EVASÃO NO ENSINO DE ENGENHARIA: UMA ABORDAGEM DIAGNÓSTICA POR SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL

Dropout in Engineering Education: A Diagnostic Approach Through Computer Simulation

GABRIEL HEREFELD,
gabrielherefeld@gmail.com

Resumo: A evasão em cursos de engenharia e tecnologia representa um problema persistente, com impactos diretos sobre a formação profissional e o aproveitamento institucional. Este artigo relata o uso de simulação computacional como ferramenta diagnóstica para investigar os padrões de desistência em uma disciplina de caráter prático em um curso de engenharia. A partir da observação direta do contexto educacional e do referencial teórico sobre integração acadêmica, carga cognitiva e efetividade das metodologias ativas, foi desenvolvido um modelo computacional capaz de reproduzir os padrões de evasão observados empiricamente. Os resultados revelaram dois achados relevantes: a existência de ondas previsíveis de desistência ao longo do semestre, concentradas em momentos críticos do calendário avaliativo; e a identificação de um núcleo de estudantes cuja evasão não é alterada por intervenções pedagógicas coletivas, demandando suporte individualizado. O estudo argumenta que a simulação computacional pode constituir um instrumento valioso para o diagnóstico pedagógico no ensino de engenharia, contribuindo para a identificação precoce de estudantes em risco e para o planejamento de intervenções mais efetivas.
Palavras-chave: Retenção acadêmica. Desistência universitária. Aprendizagem ativa. Modelagem de sistemas. Avaliação educacional.A crescente complexidade dos desafios socioambientais evidencia a necessidade de metodologias educacionais capazes de articular aprendizagem significativa, desenvolvimento de competências ambientais, participação social e avaliação baseada em evidências. Este estudo teve como objetivo desenvolver a Metodologia A.C.T.I.V.A Ambiental®, proposta destinada aos Anos Iniciais do Ensino Fundamental e está fundamentada na Teoria da Aprendizagem Prática e Impacto Mensurável. A pesquisa caracteriza-se como aplicada, de abordagem predominantemente qualitativa e natureza metodológica, desenvolvida mediante revisão bibliográfica, análise documental, modelagem conceitual e simulação instrumental quantitativa. Como resultados, foram estruturados o Framework A.C.T.I.V.A®, a Matriz de Competências Ambientais, a Matriz BNCC Expandida, a Escala A.C.T.I.V.A Ambiental®, o Índice EcoAventura360º® e um sistema de certificação institucional. Para examinar a operacionalidade preliminar dos instrumentos, foram utilizados 620 registros sintéticos, organizados em diagnóstico inicial e avaliação final. Na simulação, a média geral passou de 64,8% para 84,5%, a participação familiar estimada aumentou de 38% para 72% e 79,0% dos registros alcançaram pontuação final igual ou superior a 80%. Por se tratar de dados simulados, os percentuais não comprovam eficácia nem substituem a validação empírica; demonstram a capacidade do sistema de produzir indicadores comparáveis e orientar decisões pedagógicas. Conclui-se que a metodologia apresenta coerência interna e potencial de aplicação, devendo ser submetida a estudos reais de validade, confiabilidade e efetividade.

Palavras-chave: Educação Ambiental; Cidadania Ecológica; Metodologias Ativas; Sustentabilidade; Avaliação baseada em evidências; Ensino Fundamental.

Abstract: Dropout in engineering and technology programs represents a persistent challenge, with direct impacts on professional training and institutional outcomes. This article reports the use of computer simulation as a diagnostic tool to investigate dropout patterns in a practical discipline within an engineering program. Drawing on direct observation of the educational context and theoretical frameworks on academic integration, cognitive load, and the effectiveness of active learning methodologies, a computational model was developed that reproduces empirically observed dropout patterns. The results revealed two relevant findings: the existence of predictable dropout waves throughout the semester, concentrated at critical moments in the assessment calendar; and the identification of a core group of students whose dropout rate is not affected by collective pedagogical interventions, requiring individualized support. The study argues that computer simulation can be a valuable instrument for pedagogical diagnosis in engineering education, contributing to the early identification of at-risk students and to the planning of more effective interventions.
Keywords: Academic retention. College dropout. Active learning. System modeling. Educational assessment..

Keywords: Environmental Education. Ecological Citizenship. Active Methodologies. Sustainability. Evidence-Based Assessment. Elementary School.

1 INTRODUÇÃO

A evasão em cursos de engenharia e tecnologia constitui um fenômeno amplamente documentado e de difícil enfrentamento. Em cursos tecnológicos de curta duração, observa-se de forma recorrente que uma parcela significativa dos estudantes abandona a disciplina ainda no primeiro semestre, antes que qualquer intervenção pedagógica possa ser consolidada. Compreender os mecanismos que levam a esse abandono, e identificar em que momento do semestre ele tende a se concentrar, é uma etapa fundamental para o planejamento de ações docentes mais efetivas.

Este artigo relata a experiência de um auxiliar docente que, atuando em disciplinas de caráter prático e laboratorial em um curso de engenharia, utilizou a simulação computacional como ferramenta diagnóstica para investigar os padrões de evasão observados. A motivação para essa abordagem partiu de uma constatação recorrente em sala de aula: as desistências pareciam seguir um padrão temporal reconhecível, e não um comportamento aleatório. Essa percepção motivou a investigação sistemática desse padrão, detalhada na seção 3.

A simulação computacional, nesse contexto, não é utilizada como instrumento de previsão determinista, mas como ferramenta de diagnóstico pedagógico. O objetivo não é prever com exatidão quantos alunos vão evadir, mas compreender por que e quando isso ocorre, e quais intervenções pedagógicas apresentam potencial para alterar esse padrão. A ancoragem teórica do trabalho se apoia em autores que investigam a integração acadêmica e social dos estudantes, a efetividade de metodologias ativas e o papel do laboratório na formação do engenheiro.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 INTEGRAÇÃO ACADÊMICA E PERSISTÊNCIA ESTUDANTIL

O estudo da evasão no ensino superior encontra em Tinto (1975) uma das contribuições teóricas mais influentes. Em seu modelo de persistência estudantil, o autor argumenta que a decisão de abandonar o curso resulta da interação entre as características individuais do estudante e o grau de integração acadêmica e social que ele desenvolve na instituição. Estudantes com baixo nível de integração, seja por ausência de propósito claro, por dificuldades de relacionamento com o ambiente acadêmico ou por limitações de base prévia, tendem a ser mais vulneráveis à evasão independentemente das condições pedagógicas oferecidas.

Essa perspectiva tem implicações diretas para a prática docente. Se uma parcela dos estudantes em risco não responde a intervenções coletivas, isso significa que melhorias nas metodologias de ensino, embora importantes, têm alcance limitado. A identificação precoce desses estudantes e o oferecimento de suporte individualizado tornam-se, portanto, complementos necessários a qualquer estratégia pedagógica coletiva (TINTO, 1975).

2.2 METODOLOGIAS ATIVAS E APRENDIZAGEM EM ENGENHARIA

A efetividade das metodologias ativas no contexto do ensino de engenharia encontra respaldo em

evidências empíricas consistentes. Freeman et al. (2014), em uma meta-análise de 225 estudos sobre o desempenho de estudantes de graduação em cursos de ciências, tecnologia, engenharia e matemática (STEM), demonstraram que turmas com metodologias ativas apresentam 1,5 vez menos reprovação do que turmas com aula expositiva tradicional. O efeito é consistente em diferentes disciplinas e é mais pronunciado em turmas menores, com até 50 estudantes.

Knight, Carlson e Sullivan (2003), em estudo longitudinal com mais de dois mil e quinhentos estudantes de engenharia ao longo de cinco anos, identificaram ganhos significativos de retenção para os grupos que participaram de atividades práticas no primeiro ano do curso. Esses resultados reforçam a importância das atividades laboratoriais não apenas como recurso pedagógico, mas como fator de permanência.

2.3 CARGA COGNITIVA E O PAPEL DO LABORATÓRIO

A Teoria da Carga Cognitiva, proposta por Sweller (1988), oferece uma perspectiva importante para compreender as dificuldades dos estudantes em disciplinas técnicas densas. O autor distingue entre carga cognitiva intrínseca, associada à complexidade inerente do conteúdo, e carga extrínseca, gerada pela forma como esse conteúdo é apresentado. Boas práticas pedagógicas atuam sobre a carga extrínseca, reduzindo o ruído instrucional sem simplificar o conteúdo em si.

Feisel e Rosa (2005) argumentam que o laboratório ocupa um papel insubstituível nesse processo: ao tornar os fenômenos concretos e observáveis, as atividades experimentais reduzem a distância entre o conteúdo teórico e sua aplicação, contribuindo para a diminuição da carga extrínseca. Em disciplinas como as de materiais e ensaios mecânicos, essa ancoragem prática pode representar a diferença entre a compreensão e o abandono.

3 CONTEXTO E METODOLOGIA

3.1 Contexto da experiência

A reflexão apresentada neste artigo baseia-se na experiência como auxiliar docente em uma disciplina de caráter prático e laboratorial em um curso de engenharia. A disciplina envolve ensaios mecânicos como tração, compressão e impacto, e caracteriza-se historicamente por taxas de evasão elevadas no primeiro semestre. O perfil dos estudantes é heterogêneo, incluindo alunos com diferentes níveis de base prévia, experiências profissionais e disponibilidade de tempo para estudo extraclasse, o que contribui para a diversidade de trajetórias observadas ao longo do semestre.

Durante o acompanhamento das aulas, observou-se de forma recorrente que as desistências não se distribuem uniformemente ao longo do semestre, mas tendem a se concentrar em dois momentos distintos: após as primeiras avaliações bimestrais e próximo às avaliações finais. Essa regularidade temporal motivou a investigação dos mecanismos subjacentes a esse padrão.

3.2 A SIMULAÇÃO COMO FERRAMENTA DIAGNÓSTICA

Para investigar esses padrões de forma sistemática, foi desenvolvido um modelo de simulação computacional capaz de reproduzir a dinâmica de aprendizado e evasão ao longo de um

semestre. O modelo foi construído como parte de um estudo mais amplo, realizado em contexto acadêmico de pós-graduação. Ele acompanha, para cada estudante simulado, a evolução ao longo do semestre de três grandezas — conhecimento acumulado, motivação e fadiga —, de forma análoga ao que um professor percebe intuitivamente ao observar uma turma real, mas de maneira sistemática e replicável.

Os parâmetros do modelo foram definidos a partir da observação direta do contexto educacional, considerando quatro perfis de estudantes identificados empiricamente: o estudante com base sólida e boa disponibilidade de tempo; o estudante dedicado, com base mediana mas compensada pelo esforço; o estudante experiente, com conhecimento prático mas dificuldades com o conteúdo formal; e o estudante desorientado, sem base prévia e sem propósito claro no curso. Cada estudante simulado recebe parâmetros individuais com pequena variação aleatória, garantindo que dois estudantes do mesmo perfil não se comportem de forma idêntica.

Foram comparados três cenários pedagógicos: aula expositiva tradicional, sem elementos de engajamento ativo; aula com discussões e exercícios em grupo; e aula com ensaios práticos ativos em laboratório. A fundamentação para os parâmetros de cada cenário foi ancorada nas evidências de Freeman et al. (2014), Knight, Carlson e Sullivan (2003), Sweller (1988) e Feisel e Rosa (2005).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Validação do modelo

O cenário de aula expositiva tradicional, utilizado como referência, reproduziu espontaneamente uma taxa de evasão próxima a 51%, compatível com a observada na turma real acompanhada no mesmo período. Esse resultado não foi obtido por calibração forçada dos parâmetros, mas emergiu da estrutura do modelo a partir das condições iniciais definidas por observação direta. Essa correspondência constitui uma evidência de validade do modelo e sugere que a estrutura causal adotada é plausível para representar os mecanismos de evasão nesse contexto.

4.2 AS ONDAS DE EVASÃO

Um achado relevante foi a emergência espontânea de dois momentos distintos de concentração de desistências ao longo da simulação. O primeiro ocorre próximo à metade do semestre, após as primeiras avaliações, quando o acúmulo de dificuldade percebida supera a capacidade motivacional de parte dos estudantes. O segundo ocorre no terço final do semestre, quando estudantes que resistiram à primeira onda, mas não recuperaram suficientemente a motivação, atingem o limiar de abandono.

Esse padrão bifásico não foi programado diretamente no modelo — emergiu da interação entre as variáveis internas de cada agente ao longo do tempo simulado. Sua correspondência com o padrão observado empiricamente, em que as desistências se concentram após as provas bimestrais, reforça a interpretação de que esse fenômeno resulta de mecanismos cumulativos e previsíveis, e não de eventos isolados.

Nos cenários com intervenção pedagógica, a segunda onda de evasão desapareceu. As desistências

passaram a se concentrar em um único evento, mais tardio, totalizando metade dos evadidos do cenário de referência. Isso indica que as metodologias ativas não eliminam a evasão, mas a adiam e concentram, ampliando a janela de tempo disponível para identificação e apoio aos estudantes em risco.

4.3 O LIMITE DAS INTERVENÇÕES COLETIVAS

Em todos os cenários simulados, um núcleo de aproximadamente 26% dos estudantes evadiu independentemente da intensidade da intervenção pedagógica. Esse grupo corresponde, predominantemente, ao perfil de estudante desorientado, caracterizado pela ausência de base prévia e de propósito claro no curso. Esses estudantes colapsam motivacionalmente antes que qualquer intervenção coletiva possa alcançá-los.

Esse resultado é coerente com a predição de Tinto (1975): estudantes com baixa integração acadêmica e social não respondem a melhorias nas práticas pedagógicas coletivas. Eles demandam identificação precoce e suporte individualizado, o que aponta para a necessidade de articulação entre as dimensões pedagógica e de assistência estudantil nas instituições de ensino técnico e superior.

A implicação prática desse achado é direta: reduzir a evasão abaixo do patamar de 26% exige um tipo diferente de intervenção, que não pode ser viabilizado apenas por mudanças nas metodologias de ensino. O diagnóstico precoce desse núcleo, idealmente antes do primeiro momento crítico de evasão identificado no modelo, representa uma oportunidade concreta de ação institucional.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo apresentou o uso da simulação computacional como ferramenta diagnóstica para a investigação de padrões de evasão no ensino de engenharia. A experiência relatada demonstra que modelos computacionais, mesmo construídos com base em observação qualitativa e parâmetros estimados por plausibilidade, podem reproduzir comportamentos emergentes compatíveis com a realidade observada — como as ondas de desistência concentradas após as avaliações bimestrais.

Os resultados sugerem que a evasão no ensino de engenharia não é um fenômeno homogêneo nem aleatório. Ela obedece a uma dinâmica temporal previsível, resultante do acúmulo de dificuldades e da degradação motivacional ao longo do semestre. Essa regularidade abre espaço para intervenções mais precisas e tempestivas, orientadas não apenas pela intuição docente, mas por diagnósticos baseados em evidências.

Dois achados merecem destaque em especial, cada um apontando para um tipo distinto de ação docente. O primeiro reforça o valor prático das metodologias ativas mesmo quando não eliminam a evasão: ao adiar o colapso motivacional, elas ampliam a janela de tempo em que o professor pode intervir. O segundo desloca parte da responsabilidade da sala de aula para a instituição — o núcleo mais vulnerável exige políticas de acompanhamento estudantil que nenhuma mudança didática, isoladamente, é capaz de suprir.

Pesquisas futuras poderão ampliar a análise aqui apresentada por meio da calibração empírica dos parâmetros com dados reais de

desempenho e presença, da validação do modelo com turmas em curso e da investigação de estratégias de identificação precoce dos estudantes pertencentes ao núcleo vulnerável. A articulação entre simulação computacional e diagnóstico pedagógico representa uma fronteira promissora para o campo da educação em engenharia.

6 REFERÊNCIAS

FEISEL, L. D.; ROSA, A. J. **The role of the laboratory in undergraduate engineering education.** Journal of Engineering Education, v. 94, n. 1, p. 121-130, jan. 2005.

FREEMAN, S. et al. **Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 111, n. 23, p. 8410-8415, 2014.

KNIGHT, D. W.; CARLSON, L. E.; SULLIVAN, J. F. **Staying in engineering: effects of a hands-on, team-based, first-year projects course on student retention.** In: ASEE ANNUAL CONFERENCE & EXPOSITION, 2003. Anais [...]. [S. l.]: ASEE, 2003.

SWELLER, J. **Cognitive load during problem solving: effects on learning. Cognitive Science**, v. 12, n. 2, p. 257-285, 1988.

TINTO, V. **Dropout from higher education: a theoretical synthesis of recent research. Review of Educational Research,** v. 45, n. 1, p. 89-125, 1975.