ANÁLISE DA COMPREENSÃO DE SISTEMAS NÃO-LINEARES POR ESTUDANTES INGRESSANTES EM CURSOS SUPERIORES DE COMPUTAÇÃO

DOI: 10.37702/2175-957X.COBENGE.2025.6104

Autores: *JOSé TARCíSIO FRANCO DE CAMARGO,ESTEFANO VIZCONDE VERASZTO,GILMAR BARRETO*

Resumo: *Este estudo investiga a percepção de não linearidades em sistemas por estudantes ingressantes em cursos superiores da área de computação. Foi aplicado um questionário estruturado com dez questões conceituais sobre fenômenos não lineares a 97 estudantes do primeiro ano de Engenharia da Computação e Ciência da Computação. Os resultados indicam que mais de 50% dos estudantes tendem a interpretar os problemas de forma linear, mesmo quando os princípios subjacentes são claramente não lineares, sugerindo dificuldades significativas na transição entre modelos matemáticos simples e complexos. A análise identificou padrões específicos de erro, especialmente em fenômenos de crescimento e decaimento exponencial, como juros compostos e dinâmica populacional. Os achados reforçam a necessidade urgente de abordagens pedagógicas mais inovadoras, como simulações computacionais interativas e estratégias didáticas baseadas na Teoria APOS.*

Palavras-chave: *Não linearidade,Ensino de Matemática,Aprendizagem em Computação*

ANÁLISE DA COMPREENSÃO DE SISTEMAS NÃO-LINEARES POR ESTUDANTES INGRESSANTES EM CURSOS SUPERIORES DE COMPUTAÇÃO

1 INTRODUÇÃO

A compreensão de fenômenos não-lineares desempenha um papel central em diversas áreas da computação, como aprendizado de máquina, simulação de sistemas e análise de algoritmos complexos. A matemática não-linear é fundamental para modelar processos naturais e artificiais, sendo amplamente empregada em sistemas dinâmicos, redes neurais e técnicas de otimização computacional (TALL, 2013). Contudo, a educação matemática nos níveis básico e intermediário tradicionalmente privilegia conteúdos lineares, o que pode limitar a visão dos estudantes no que diz respeito à resolução de problemas matemáticos mais complexos (DUBINSKY; McDONALD, 2001).

Estudos em educação matemática indicam que alunos frequentemente internalizam padrões de raciocínio baseados em proporcionalidade direta e crescimento linear, o que torna mais difícil a assimilação de modelos matemáticos mais complexos, como funções exponenciais e logarítmicas (SELDEN; SELDEN, 1995). Essa limitação pode prejudicar a formação acadêmica e profissional, particularmente em áreas como computação, engenharia e ciências exatas, onde o entendimento de sistemas não-lineares é essencial.

Além disso, a literatura especializada evidencia que o ensino tradicional muitas vezes negligencia abordagens visuais e computacionais que poderiam facilitar a compreensão dos sistemas não-lineares (KAPUT, 1994). A falta de metodologias que estimulem a experimentação e a observação de dinâmicas não-lineares compromete o desenvolvimento de intuições matemáticas mais profundas. Estratégias pedagógicas que incorporem o uso de tecnologias, como simulações e modelagem interativa, têm se mostrado promissoras para tornar a aprendizagem mais significativa e conectada a contextos aplicados (GLEICK, 1987).

Considerando esse cenário, o presente estudo propõe-se a investigar a percepção de estudantes ingressantes em cursos superiores da área de computação acerca de sistemas não-lineares, bem como sua capacidade de solucionar problemas dessa natureza. Adicionalmente, busca-se identificar padrões de erro recorrentes e propor estratégias pedagógicas que possam minimizar as dificuldades observadas, contribuindo para uma melhor integração dos conceitos não-lineares no ensino superior e para o aprimoramento das práticas educativas voltadas a esse campo.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O aprendizado de conceitos matemáticos não-lineares envolve desafios que podem ser compreendidos à luz de teorias sobre desenvolvimento cognitivo e aquisição de conhecimento matemático (TALL, 2013). De acordo com essa perspectiva, a construção da compreensão matemática ocorre em três mundos distintos: conceitual, simbólico e formal. A transição entre eles, no entanto, nem sempre se dá de maneira fluida, sendo prejudicada pela predominância de abordagens lineares no ensino básico, o que compromete a assimilação de relações mais complexas, como as não-lineares (TALL, 2013).

Nesse contexto, a teoria APOS (Actions, Processes, Objects, and Schemas) propõe uma estrutura para explicar como os estudantes internalizam conceitos abstratos (DUBINSKY; McDONALD, 2001). A aprendizagem seria um processo de camadas sucessivas, passando de ações a processos, e destes à construção de objetos matemáticos formais. A ausência de consolidação adequada dessas etapas pode explicar a dificuldade em reconhecer padrões não-lineares, reforçando a necessidade de práticas pedagógicas específicas (DUBINSKY; McDONALD, 2001).

Além disso, a resistência dos alunos em abandonar uma concepção determinista da matemática é um obstáculo relevante (BYERS, 2010). Esse tipo de visão, em que se espera que os fenômenos sigam padrões lineares previsíveis, é fortalecido por metodologias tradicionais de ensino que negligenciam fenômenos mais complexos (BYERS, 2010).

A literatura também aponta para a relevância de abordagens que priorizem a construção ativa do conhecimento (STEFFE; THOMPSON, 2000). Estratégias pedagógicas que fomentem a experimentação, sobretudo por meio de ferramentas computacionais, podem ajudar a evidenciar a natureza dinâmica dos sistemas não-lineares, favorecendo a redução de erros conceituais (STEFFE; THOMPSON, 2000).

Outro aspecto importante refere-se à transição entre processos e objetos matemáticos, processo que, quando realizado de forma rígida, compromete a compreensão de conceitos não-lineares (SFARD, 1991). Para superar essa limitação, é necessário que os estudantes sejam estimulados a perceber funções não apenas como procedimentos, mas como entidades conceituais mais amplas (SFARD, 1991).

No campo das metodologias, destaca-se ainda o papel das tecnologias educacionais como mediadoras da aprendizagem de conceitos matemáticos complexos (KAPUT, 1994). Ferramentas como MATLAB, GeoGebra e ambientes de programação em Python permitem a simulação de fenômenos como crescimento exponencial e decaimento radioativo, tornando as relações não-lineares mais concretas e intuitivas (KAPUT, 1994).

O ensino pautado na compreensão conceitual, e não na simples memorização de regras, também se mostra essencial (HIEBERT; CARPENTER, 1992). A introdução de conteúdos não-lineares deve ocorrer de modo gradual e contextualizado, prevenindo interpretações equivocadas baseadas exclusivamente na proporcionalidade direta (HIEBERT; CARPENTER, 1992).

Por fim, a teoria do caos e as dinâmicas não-lineares ampliam a fundamentação para a análise dessas dificuldades (GLEICK, 1987). A compreensão de que pequenas variações nas condições iniciais podem gerar grandes diferenças de comportamento é fundamental para a formação de uma visão matemática mais alinhada à complexidade real dos fenômenos (GLEICK, 1987).

Em síntese, a fundamentação teórica deste trabalho se apoia em diversas abordagens que explicam as dificuldades dos estudantes frente aos sistemas não-lineares e apontam para a necessidade de metodologias pedagógicas inovadoras. A incorporação de tecnologias digitais, estratégias baseadas na teoria APOS e abordagens interdisciplinares constituem caminhos promissores para a formação de competências matemáticas mais adequadas às demandas da computação e das ciências exatas.

3 METODOLOGIA

Este estudo caracteriza-se como uma pesquisa quantitativa de caráter descritivo, voltada para a identificação de padrões de erro e tendências no raciocínio matemático dos estudantes, a partir da aplicação de um questionário estruturado (CRESWELL; CRESWELL, 2018). Tal abordagem permite a análise estatística dos dados coletados e a observação de relações entre variáveis sem intervenção experimental direta, sendo indicada para a investigação de características de populações ou fenômenos de forma não manipulativa (CRESWELL; CRESWELL, 2018).

A escolha metodológica fundamenta-se na necessidade de mensurar a frequência de erros conceituais específicos, bem como de avaliar a relação entre o desempenho dos alunos e diferentes aspectos dos problemas apresentados (MCMILLAN; SCHUMACHER, 2014). A pesquisa quantitativa em educação é reconhecida por fornecer subsídios empíricos para o diagnóstico de padrões de aprendizagem e dificuldades cognitivas, essenciais para embasar propostas de intervenção pedagógica (MCMILLAN; SCHUMACHER, 2014).

.

3.1 Público-alvo

A definição clara do público-alvo constitui um aspecto central para a validade externa do estudo, possibilitando que seus resultados sejam interpretados em contextos semelhantes (TASHAKKORI; TEDDLIE, 2010). Para caracterizar adequadamente a amostra, foram coletadas informações sobre idade, formação escolar prévia, experiência com matemática avançada e familiaridade com conceitos de não-linearidade, mediante um questionário sociodemográfico aplicado antes da realização da atividade principal.

Participaram do estudo 97 alunos ingressantes de cursos de graduação em Engenharia de Computação e Ciência da Computação, pertencentes a duas instituições de ensino superior. Todos os participantes cursavam o ensino noturno, conciliando as atividades acadêmicas com o trabalho durante o dia. Em termos de perfil socioeconômico, predominou a classe média, com renda familiar de até cinco salários-mínimos.

A faixa etária dos estudantes variou entre 18 e 32 anos, com prevalência de participantes com menos de 25 anos. Observou-se ainda que a maioria dos alunos cursou a Educação Básica na rede pública de ensino. Vale destacar que, no momento da pesquisa, os estudantes já haviam concluído disciplinas introdutórias de matemática no ensino superior, mas ainda não haviam cursado matérias relacionadas às ciências físicas, onde conceitos de sistemas não-lineares são comumente abordados.

3.2 Instrumento de pesquisa

O instrumento de coleta de dados foi elaborado com o objetivo de avaliar a percepção dos estudantes sobre conceitos matemáticos não-lineares e identificar padrões de erro conceitual. A formulação de questionários estruturados é recomendada na literatura educacional como ferramenta diagnóstica eficaz para detectar dificuldades de raciocínio matemático e lacunas no aprendizado (TREAGUST, 1988; SOWDER, 2007).

O questionário incluiu questões relacionadas a fenômenos matemáticos não-lineares presentes tanto no cotidiano quanto nos currículos de matemática do ensino médio. Entre os temas abordados, destacam-se inflação, taxa de juros, velocidade e aceleração, distância percorrida, área de figuras geométricas, fluxo de fluidos, decaimento radioativo e taxas de natalidade e mortalidade.

A seleção desses tópicos fundamentou-se na necessidade de contextualizar os conceitos matemáticos em situações reais, estratégia apontada como favorável para a avaliação do nível de abstração e aplicabilidade das ideias matemáticas pelos estudantes (SCHOENFELD, 1992; BERGQVIST, 2007).

O quadro 1 mostra instrumento utilizado para a coleta de dados na pesquisa.

Quadro 1 – Instrumento de Pesquisa

N	Questões	Alternativas
1	Um círculo de raio “R” possui uma área “A”. Se o raio do círculo dobrar, proporcionalmente qual será a nova área?	[a] 2.A; [b] 3.A; *[c] 4.A; [d] 6.A; [e] 8.A
2	O comprimento de cada lado de um quadrado é “L” e sua área é “A”. Qual será a nova área do quadrado se cada lado do quadrado dobrar de tamanho?	[a] 2.A; [b] 3.A; *[c] 4.A; [d] 6.A; [e] 8.A

3	Devido à inflação, o preço de um produto que custava R$100,00 aumentou 2%. No mês seguinte, o preço do produto aumentou mais 2%. Qual é o preço atual do produto após os aumentos?	[a] R$102,00; [b] R$102,02; [c] R$104,00; *[d] R$104,04; [e] R$104,40
4	Um elemento radioativo perde 25% da sua massa a cada dez anos. Quanta massa ele terá perdido após 20 anos?	[a] 25,25%; *[b] 43,75%; [c] 50%; [d] 56,25%; [e] 75%
5	A distância entre uma nave espacial e seu planeta de origem é de 100.000 km após 30 dias de seu lançamento. Se a distância dobra a cada 30 dias que passam, qual será a distância entre o planeta e a nave após 120 dias?	[a] 200.000 km; [b] 300.000 km; [c] 400.000 km; [d] 600.000 km; *[e] 800.000 km
6	Um produto custava R$100,00 em uma loja. Em uma promoção, o comerciante abaixou o preço do produto em 10%. Após o fim da promoção, o comerciante aumentou o preço do produto em 10%. Qual era o preço final desta mercadoria?	[a] R$90,00; *[b] R$99,00; [c] R$100,00; [d] R$101,00; [e] R$110,00
7	Um reservatório está se enchendo a uma taxa onde o volume de água armazenada dobra a cada hora. Se o reservatório estiver metade cheio após 4 horas, qual será o tempo total necessário para estar completamente cheio?	[a] 1 hora; [b] 2 horas; [c] 4 horas; *[d] 5 horas; [e] 8 horas
8	Uma pessoa iniciou uma caminhada com uma certa velocidade mas, com o passar do tempo, devido ao cansaço, passou a andar cada vez mais devagar. A cada hora que se passava, esta pessoa caminhava metade da distância percorrida na hora anterior. Se este indivíduo conseguiu percorrer uma distância de 4 km na primeira hora, quanto tempo levará para que ele percorra ao todo 7,5 km?	[a] 2 horas; [b] 3 horas; *[c] 4 horas; [d] 5 horas; [e] 6 horas
9	Uma população de coelhos aumenta em 10% a cada mês, mas também tem uma taxa de mortalidade fixa de 20 coelhos por mês. Se a população inicial é de 200 coelhos, qual será a população aproximada após 5 meses?	[a] 180 coelhos; *[b] 200 coelhos; [c] 240 coelhos; [d] 250 coelhos; [e] 300 coelhos
10	Um elemento radioativo perde metade de sua massa a cada 5 anos. Se você começar com 100 gramas, quantos gramas terá após 15 anos?	[a] 50 gramas; [b] 25 gramas; *[c] 12,5 gramas; [d] 6,25 gramas; [e] 0 gramas

Fonte: Elaborado pelos autores.

3.3 Coleta de dados

A aplicação do questionário foi realizada de forma presencial, em sala de aula, com controle rigoroso do ambiente. Foram aplicadas dez questões objetivas, cada uma com cinco alternativas de resposta, abordando conceitos relacionados a fenômenos matemáticos não-lineares. O objetivo foi avaliar a habilidade dos estudantes em identificar e interpretar adequadamente essas relações.

Durante a atividade, a comunicação entre os participantes foi proibida, sendo permitido apenas o uso de calculadoras comuns ou científicas. Celulares e dispositivos conectados à internet foram vetados, com o intuito de preservar a confiabilidade dos dados obtidos.

Embora o tempo máximo estipulado para a conclusão do questionário tenha sido de duas horas, a maioria dos estudantes finalizou a atividade em cerca de 30 minutos. O tempo mais longo registrado foi de 50 minutos, o que indica que, para a maioria, a resolução das questões exigiu raciocínio rápido e direto.

A escolha pelo formato de questões objetivas justifica-se pela eficiência na coleta e análise de dados em larga escala (CRESWELL; CRESWELL, 2018). Questionários estruturados permitem não apenas medir o desempenho de forma padronizada, mas também identificar estratégias de pensamento e padrões recorrentes de erro entre os estudantes (NISS; HØJGAARD, 2019).

Mais do que testar o conhecimento memorístico, o instrumento foi elaborado para avaliar a capacidade dos alunos de aplicar conceitos matemáticos a situações diversas. A literatura aponta que testes estruturados são eficazes na detecção de equívocos conceituais, funcionando como importantes ferramentas diagnósticas (TREAGUST, 1988; SOWDER, 2007).

Outro aspecto relevante é que questionários bem planejados minimizam vieses de interpretação, aumentando a confiabilidade dos resultados obtidos (KRIPPENDORFF, 2018). Isso torna esse tipo de instrumento particularmente adequado para estudos que buscam mapear dificuldades específicas no aprendizado matemático.

3.4 Métodos de Técnicas de Análise

Após a coleta, as respostas foram analisadas considerando a frequência de acertos e erros em cada questão. A classificação dos erros seguiu princípios de análise de respostas educacionais, agrupando as falhas conforme suas características dominantes (KRIPPENDORFF, 2018).

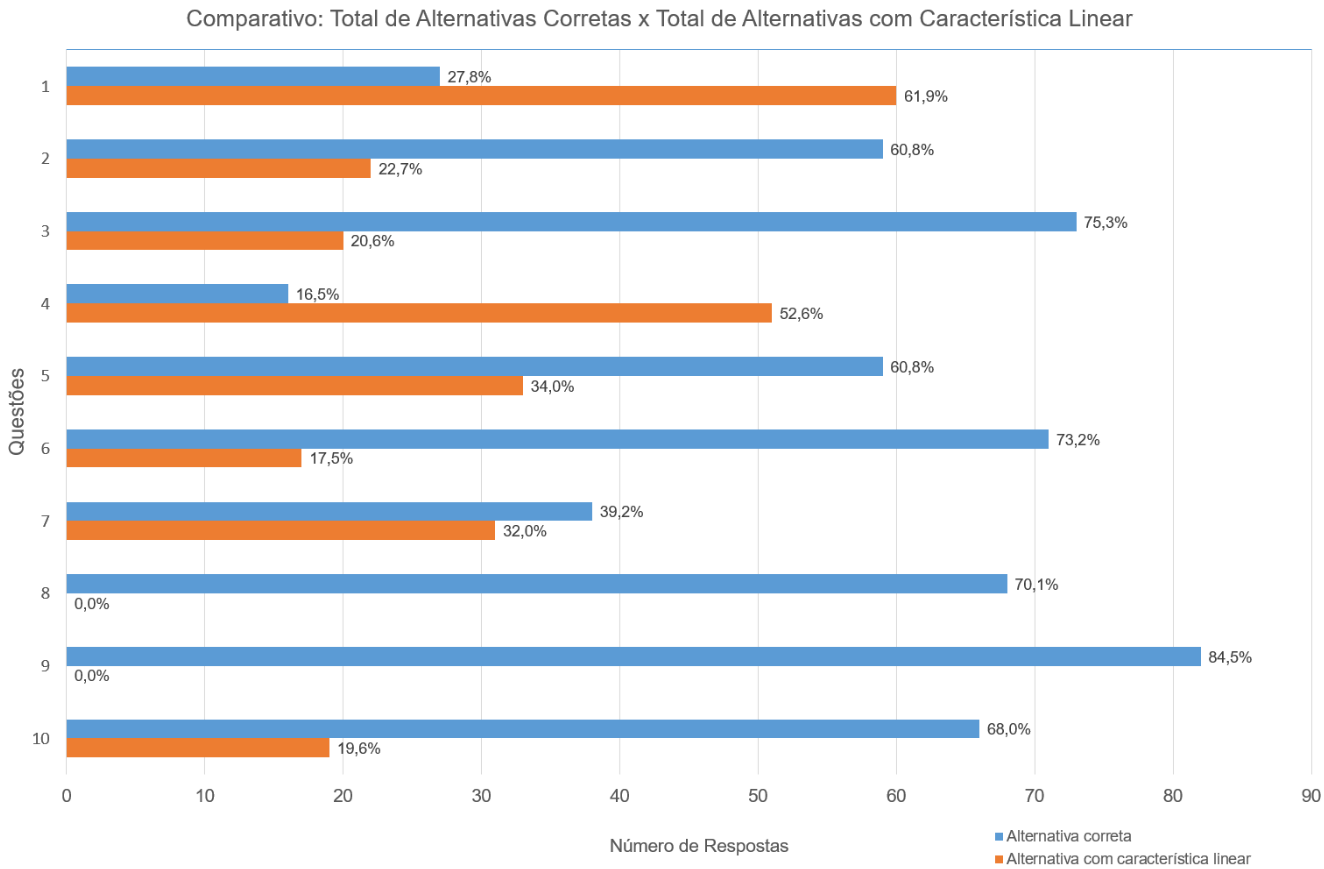
Buscou-se identificar tendências específicas de erro, sobretudo a aplicação inadequada de raciocínios lineares em situações que exigiam o entendimento de relações não-lineares. A partir da categorização dos erros, foi possível mapear os aspectos mais problemáticos para os estudantes.

Esses resultados oferecem uma base empírica para o desenvolvimento de estratégias pedagógicas que possam, no futuro, melhorar o ensino de conceitos não-lineares nos cursos de computação.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na sequência, serão apresentados os resultados e conclusões da análise dos dados, com base nos dados do gráfico 1, que compara o total de respostas corretas com o total de respostas dadas para alternativas com conteúdo (característica) linear.

Gráfico 1 – Gráfico Comparativo: Total de Alternativas Corretas x Total de Alternativas com Característica Linear



Fonte: Elaborado pelos autores.

4.1 Tendência à Interpretação Linear

Os dados (Gráfico 1) revelam que uma parcela significativa dos estudantes recorre sistematicamente a raciocínios lineares mesmo diante de problemas que exigiriam uma abordagem não-linear. Essa tendência é evidente, por exemplo, na questão 1 do questionário, na qual 61,2% dos alunos erraram ao afirmar que a área de um círculo dobraria com a duplicação do raio. O erro revela a não consolidação da noção de proporcionalidade quadrática, indicando a aplicação incorreta de princípios de linearidade a contextos mais complexos.

Fenômeno semelhante foi observado na questão 4, onde 52,6% dos alunos aplicaram inadequadamente um modelo linear ao decaimento radioativo — processo que, na realidade, segue um padrão exponencial. Ao interpretar reduções sucessivas de forma aditiva em vez de multiplicativa, muitos estudantes demonstraram dificuldade em internalizar o comportamento característico dos fenômenos não-lineares.

O fato de erros semelhantes se repetirem em várias questões aponta para uma formação matemática que privilegia excessivamente os modelos lineares, negligenciando as complexidades associadas à não-linearidade. Essa limitação parece ser reflexo de práticas pedagógicas tradicionais, centradas em proporcionalidade simples e funções lineares. Como estratégia de superação, seria fundamental promover desde os níveis iniciais de ensino uma abordagem comparativa entre diferentes tipos de crescimento, com ênfase nas consequências matemáticas de cada modelo.

4.2 Melhor Compreensão de Problemas com Contexto Familiar

Os resultados também mostram (Gráfico 1) que a performance dos estudantes melhora sensivelmente quando os problemas são apresentados em contextos mais familiares. Na questão 3, relacionada à inflação e ao aumento sucessivo de preços, 75,3% dos alunos acertaram a resposta correta. A taxa de aplicação equivocada de um modelo linear foi de apenas 20,6%, índice significativamente inferior ao observado em outros itens.

Essa tendência sugere que a proximidade entre o problema e a experiência cotidiana dos estudantes facilita a compreensão dos princípios matemáticos subjacentes. Conceitos que envolvem variação de preços ao longo do tempo parecem mais acessíveis quando vinculados a situações práticas.

Por outro lado, essa dependência do contexto concreto revela uma fragilidade: problemas semelhantes, mas apresentados de maneira mais abstrata, frequentemente resultaram em taxas de erro muito mais elevadas. O dado evidencia a necessidade de estratégias pedagógicas que inicialmente contextualizem os conceitos em situações reais, para só então avançar para abstrações mais formais e generalizadas.

Assim, reforça-se a importância de explorar aplicações práticas antes de exigir que os estudantes manipulem conceitos de forma descontextualizada, como forma de fortalecer a construção conceitual e ampliar a transferência de conhecimentos para novos cenários.

4.3 Dificuldade em Problemas de Decaimento e Crescimento Exponencial

As questões relacionadas a crescimento e decaimento exponencial apresentaram um dos maiores índices de dificuldade entre os estudantes (Gráfico 1). A questão 7, que abordava o enchimento de um reservatório, exemplifica bem essa situação: apenas 39,2% dos alunos responderam corretamente, enquanto 32,0% erraram ao aplicar um raciocínio linear.

O equívoco mais comum foi assumir que, ao atingir 50% de enchimento em 4 horas, seriam necessárias mais 4 horas para completar o reservatório, ignorando a natureza exponencial do processo, onde o volume dobra a cada período.

Erro semelhante foi observado na questão 10, relacionada ao decaimento radioativo. Cerca de 19,6% dos participantes aplicaram um raciocínio linear para calcular a redução de massa, desconsiderando que o decaimento ocorre de maneira exponencial, e não por subtrações constantes.

Esses padrões de erro sugerem que a progressão geométrica, elemento central em fenômenos exponenciais, não foi plenamente internalizada pelos estudantes. A dificuldade pode estar associada a uma abordagem superficial do ensino de funções exponenciais e logarítmicas nos anos anteriores, com pouca ênfase na exploração de suas aplicações práticas.

Frente a esse quadro, a utilização de simulações computacionais e de representações gráficas dinâmicas surge como uma estratégia pedagógica recomendada. Tais recursos poderiam auxiliar na visualização dos comportamentos característicos de processos exponenciais e na distinção entre modelos de crescimento linear e não-linear.

4.4 Impacto da Formação Matemática Prévia

A análise dos dados (Gráfico 1) evidencia que a formação matemática anterior exerce influência direta na capacidade dos alunos de interpretar fenômenos não-lineares. Um exemplo emblemático aparece na questão 2, que tratava da relação entre o lado e a área de um quadrado. Nessa questão, 22,7% dos estudantes erraram ao pressupor que dobrar o lado resultaria em apenas duplicar a área, ignorando a regra de proporcionalidade quadrática.

Esse tipo de erro revela uma deficiência no entendimento de conceitos geométricos básicos que deveriam ter sido consolidados ainda na educação básica. Indica, também, uma possível ênfase excessiva em procedimentos mecânicos e algoritmos de resolução, em detrimento da compreensão visual e conceitual dos fenômenos matemáticos.

Quando o ensino prioriza a memorização de fórmulas sem investir na construção de significados, aumenta-se a probabilidade de os estudantes cometerem erros sistemáticos ao tentar aplicar os conceitos em novos contextos. Essa lacuna, portanto, compromete não apenas o desempenho em provas formais, mas a própria capacidade de raciocínio matemático em situações reais.

Como resposta a esse desafio, recomenda-se o fortalecimento de abordagens que valorizem a interpretação gráfica, a experimentação matemática e o uso de tecnologias interativas. Trabalhar com softwares educativos, manipular representações geométricas e resolver problemas por múltiplas estratégias são práticas que podem favorecer a internalização de conceitos não-lineares de forma mais robusta e duradoura.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados desta pesquisa apontam para uma forte tendência dos estudantes ingressantes em cursos de computação a aplicar raciocínios lineares em problemas que exigiriam a compreensão de relações não-lineares. Essa dificuldade parece estar enraizada em uma formação matemática anterior que privilegia modelos lineares, deixando em segundo plano a abordagem de padrões exponenciais, logarítmicos e recursivos.

O desempenho relativamente melhor em problemas contextualizados, próximos da realidade cotidiana dos alunos, reforça a necessidade de estratégias pedagógicas que estabeleçam vínculos explícitos entre conceitos abstratos e aplicações práticas. Situações ancoradas no cotidiano favorecem a construção de intuições matemáticas mais sólidas e facilitam a transição para níveis superiores de abstração.

Nesse sentido, recomenda-se a incorporação de metodologias inovadoras no ensino de conceitos não-lineares. O uso de simulações computacionais, a adoção de atividades interdisciplinares, a integração de tecnologias educacionais e a aplicação dos princípios da Teoria APOS despontam como caminhos promissores. Tais estratégias podem tornar o ambiente de aprendizagem mais dinâmico e interativo, favorecendo a assimilação de conceitos complexos e reduzindo a ocorrência de erros sistemáticos.

Outro ponto que merece destaque é a necessidade de investimento na formação docente. Capacitar professores para trabalhar desde os níveis iniciais com relações matemáticas não-lineares é essencial para fortalecer a base conceitual dos estudantes. Essa preparação é crucial não apenas para o desempenho acadêmico, mas também para a atuação futura em áreas que demandam raciocínio matemático sofisticado, como computação, engenharia e ciências exatas.

Dessa forma, os achados deste estudo contribuem para a reflexão sobre o aprimoramento das práticas pedagógicas voltadas ao ensino de matemática e computação. Avançar nesse sentido é fundamental para construir um ensino mais eficaz, conectado às demandas contemporâneas e capaz de formar profissionais preparados para enfrentar desafios complexos em um mundo cada vez mais orientado por modelos matemáticos e tecnológicos.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001. Nossos agradecimentos.

REFERÊNCIAS

BERGQVIST, E. Types of reasoning required in university exams in mathematics. **Educational Studies in Mathematics**, v. 66, n. 2, p. 99-115, 2007. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.jmathb.2007.11.001. Acesso em: 2 abr. 2025.

BYERS, W. **The Blind Spot**: Science and the Crisis of Uncertainty. Princeton: Princeton University Press, 2010.

CRESWELL, J. W.; CRESWELL, J. D. **Research design**: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches. 5. ed. Thousand Oaks: SAGE Publications, 2018.

DUBINSKY, E.; MCDONALD, M. A. APOS: A constructivist theory of learning in undergraduate mathematics education research. **Educational Studies in Mathematics**, v. 45, n. 2, p. 155-186, 2001. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/0-306-47231-7_25. Acesso em: 14 abr. 2025.

GLEICK, J. **Chaos**: Making a New Science. New York: Viking Penguin, 1987.

HIEBERT, J.; CARPENTER, T. P. Learning and teaching with understanding. In: GROUWS, D. A. (ed.). **Handbook of Research on Mathematics Teaching and Learning**. New York: Macmillan, 1992. p. 65-97.

KAPUT, J. J. The representational roles of technology in connecting mathematics with authentic experience. In: BIEHLER, R.; SCHOLZ, R. W.; STRÄSSER, R.; WINKELMANN, B. (ed.). **Didactics of mathematics as a scientific discipline**. Dordrecht: Kluwer, 1994. p. 379-398. Disponível em: https://link.springer.com/book/10.1007/0-306-47204-X#page=373. Acesso em: 22 abr. 2025.

KRIPPENDORFF, K. **Content analysis**: An introduction to its methodology. 4. ed. Thousand Oaks: SAGE Publications, 2018.

MCMILLAN, J. H.; SCHUMACHER, S. **Research in education**: Evidence-based inquiry. 7. ed. Boston: Pearson, 2014.

NISS, M.; HØJGAARD, T. **Mathematical competencies in mathematics education research and practice**. Cham: Springer, 2019. Disponível em: https://link.springer.com/book/9783319036076. Acesso em: 14 abr. 2025.

SCHOENFELD, A. H. Learning to think mathematically: Problem-solving, metacognition, and sense-making in mathematics. **Journal for Research in Mathematics Education**, v. 23, n. 4, p. 334-370, 1992. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/289963462_Learning_to_think_mathematically_Problem_solving_metacognition_and_sense_making_in_mathematics. Acesso em: 2 abr. 2025.

SELDEN, A.; SELDEN, J. Unpacking the logic of mathematical statements. **Educational Studies in Mathematics**, v. 29, n. 2, p. 123-151, 1995. Disponível em: https://doi.org/10.1007/BF01274209. Acesso em: 22 abr. 2025.

SFARD, A. On the dual nature of mathematical conceptions: Reflections on processes and objects as different sides of the same coin. **Educational Studies in Mathematics**, v. 22, n. 1, p. 1-36, 1991. Disponível em: https://link.springer.com/article/10.1007/BF00302715. Acesso em: 14 abr. 2025.

SOWDER, J. T. The mathematical education and development of teachers. **Journal for Research in Mathematics Education**, v. 38, n. 2, p. 195-200, 2007.

STEFFE, L. P.; THOMPSON, P. W. Teaching experiment methodology: Underlying principles and essential elements. In: LESH, R. A.; KELLY, A. E. (ed.). **Handbook of Research Design in Mathematics and Science Education**. Mahwah: Routledge, 2000. p. 267-306.

TALL, D. **How humans learn to think mathematically**: Exploring the three worlds of mathematics. Cambridge: Cambridge University Press, 2013.

TASHAKKORI, A.; TEDDLIE, C. **SAGE handbook of mixed methods in social & behavioral research**. 2. ed. Thousand Oaks: SAGE Publications, 2010.

TREAGUST, D. F. Development and use of diagnostic tests to evaluate students' misconceptions in science and mathematics. ***International Journal of Science Education***, v. 10, n. 2, p. 159-169, 1988. Disponível em: https://doi.org/10.1080/0950069880100204. Acesso em: 22 abr. 2025.

ANALYSIS OF THE UNDERSTANDING OF NONLINEAR SYSTEMS BY FIRST-YEAR STUDENTS IN COMPUTER SCIENCE DEGREE

Abstract: *This study investigates the perception of nonlinearities in systems by first-year students enrolled in undergraduate computing programs. A structured questionnaire with ten conceptual questions on nonlinear phenomena was administered to 97 first-year students in Computer Engineering and Computer Science. The results indicate that more than 50% of the students tend to interpret problems linearly, even when the underlying principles are clearly nonlinear, suggesting significant difficulties in transitioning between simple and complex mathematical models. The analysis identified specific error patterns, especially in exponential growth and decay phenomena, such as compound interest and population dynamics. The findings reinforce the urgent need for more innovative pedagogical approaches, such as interactive computational simulations and didactic strategies based on APOS Theory.*

Keywords: *Nonlinearity, Computing Learning, Pedagogical Strategies.*