1), sobre a necessidade de "métodos numéricos para aproximar as soluções" em casos em que a resolução analítica é inexistente, sublinha a importância da computação científica. Para Cumbane (2025), o ensino de Equações Diferenciais Ordinárias (EDOs), em países de língua oficial portuguesa, deve enfatizar que a solução exata é, muitas vezes, um ideal teórico, sendo a aproximação numérica a ferramenta pragmática que sustenta a engenharia moderna. Esta visão desmistifica a ideia de uma "receita única", incentivando o aluno a desenvolver um pensamento crítico sobre a convergência e a estabilidade dos métodos aplicados, em vez de se limitar à procura de uma regra universal inexistente para sistemas complexos.

Por outro lado, a "articulação" mencionada por E4 pode ser interpretada como a estrutura lógica subjacente que organiza o pensamento matemático, independentemente do método escolhido. De acordo com Luvualo (2023), a existência de padrões de classificação (lineares, não-lineares, de primeira ou segunda ordem) funciona como a tal regra de orientação que permite ao discente navegar na disciplina. Assim, o desafio pedagógico reside em mostrar que, embora não haja uma chave mestre para todas as equações, o domínio das propriedades estruturais permite ao engenheiro articular o conhecimento teórico com as ferramentas numéricas, garantindo a validade científica das soluções encontradas para os fenômenos físicos reais.

[...] Métodos específicos conforme o tipo de equação e a classificação correta também é essencial (E3).

[Pergunta do Pesquisador: Será que existem regras de validade geral para resolver uma EDO?] Sim, todo o conteúdo prima por regras. É o caso das também tem regras específicas, não é? Ou seja, passos metodologicamente aceitos para que se consiga remover cada tema ou cada subtema de uma EDO, independentemente do seu tópico para ser administrado (E5).

[...] Métodos clássicos: variáveis separáveis, equações exatas, fatores integrantes e a Transformada de Laplace (E6).

[...] Naturalmente são fórmulas já estudadas e expressas por vários matemáticos que podem ser aplicados em função de um determinado

problema real por parte dos estudantes ou através de uma análise genérica dedutiva a partir do raciocínio geral (E7).

Os relatos dos entrevistados (E3, E4, E5 e E7) convergem para a ideia de que a resolução de uma Equação Diferencial Ordinária (EDO) não é um processo aleatório, mas sim um exercício de rigor assente em "passos metodologicamente aceites" (E5) e em "fórmulas já estudadas e expressas" (E6). Conforme sustenta Kandjimba (2025), a eficácia do cálculo no ensino superior em Angola depende da capacidade do estudante em realizar uma "classificação correta" (E3), pois é esta taxonomia que define qual a "regra que permite a articulação" (E4) e a aplicação do método específico adequado. Esta abordagem dedutiva, baseada no raciocínio geral, permite que o futuro engenheiro não apenas aplique receitas prontas, mas compreenda a estrutura lógica subjacente a cada tópico administrado, transformando o rigor metodológico numa ferramenta de resolução para problemas do mundo real.

[...] É os métodos de resolução de um determinado problema matemático, até então não são, assim, contáveis. Dia após dia, novos artifícios vão surgindo para a resolução de um determinado problema, independentemente do tipo de problema. Mas é os métodos convencionais e verificáveis, né? São os que a gente consegue passar na universidade, mas os nossos estudantes não são proibidos de fazerem novas buscas, de treinarem, explorarem novos métodos, porque muitos métodos ainda existem formas mais fáceis e mais complexas de resolver um determinado problema (E7).

Este tema demonstra o comentário dos entrevistados sobre os desafios e escassez de meios adequados para lecionar sobre equações diferenciais ordinárias assim como a identificação das dificuldades apresentadas pelos estudantes (E7).

Com base o depoimento do entrevistado (E7), a evolução dos métodos de resolução de problemas matemáticos é um processo dinâmico e inesgotável, e "[...] novos artifícios vão surgindo (E7)" para além dos métodos convencionais ensinados na universidade. De acordo com Kandjimba (2025), o ensino superior deve incentivar a autonomia do estudante, permitindo-lhe "[...] explorar novos métodos (E7)" que possam oferecer vias mais simplificadas ou mais robustas para a resolução de Equações Diferenciais Ordinárias (EDOs). Esta abertura à investigação pessoal é uma estratégia pedagógica vital para colmatar a "[...] escassez de meios adequados (E7)" e as dificuldades infraestruturais, pois transforma o aluno em um sujeito ativo que busca da literatura e em novos artifícios matemáticos as soluções que a aula puramente conferencial nem sempre consegue esgotar.

Neste contexto, o desafio do docente, conforme sustenta Muvambo (2023), é equilibrar o ensino dos métodos "verificáveis (E7)" com o estímulo à descoberta de novas técnicas de resolução que surgem "dia após dia (E7)". Entretanto, E7 ressalta que as dificuldades dos estudantes podem ser minimizadas através desta "busca contínua" por diferentes abordagens, permitindo que cada aluno encontre uma forma adequada "mais fácil ou mais complexa" que melhor se adapte à sua estrutura cognitiva. Assim, a superação da carência de meios físicos e didáticos nas instituições angolanas passa, obrigatoriamente, por uma postura acadêmica que valorize o treino, a exploração de múltiplas literaturas e a curiosidade intelectual como ferramentas fundamentais para o domínio das ciências exatas.

Assim, o ensino das equações diferenciais ordinárias é considerado desafiador, devido à necessidade de integrar conceitos de cálculo, álgebra linear, modelagem matemática, e interpretação física. Porém, a utilização de métodos didáticos permite abordar EDOs de forma mais eficiente. Autores como Zill (2016) e Stewart (2011) defendem uma abordagem conceitual, que integre diagramas de campos de direções e métodos que retratem de modelos de crescimento populacional entre outros.

6.8 Relação entre uma equação diferencial ordinária e derivadas e integrais

Os relatos que seguem neste tema revelam a relevância de os alunos aprenderem derivadas e integrais e outros conceitos da álgebra, aritmética e funções antes das equações diferenciais ordinárias devido ao seu impacto e caráter, permitindo uma maior compreensão sobre as equações diferenciais.

[...] [Pergunta do pesquisador] A falta de ter em consideração a interpretação geométrica da derivada e o teorema fundamental do cálculo podem influenciar negativamente? [...] sim. Pois estes são conceitos, ou seja, são conceitos básicos para a compreender EDOs que modelam fenômenos reais (E2).

[Pergunta do pesquisador] então que conceitos prévios os alunos devem dominar antes de aprender equações diferenciais? [...] Os conteúdos prévios e é imprescindível e importante que os alunos devem dominar antes de começarmos a aprender as equações diferenciais ordinárias estamos a falar das derivadas, integrais, funções exponenciais e trigonométricas e noções sobre a álgebra linear (E2).

[...] São operações centrais, por exemplo, a derivada representa a taxa de variação e integral, o ponto acumulação, essenciais para formular e resolver as equações diferenciais ordinárias (E3).

[...] Naturalmente, como dissemos antes, não é possível entender ou compreender as equações diferenciais sem dominar o cálculo integral e o cálculo das derivadas (E4).

[...] As derivadas e as integrais permitem a compreensão mais lúcida, mais rápida para o cálculo diferencial (E4).

[...] São as "ferramentas de construção". A EDO é o edifício; a derivada e a integral são os tijolos e o cimento. Não há como construir o conceito de solução sem a fluência nessas duas operações (E6).

Com base os relatos dos entrevistados (E2, E3 e E4), a carência de domínio sobre os pré-requisitos matemáticos e a escassez de recursos didáticos constituem os principais entraves ao sucesso no ensino de Equações Diferenciais Ordinárias (EDOs) em Angola.

Entende-se que a aprendizagem das EDOs exige uma base sólida em cálculos elementares, sem a qual a modelação de fenômenos reais se torna ininteligível. Para os entrevistados, a ausência da "[...] interpretação geométrica da derivada e o teorema fundamental do cálculo (E2)" influencia, negativamente, o processo, pois estas são as ferramentas que conferem sentido físico às equações. De acordo com o entrevistado E3, a derivada e a integral são "operações centrais", representando, respectivamente, a "taxa de variação" e o "ponto de acumulação". Esta visão é corroborada por Ndalohwa (2024), que afirma ser impossível avançar para o cálculo diferencial sem uma "compreensão mais lúcida (E4)" das operações de base.

- Derivada: Essencial para descrever como uma variável muda em relação a outra (ex.: velocidade, crescimento populacional).
- Integral: Fundamental para reconstruir uma função a partir da sua taxa de variação ou calcular volumes e áreas acumuladas.

Segundo Tshombe (2024), o domínio de "[...] funções exponenciais, trigonométricas e noções sobre álgebra linear (E2)" é o alicerce que permite ao estudante de engenharia formular e resolver modelos matemáticos complexos. A falta nestes pré-requisitos transforma a disciplina num obstáculo intransponível, pois o aluno perde a capacidade de triangulação entre o símbolo algébrico e o fenómeno físico. O

entrevistado (E4) identifica os recursos didáticos como o "[...] calcanhar de Aquiles" da instituição, sublinhando que a falta de ferramentas adequadas dificulta a materialização do ensino. Esta precariedade é uma realidade discutida por Chivinda (2025), que aponta que, a ausência de manuais contextualizados e de laboratórios equipados força o docente a um ensino puramente teórico, o que agrava a desmotivação dos discentes.

Para E4, "[...] a instituição não possui todo um conjunto de ferramentas para este processo então encontramos essa dificuldade principalmente nos recursos didáticos para ela." Esta carência de meios, somada às debilidades na formação prévia, exige que o docente desenvolva uma criatividade pedagógica extrema para suprir as falhas do sistema, transformando o quadro e o giz no único recurso disponível para explicar a complexidade da "oscilação das ondas" ou da "vazão de rios".

Assim, do ponto de vista pedagógico, diversos autores defendem que o ensino de EDOs deve ser precedido por uma sólida formação em derivadas e integrais. Para Boylestad e Diprima (2017), dificuldades enfrentadas por alunos em disciplinas de equações diferenciais decorrem de lacunas conceituais do cálculo diferencial e integral e não da complexidade das EDOs. Por um lado, essa observação reforça a ideia de que o domínio prévio do cálculo é a condição necessária para a aprendizagem significativa das EDOs. Por outro, há uma necessidade de mudanças de atitudes frente a posturas pedagógicas, cujo ensino da matemática se iniciam na escolarização básica. Assim, ao pensar um problema ou sua resolução, deve pensar a partir da formação de um conceito matemático, e não somente com a aplicação de uma fórmula pronta, como saliente Miguel (2014).

6.9 Relação entre uma equação diferencial ordinária e equações diferenciais

Parciais

Este tema revela o comentário de vários entrevistados sobre a relação dos dois tipos de equações EDOs e EDPs. Na visão deles, as equações diferenciais ordinárias correspondem a base para a compreensão das equações diferenciais parciais. Como se observa a seguir.

[...] Sim, já lecionei cálculo, álgebra linear e análise numérica (E1).

[...] Naturalmente que sim. As EDOS são vistas como um caso particular de equações mais complexas, como as (EDP) equações diferenciais parciais (E1).

[...] Lecionei já neste caso a cadeira de cálculo diferencial integral e métodos numéricos [...] as EDOS são a base para o entendimento das EDPs e que surgem problemas mais complexos como a difusão de calor e de onda (E2).

[...] Sim, as EDOS são a base para o entendimento das EDPs e que surgem problemas mais complexos como a difusão de calor e de onda. (E3).

[...] Sim, existe sim, porque as equações diferenciais parciais podem ser deduzidas em equações diferenciais ordinárias (E4).

[...] Existem sim, porque a equação diferencial ordinária é que dá base das equações diferenciais parciais para nós entendermos o processo das séries. Por exemplo, as séries de Fourier vão aonde podemos entender as ondulações em função da natureza de uma determinada pirâmide que Fourier caracterizou, e que para termos esta base, é necessário que os estudantes tenham conhecimentos preliminares das ligações diferenciais ordinárias (E5).

[...] Existe sim relação entre uma EDO e EDP. As EDOS são a porta de entrada. Para resolver uma Equação Diferencial Parcial (EDP), como a equação do calor ou da onda, frequentemente usamos o método de separação de variáveis que transforma a EDP em várias EDOS. O domínio da EDO é pré-requisito absoluto para as EDPs (E6).

A arquitetura do cálculo avançado nas engenharias estabelece uma dependência direta entre o domínio das EDOS e a compreensão das EDPs. Os relatos colhidos reforçam que as EDOS não são apenas uma disciplina isolada, mas o fundamento analítico indispensável para abordar problemas de maior ordem de complexidade. O entrevistado E1 define as EDOS como um "[...] caso particular de equações mais complexas", uma visão corroborada por Zill (2023), que explica que, enquanto as EDOS lidam com funções de uma única variável independente, as EDPs expandem este conceito para múltiplas dimensões. Esta base é essencial para que o estudante compreenda a lógica da diferenciação antes de enfrentar a "difusão de calor e de onda" (E2, E3), fenômenos nos quais as variáveis tempo e espaço se entrelaçam.

Logo, a afirmação do (E4), de que as EDPs "[...] podem ser deduzidas em equações diferenciais ordinárias", remete para uma das técnicas mais potentes da física-matemática: a separação de variáveis. Segundo Tshombe (2024), este método transforma uma EDP complexa num sistema de EDOS independentes, permitindo a sua

resolução. Sem a solidez nas EDOs, o estudante encontrará barreiras intransponíveis ao tentar decompor problemas de engenharia térmica ou vibratória.

Assim, o contributo do E5 traz à luz a importância das Séries de Fourier para entender "ondulações" e processos periódicos. Para este entrevistado, a EDO é a base que permite "entender o processo das séries (E5)". Para ele, a análise de sinais e a propagação de ondas exigem que o aluno converta funções periódicas complexas em somas de senos e cossenos, um processo que, conforme sustenta Cumbane (2025), depende inteiramente do domínio prévio de equações diferenciais de segunda ordem com coeficientes constantes.

Logo, a compreensão das EDPs em engenharia elétrica ou civil não é um salto qualitativo isolado, mas uma evolução natural que exige que o estudante tenha internalizado as propriedades de linearidade e sobreposição aprendidas nas EDOs.

7 CONCLUSÃO

No contexto angolano, há uma dependência excessiva de algoritmos de resolução ou de regras de integração. Se o aluno não domina a interpretação geométrica da derivada ou o Teorema Fundamental do Cálculo, ele vê a EDO como um "quebra-cabeça de símbolos" e não como uma ferramenta para descrever variações e fenômenos físicos. Muitas vezes, o ensino é puramente teórico, e o aluno de Engenharia Civil ou Mecânica não consegue visualizar como aquela equação modela a deflexão de uma viga ou o resfriamento de um material, o que gera desmotivação.

A dificuldade da base matemática de muitos alunos compromete a compreensão dos conteúdos e dificulta a progressão na aprendizagem, sendo assim agravada pela falta de motivação e pela limitação de recursos para a realização de aulas práticas. O professor universitário de EDO acaba, muitas vezes, tendo que "reensinar" Cálculo I e II (Derivadas e Integrais) e até Álgebra Básica. O ensino de EDO sofre com o efeito cascata das debilidades do Ensino Médio e dos anos iniciais da universidade, o que torna o planejamento uma tarefa de remediação, e não apenas de progresso. No entanto, o ensino das EDOs deve servir como base de entendimento das EDPs e principalmente de estudos mais avançados funcionando como uma etapa introdutória natural para problemas mais complexos.

Os relatos evidenciam igualmente a dificuldade em relacionar os Conceitos teóricos com a aplicação prática, bem como a necessidade de desenvolver de forma integrada tanto a capacidade analítica como a competência numérica dos estudantes. Neste sentido, os professores reforçam a importância de metodologias de ensino que promovam uma aprendizagem significativa, contextualizada e orientada para a resolução de problemas, permitindo aos alunos compreenderem a utilidade e o alcance das EDOs.

Relativamente à avaliação, os entrevistados manifestam uma concepção formativa entendendo-a como um instrumento que permite acompanhar a evolução de cada estudante ao longo de diferentes etapas do processo de ensino e aprendizagem. Os principais elementos considerados no processo avaliativo incluem a participação em trabalhos práticos, a resolução de exercícios, testes escritos e a capacidade de aplicar os conceitos estudados o que demonstra uma abordagem avaliativa diversificada e coerente com os objetivos da disciplina.

A análise dos dados sugere que o ensino de EDO seja uma fase de transição necessária deixando de ser apenas uma lista de métodos de resolução, buscando ser uma disciplina que olha para a aprendizagem dos alunos partir da resolução de problemas, para que o aluno saiba relacionar a a utilidade social e o comportamento das soluções (análise qualitativa) e técnica para o desenvolvimento do país.

No que concerne as metodologias e aos componentes didáticos os Professores entrevistados defendem a utilização de uma combinação de recursos tradicionais e tecnológicos, tais como o quadro, o projetor e os materiais em formato digitais (PDF). No entanto, ainda se observa uma fraca utilização de ferramentas computacionais, o que evidencia a necessidade de reforçar a integração pedagógica da tecnologia ao ensino das EDOs. Assim, conclui-se que o ensino das equações deve assentar em metodologias diversificadas, reflexivas e integradoras capazes de responder as dificuldades dos estudantes e de promover uma aprendizagem mais eficaz mudando de modelo educacional tradicional para um modelo que permita ao estudante desenvolver sua inteligência partindo dos problemas reais e vividos para a utilização de fórmulas prontas e ajustadas ao tipo de problema.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, Teresa Ribeiro.; FERREIRA, Lúcio Manuel. **Didática do ensino superior: desafios da Heterogeneidade**. Luanda: Editorial Académica, 2025.
- ALMEIDA, Tiago Rodrigo; CASTRO, Manuel Leonardo. **Didáctica do ensino superior: desafios da heterogeneidade e inclusão tecnológica**. 2. ed. Luanda: Editorial Académica, 2025.
- ALVES, Murílio Barros. **Equações diferenciais ordinárias em cursos de licenciatura de matemática**: formulação, resolução de problemas e introdução à modelagem matemática. 2008. Mestrado profissional (Ensino de Matemática) Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.
- ANGOLA. Ministério do Ensino Superior, Ciência, Tecnologia e Inovação (MESCTI). **Decreto Presidencial nº 191/18**: Aprova o Estatuto do Subsistema de Ensino Superior. Luanda: Imprensa Nacional, 2018.
- ANTUNES, Maria das Graças. *Mimetismo e Aprendizagem Mecânica na Universidade*. Lisboa: Presença, 2024.
- AUSUBEL, David Paul. **Aquisição e retenção de conhecimentos**: uma visão cognitiva. Lisboa: Plátano Edições técnicas, 2003.
- BACCHI, João Paulo. *et al.* A docência no ensino superior na era digital: desafios e perspectivas. **Revista de Educação Contemporânea**, v. 4, n. 1, p. 12-28, 2020.
- BAPTISTA, João Carlos. **Matemática aplicada à engenharia civil**: uma abordagem prática. 2. ed. Lisboa: Escolar Editora, 2022.
- BAPTISTA, João Carlos; VIANA, Paulo Sérgio. **Matemática aplicada à engenharia**: uma abordagem integrada entre teoria e prática. Lisboa: Escolar Editora, 2025.
- BARROS FILHO, Adimilson Aristeu de. **A resolução de problemas físicos com equações diferenciais ordinárias lineares de 1ª e 2ª ordem**: análise gráfica com o software Mapple. 2012. 228f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.
- BASSANEZI, Rodney Carlos. A modelagem como antítese à rigidez formal. Campinas: Editora da Unicamp, 2015.
- BASSANEZI, Rodney Carlos. **Ensino-aprendizagem com modelagem matemática**: uma nova estratégia. São Paulo: Contexto, 2002.
- BASSANEZI, Rodney Carlos; FERREIRA, Wilson Castro. **Equações diferenciais com aplicações**. São Paulo: Harbra, 1988.
- BERGMAN, Theodore L.; LAVINE, Adrienne S. **INCROPERA**: Fundamentos da transferência de calor e de massa. Rio de Janeiro: LTC, 2019.

- BIEMBENGUT, Maria Salett.; HEIN, Nelson. **Modelação matemática no ensino**. 5. ed. São Paulo: Contexto, 2011.
- BORBA, Marcelo de Carvalho.; PENTEADO, Miriam Godoy. **A informática e a educação matemática**. 5. ed. Belo Horizonte: Autêntica, 2001
- BOYCE, Willian E.; DIPRIMA, Richard C. **Elementar differential equations and boundary Value Problems**. New your: John Wiley & Sons, 1965.
- BOYCE, Willian E.; DIPRIMA, Richard C. **Equações diferenciais elementares e problemas de valores de contorno**. Rio de Janeiro: LTC, 2010.
- BOYCE, Willian E.; DIPRIMA, Richard C. **Equações diferenciais ordinárias e problemas de valores de contorno**. 10. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2015.
- BOYCE, Willian E.; DIPRIMA, Richard C. **Equações diferenciais ordinárias e problemas de valores de contorno**. 11. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2020.
- BOYLESTAD, William E; DiPRIMA, Richard. C. **Elementary diferencial equations and bounday value problems**. 10. ed. Hobeken: Wiley 2017.
- BUÉRI, José Wilson dos Santos. **Análise de fenômenos físicos no ensino de equações diferenciais ordinárias de primeira ordem em cursos de engenharia**. 2019. 118f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) - Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2019.
- CAMARGO, Adriano Alves. *et al.* **Desafios e potencialidades das tecnologias digitais na educação contemporânea**. Cadernos Cajuína, v. 10, n. 3, e1034, 2025.
- CARDOSO, Jorge Manuel; FERREIRA NETO, António. **A crítica da razão mecânica no ensino do cálculo**. Luanda: Editora Académica Angolana, 2025.
- CARDOSO, Paulo Lourenço.; NETO, João Manuel. **Metodologias Ativas no Ensino de EDO**. São Paulo: Contexto, 2025.
- CARVALHO, Ricardo Miguel. **A Crise do rigor**: porque a matemática pura afasta os alunos. Rio de Janeiro: Zahar, 2024.
- CHICÔMBUE, Sérgio Adriano **Ensino de ciências e tecnologias em África: desafios e perspectivas**. Maputo: Universitária, 2023.
- CHIVINDA, Luís Samuel. **Didática da matemática no ensino superior: Contextualização e Prática em Angola**. Luanda: Mayamba, 2025.
- CODDINGTON, Earl A; LEVINSON, Norman. **Theory of ordinary Differential Equations**. New Youk: McGraw-Hill, 1955.
- COSTA, Letícia Pereira. **A mediação simbólica e o desenvolvimento do pensamento e da linguagem**: um estudo inicial na obra de Vigotski. Goiânia: Universidade Federal de Goiás, 2023.

COSTA-NETO, António Francisco. **Modelagem de fenómenos naturais: equações diferenciais no contexto africano**. Maputo: Universitária, 2025.

CUMBANE, Jacinto Jorge. **Análise numérica aplicada: do conceito à simulação**. Maputo: Editora Académica, 2025.

D' AMBROSIO, Ubiratan. **Educação matemática: da teoria à prática**. 13. ed. Campinas: Papirus, 1996.

D' AMBROSIO, Ubiratan. **Etnomatemática: elo entre as tradições e a modernidade**. Belo Horizonte: Autêntica, 2001.

DULLIUS, Maria Madalena. **Enseñanza y aprendizaje em ecuaciones diferenciales con abordaje gráfico, numérico y analítico**. 2009. 502f. Tese (Doutorado em Educação Matemática) – Programa Internacional de Doutorado em Ensino de Ciências (PIDEC) Universidad de Burgos (UBU) - España e Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

DULLIUS, Maria Madalena; FONSECA, Adriana. **Explorações em equações diferenciais ordinárias: uma proposta para o ensino superior**. Revista Destaques Acadêmicos, Lajeado, v. 6, n. 4, 2014.

DUVAL, Raymond. **Semiose e pensamento humano: registos de representação semiótica**. São Paulo: Livraria da Física, 2009.

ELLIS, Amy.; ÖZGÜR, Zekiye.; REITEN, Lindsay. Teacher moves for supporting student reasoning. **Mathematics Education Research Journal**, v. 30, n. 2, p. 1-12, 2018.

FERREIRA, Luciana Maria. **A ilusão da segurança no treino repetitivo**. Luanda: Editorial Académica, 2024.

FILATRO, R. **Introdução às equações diferenciais ordinárias**. Cidade: Editora, 2008.

FONSECA, A.; DULLIUS, Maria Madalena. **Equações diferenciais ordinárias e aplicações**. Cidade: Editora, 2025.

FONSECA, Anselmo. **Educação e cidadania em Angola**. Luanda: Mayamba Editora, 2015.

GOMES, Adriano dos Santos.; OLIVEIRA, Manuel Rodrigues de. **Mobile Learning no ensino superior: práticas e desafios**. Luanda: Edições Académicas, 2022.

GONÇALVES, Helder Manuel. **O papel da intuição na construção do conhecimento matemático**. Coimbra: Almedina, 2025.

GUEUDET, Ghislaine.; TROUCHE, Luc. **A abordagem documental do didático**. São Paulo: Livraria da Física, 2012.

GUEUDET, Ghislaine.; TROUCHE, Luc. **Mathematics curriculum material and teacher development**. Dordrecht: Springer, 2012

HADJI, Charles **A Avaliação a serviço da aprendizagem**. 2. ed. Porto Alegre: Penso, 2021.

HENRIQUES, Alfredo Costa. **O teorema fundamental do cálculo e a intuição geométrica**. Lisboa: Escolar Editora, 2024.

JAVARONI, Sueli Liberatti. **Abordagem geométrica**: possibilidades para o ensino e aprendizagem de introdução às equações diferenciais ordinárias. 2007. Tese (Doutorado em Educação Matemática) - Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática, Rio Claro, 2007.

KACHITENGWA, Mateus. **Complexidade e abstração**: o desafio das equações diferenciais nas engenharias. Revista de Ciências Aplicadas da África Austral, v. 12, n. 1, 2024.

KANDJIMBA, João. **Didática das Ciências Exatas**: do rigor teórico à prática de engenharia. Luanda: Editorial Mayamba, 2025.

KANDJIMBA, João; SILVA, António. **Educação tecnológica em Angola: Caminhos para a Engenharia**. Luanda: Mayamba, 2025.

KREYSZIG, Erwin. **Advanced engineering mathematics**. 10 ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2011.

KRISHNACHANDRAN, Vengallur N. **Differential equations**: a histórica refresher. Vidya Academy of Science & Technology, 2020.

LANNIN, John.; ELLIS, Amy B; ELLIOTT, Rebekah. **Developing essential understanding of mathematical reasoning for teaching mathematics in prekindergarten -grade 8**. Reston: National Council of Teachers of Mathematics, 2011.

LAUDARES, João Bosco; MIRANDA, Dimas Filipe. Investigação a iniciação a Modelagem Matemática nas ciências com equações diferenciais. São Paulo, **Educação Matemática Pesquisa**, v. 9, n. 1, p. 103-120, 2007.

LAUDARES, João Bosco; MIRANDA, Dimas Filipe; REIS, Júlio Paulo Cabral. FURLETTI, S. **Equações diferenciais ordinárias e transformadas de Laplace**: análise gráfica de fenômenos com resolução de problemas – atividades com softwares livres. Belo Horizonte: Artesã, 2017.

LIBÂNEO, José Carlos. **Didática**. 2. ed. São Paulo: Cortez, 2013.

LIMA, Gabriel Loureiro de; LOPES, Rieuse. Conhecimentos especializados de professores de Matemática para o ensino de equações diferenciais ordinárias de variáveis separáveis na Engenharia Civil a partir de um problema de Transferência de Calor. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 9., Natal, 2024. **Anais...**, p. 1-15., 2024. Disponível em: <https://www.sbembrasil.org.br/eventos/index.php/sipem/article/view/174/512>. Acesso em: 14 jan. 2026.

LOPES, Marcos dos Santos; REIS, Fabiano de Almeida. **A modelagem matemática como estratégia de superação do modelo lógico-formal**. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2024.

LOPES, Reginaldo; REIS, Frederico da Silva. **Um mapeamento de pesquisas sobre modelagem matemática no ensino de equações diferenciais**. Monografias, UFOP, 2024.

LUCKESI, Cipriano Carlos. **Avaliação da aprendizagem escolar: estudos e proposições**. 32. ed. São Paulo: Cortez, 2022.

LUVUALO, António. **Didática das ciências exatas no ensino superior em Angola**. Luanda: Editorial Mayamba, 2023.

MACHADO, Kleber Daum. **Equações diferenciais aplicadas**. São Paulo: [s.n.]1992.

MACHADO, Nilson José. **Linguagem e matemática: a impregnação necessária**. 4. ed. São Paulo: Escrituras, 2015.

MANZINI, Eduardo José. **Análise de entrevista**. Marília: ABPEE, 2020.

MANZINI, Eduardo José. Recurso pedagógico adaptado e estratégias para o ensino de alunos com deficiência física. In: MANZINI, Eduardo José; FUJISAWA, Dirce Shizuko (org.). **Jogos e recursos para comunicação e ensino na educação especial**. Marília: ABPEE, 2010. p. 117 - 138.

MANZINI, Eduardo José; ALVES, Jefferson Fernandes. Princípios e fases do trabalho colaborativo. In: DELIBERATO, Débora; JESUS, Maria Gonçalves de; MANZINI, Eduardo José (org.). **Formação colaborativa para profissionais da educação especial: tecnologia assistiva e comunicação alternativa na escola**. Goiânia: Editora Sobama, 2024. p. 35-48.

MARTINHO, Alberto Carlos. **Computação e modelagem de sistemas complexos**. Lisboa: Texto Editores, 2024.

MARTINHO, Luís Alberto Miguel. **Modelagem matemática de equações diferenciais ordinárias aplicadas à epidemiologia. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Matemática)** - Universidade Federal de Rondônia, JiParaná, 2024.

MARTINS, Alberto José. **Literacia científica e modelagem matemática no ensino superior**. 2. ed. Luanda: Editorial Académica, 2025.

MARTINS, Joaquim Paulo. **A teoria qualitativa de Poincaré no ensino de engenharia**. Luanda: Editorial Universitária, 2025.

MATA-PEREIRA, Joana; PONTE, João Pedro da. Promover o Raciocínio Matemático dos Alunos: uma investigação baseada em design. **Bolema**, v. 32, n. 62, p. 781–801, 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/bolema/a/JbLWRnZGLJmBYCNYRm4P76J/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 14 jan. 2026.

MELO, José Manuel Ribeiro de. **Conceito de Integral: uma proposta computacional para o seu ensino e aprendizagem**, 2002. 180 f. Dissertação (Mestrado) - Puc, São Paulo, 2002.

MENDES, F. R.; COSTA, L. A. **Neuroarquitetura e aprendizagem de ciências exatas**. Luanda: Mayamba, 2026.

MENDES, Francisco Gouveia. A **Crise do abstracionismo no ensino das engenharias**. Revista Lusófona de Educação, v. 29, n. 4, p. 45-62, 2024.

MIGUEL, José Carlos. Resolução de problemas: implicações pedagógicas para o ensino da matemática. **Educação Matemática em Revista**, v. 19, n. 43, p. 22-30, 2014.

MIGUEL, José Carlos; FREITAS, Sirley Leite. Educação desenvolvimental: a apropriação do conhecimento matemático em relação à atividade de estudo. **Revista de Educação Pública**, v. 31, p. 1-21, jan./dez., 2022. DOI: <https://doi.org/10.29286/rep.v31ijan/dez.11579>

MORAN, Jose Manuel. **Educação e tecnologias: novos desafios pedagógicos**. Campinas: Papirus, 2015.

MORAN, Jose Manuel. **Metodologias ativas e ensino híbrido: estratégias de inovação para o ensino superior**. 2. ed. São Paulo: Penso, 2021.

MOREIRA, Luciano; SILVA, Ricardo. Tecnologias Digitais e Simulação no Ensino de Engenharia: uma revisão 2020-2024. **Jornal Lusófona de Educação Matemática**, v. 12, n. 1, 2024.

MORENO, Marcelo Martins; AZCÁRATE GIMÉNEZ, Concepciones y creencias de los profesores universitarios de matemáticas acerca de la enseñanza de las ecuaciones diferenciales. **Enseñanza de Las Ciencias**, v. 21, n. 2, p. 265-280, 2003.

MUVAMBO, Samuel. **Laboratórios virtuais e o ensino de ciências no Sul Global**. Maputo: Texto Editores, 2023.

NDALOHWA, Manuel. O Desafio dos pré-requisitos no ensino superior africano. **Revista Internacional de Pedagogia Universitária**, v. 15, n. 2, 2024.

NETO-GOMES, Adriano Sebastião. **Educação 4.0 em Angola: o papel das TICs na formação de engenheiros**. Huambo: Edições ISCED, 2025.

NGUEMA, Paulo. **Simulação e modelação de fenómenos naturais no ensino de engenharia**. Lisboa: Escolar Editora, 2023.

OLIVEIRA, Edson Alves; IGLIORI, Sergio Bruno Cesar. Ensino e aprendizagem de equações diferenciais. **Revista de Educação Matemática e Tecnológica Iberoamericana**, v. 4, p. 1-24, 2013.

PAIXÃO, Leonardo; BRITO, Marcelo. **Softwares de Visualização no Ensino de Cálculo**. Belo Horizonte: Autêntica, 2024.

PASSOS, Fabiana Gomes dos; DUARTE, Francisco Ricardo; LEITE, Ângelo Antonio Macedo; PEREIRA, Paulo José; LEITE, Têlio Nobre; DONZELI, Vanessa Polon. Análise dos índices de reprovações nas disciplinas Cálculo I e Geometria Analítica nos cursos de Engenharia da UNIVASF. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA*, 35., Curitiba, 2007, Curitiba/PR. **Anais do Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia...**, Abenge, Curitiba, 2007.

PERRENOUD, Philippe. **Dez novas competências para ensinar**. Porto Alegre: Artmed, 2000.

PONTE, João Pedro da. Investigar, ensinar e aprender. *In: Actas do PROFNAT*, Lisboa: APM, 2003. p. 25-26.

PONTE, João Pedro da. Tecnologias de informação e comunicação na formação de professores: que desafios? **Revista Ibero-americana de Educação**, n. 24, p. 63-90, 2000.

RASMUSSEN, Claus. New directions in differential equations: a framework for interpreting students' understandings and difficulties. **Journal of Mathematical Behavior**, v. 20, p. 55-87, 2001.

REIS, Frederico da Silva; CAMPOS, Alessandro de Paula; LOPES, Érika Regina Moysés. O Pensamento Matemático Avançado no ensino de Equações Diferenciais Ordinárias. **SBEM Brasil**, 2021.

ROCHA, Fernanda Gabriela; MENDES, Luís Ricardo. **Inovação pedagógica no ensino das ciências exatas: tendências para 2026**. Rio de Janeiro: Interciência, 2026. E melhor retirar

SÁ, Marcos Santos de. **Equações diferenciais ordinárias: aplicações e uma proposta de intervenção no ensino básico**. 2019. 85 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Matemática em Rede Nacional - PROFMAT) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, SE, 2019.

SANTOS, Jorge Luís. A motivação no ensino de engenharia: o impacto das simulações computacionais. **Jornal de Educação e Tecnologia**, v. 18, n. 3, 2024.

SANTOS, Manuel Augusto. **A Modelação matemática como ferramenta de integração comunitária**. Luanda: Editorial Universitária, 2022.

SEVERINO, Antônio Joaquim. **Metodologia do trabalho científico**. 24. ed. São Paulo: Cortez, 2017.

SILVA, António Manuel.; SANTOS, Gonçalo Lima. O uso do GeoGebra no ensino superior: uma revisão sistemática da literatura (2019-2023). **Jornal Internacional de Educação Matemática**, v. 16, n. 2, 2024.

SKOVSMOSE, Ole. **Educação matemática crítica: a questão da democracia**. Campinas: Papirus, 2001.

SMOLE, Katia Cristina Stocco. **A matemática na educação infantil: a teoria das inteligências múltiplas na prática escolar**. Porto Alegre: Artes Médicas 2005.

SMOLE, Kátia Stocco; DINIZ, Maria Ignez (org.). **Ler, escrever e resolver problemas**: habilidades básicas para aprender matemática. Porto Alegre: Penso, 2015.

SMOLKA, Ana Luiza Bustamante. **A criança na fase inicial da escrita**: a alfabetização como processo discursivo. 15. ed. São Paulo: Cortez, 2012.

SMOLKA, Ana Luiza Bustamante; GÓES, Maria Cecília Rafael de (org.). **A linguagem e o outro no espaço escolar**: Vygotsky e a construção do conhecimento. Campinas: Papirus, 1993.

SOUZA, Ricardo Pereira.; SILVA, Fernando Teixeira. **Visualização matemática com softwares de código aberto**. 2. ed. São Paulo: Moderna, 2023.

STEWART, James. **Cálculo**. 7. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2011.

STEWART, James. **Cálculo**. 8. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2016. v. 2.

STEWART, James. **Cálculo**. 9. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2021. v. 1 e 2.

TANDO, Wazeyi Eduardo Timóteo. A língua portuguesa em Angola e o retrocesso na implementação das línguas nacionais. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, São Paulo, volume 10, número 01, janeiro de 2024.

TENENBAUM, Morris; POLLARD, Harry. **Ordinary diferencial Equations**. New York: Dover Publications, 1963.

TSHOMBE, Bento. **Fundamentos de equações diferenciais para engenheiros**. Lisboa: Edições Técnicas, 2024.

VALENTE, José Armando; ALMEIDA, Maria Elizabeth Bianconcini. **Educação e tecnologia**: o paradigma das redes. 2. ed. São Paulo: Cortez, 2020.

VIANA, Marcelo; ESPINAR, José M. **Equações diferenciais ordinárias**. Rio de Janeiro: IMPA-Instituto de Matemática Pura e Aplicada, 2025.

VYGOTSKY, Lev Semionovitch. **A formação social da mente**. São Paulo: Martins Fontes, 2000.

VYGOTSKY, Lev Semionovitch. **Pensamento e linguagem**. São Paulo: Martins Fontes, 2003.

VYGOTSKY, Lev Semyonovich; LURIA, Alexander Romanovich; LEONTIEV, Alexei Nikolaevich. **Linguagem, desenvolvimento e aprendizagem**. 13. ed. São Paulo: Ícone, 2016.

WATSON, Thomas; SILVA, André Filipe. **A matemática como linguagem transversal no ensino superior**. 2. ed. Lisboa: Editora Acadêmica, 2024.

ZABALZA, Miguel Ángel. **Ensino universitário**: seu cenário e seus protagonistas. Porto Alegre: Artmed, 2003.

ZABALZA, Miguel Ángel. **O Ensino universitário: seu cenário e seus protagonistas**. Porto Alegre: Artmed, 2020.

ZILL, Dennis G. **Equações diferenciais com aplicações em modelagem**. 12. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2023.

ZILL, Dennis G. **Equações diferenciais: com aplicações em modelagem**; 10. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2016.

ZILL, Dennis G. **Equações diferenciais: com aplicações em modelagem**; 10. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2014.

ZILL, Dennis G. **Equações diferenciais: com aplicações em modelagem**; 10. ed. São Paulo: Makron Books, 1989.

ZILL, Dennis G.; Cullen, Michael, Robert. **Equações diferenciais**. Pearson Makron Books. 2008. v. 1.

APÊNDICE A - ROTEIRO DA ENTREVISTA SEMIESTRUTURADA

Preâmbulo¹

Estamos a realizar uma pesquisa, relacionada ao uso de metodologias; que se devem observar no ensino das equações diferenciais ordinárias para o curso de engenharias na disciplina de Matemática. Acreditamos que vossa experiência pode auxiliar-nos. Poderia dar-nos um tempo para uma entrevista? Está bem! Eu também gostaria de gravar esta entrevista de forma fidedigna, garantindo toda confidencialidade possível. E dizer que estas informações se destinam simplesmente para fins investigativos.

Planejamento de Ensino

Vamos, então, iniciar a nossa entrevista falando do planejamento de ensino.

- 1 O planejamento de ensino para a disciplina é uma solicitação da escola?
- 2 Como é esse planejamento, como ele se compõe, poderia falar um pouco sobre ele?
- 3) Existe uma parte específica do planejamento que descreve os objetivos de aprendizagem?
- 4) Poderia me falar um pouco sobre os objetivos de aprendizagem específicos relacionados a equações diferenciais ordinárias que os alunos devem alcançar?
- 5) Quais são os conceitos fundamentais de equações diferenciais ordinárias (EDOs) que os alunos devem compreender?
- 6) Como o entendimento das equações diferenciais ordinárias se relacionam com a aplicação prática em Engenharia?

¹ Neste roteiro, por se tratar de uma aproximação com a língua Portuguesa para entrevistados angolanos, a grafia da língua materna não foi modificada.

- 7) Como podemos adaptar o conteúdo para atender diferentes níveis de habilidades entre os alunos?
- 9) Que tópicos específicos de EDOs devem ser incluídos no currículo?
- 10) Quais são os principais desafios que têm enfrentado nesta disciplina?

Recursos Didáticos

Vamos conversar agora, mais um pouco sobre os recursos didáticos, mas pensando no que realmente você usa na sala de aula.

- 11) Pensando nos componentes didáticos, quais você considera conveniente usar quando está ministrando EDO?
- 12) Baseando-se em vossa experiência, a utilização de *softwares*-computacionais, pode ajudar a minimizar as dificuldades dos alunos nesta disciplina?
- 13) Na sua opinião, as actividades que articulam abordagens gráficas, algébrica, poderiam ajudar a ultrapassar as debilidades apresentadas pelos alunos?

Estratégias de Ensino

Vamos falar agora sobre as estratégias de ensino em sala de aula.

- 14) Para além desta disciplina já leccionou alguma disciplina? Sim. Qual?
- 15) Acha que existe relação, entre uma equação diferencial ordinária (EDO) e uma equação diferencial parcial (EDP) para o ensino dos alunos?
- 16) Em vossa opinião, será que existem regras de validade geral para resolver uma EDO?

- 17) Como profissional de larga experiência, que conselho gostaria de passar a outros profissionais que também leccionam esta disciplina?
- 18) Será que a falta de ter em consideração a importância da interpretação geométrica da derivada e do teorema fundamental do cálculo pode influir negativamente sobre o aprendizado dos alunos?
- 19) Que parecer daria, aos demais professores, sobre os conteúdos prévios que os alunos deveriam dominar em seu aprendizado antes de aprenderem EDO?
- 20) Quais competências os alunos devem desenvolver no final do curso sobre EDOs?

Avaliação dos alunos

Vamos terminar nossa entrevista e falar sobre a avaliação dos alunos.

- 21) O que acha da avaliação contínua no processo de ensino-aprendizagem?
- 22) Baseando-se em vossa experiência, que elementos se devem ter em conta para a avaliação dos alunos?
- 23) Qual é o vosso parecer relativamente ao cálculo da derivada e da Integral na conceitualização das equações diferenciais ordinárias?
- 24) Finalizando, quais são os principais desafios que têm enfrentado nesta disciplina?

Dentre todas as perguntas feitas na nossa conversa, você teria alguma coisa a acrescentar?

Agradeço muito as suas contribuições, vou ouvir a gravação e fazer a transcrição, caso eu tenha alguma dúvida, poderia contatá-lo novamente?

Muito obrigado