



Simulador didático de aerodinâmica utilizando uma bicicleta fixa para o ensino de engenharia.

DOI: 10.37702/2175-957X.COBENGE.2025.6217

Autores: LETÍCIA GABRIELY WITT, OTÁVIO CAMARGO, MATHEUS PEREIRA BATISTA, ARTHUR LUNARDI QUEIRÓZ, ENZO DE PAULA MACHADO MARTINS, VIVIANE LILIAN SOETHE, MARIA SIMONE KUGERATSKI SOUZA, AMANDA PRIETO DINIZ, EZEQUIEL BERNARDES LARA, BRUNO ALVES REIS, MANUELA SASSE BAER, GUSTAVO CAMPOS GALLO, ANTÔNIO OTAVIANO DOURADO, RAFAEL GALLINA DELATORRE

Resumo:

O desenvolvimento de um simulador didático de baixo custo, baseado em uma bicicleta estacionária, webcams e um algoritmo em Python com uso da biblioteca MediaPipe, visa tornar o ensino da aerodinâmica mais acessível, visual e interativo. A ferramenta permite a estimativa em tempo real das forças de arrasto e sustentação a partir da postura do usuário, promovendo a compreensão prática dos conceitos teóricos. Alinhado às diretrizes curriculares da engenharia e às metodologias ativas como a Aprendizagem Baseada em Problemas (PBL) e a gamificação, o simulador incentiva o protagonismo discente e contribui para a superação das dificuldades nas disciplinas de dinâmica dos fluidos e aerodinâmica, tradicionalmente marcadas por altos índices de reprovação. A proposta destaca-se pela sua viabilidade técnica, econômica e pedagógica, sendo aplicável em diferentes contextos educacionais.

Palavras-chave: Aerodinâmica, ensino de engenharia, simulador didático, Python, metodologias ativas, visão computacional.

Simulador didático de aerodinâmica utilizando uma bicicleta fixa para o Ensino de Engenharia

1 INTRODUÇÃO

A compreensão de fenômenos aerodinâmicos é fundamental em diversas áreas de engenharia: na infraestrutura para o projeto de edifícios, no setor automotivo para elevar a eficiência de veículos, no âmbito naval para projetar navios e no setor aeroespacial para o desenvolvimento de aeronaves e espaçonaves, por exemplo. Todavia, disciplinas que abordam conceitos aerodinâmicos como mecânica dos fluidos, aerodinâmica veicular e hidrodinâmica podem ser bastante desafiadoras para graduandos em engenharia. Isso se deve, em grande parte, ao forte apelo à modelagem matemática, à abstração teórica e à dificuldade de visualização prática dos fenômenos envolvidos (MARTINS, 2016).

Diante dessa problemática, desenvolveu-se um simulador simples, de baixo custo, com poucos elementos constituintes e baseado em tecnologia *open-source*, cujo objetivo inicial é permitir que o usuário compreenda de maneira clara, direta e prática a relação entre grandezas mecânicas/ambientais e duas das principais forças aerodinâmicas: força de arrasto e a *downforce*. Desse modo, o simulador contribui tanto com os estudantes, permitindo que atuem como protagonistas no processo de aprendizagem, relacionando variáveis aerodinâmicas, avaliando resultados, identificando problemas e propondo soluções; quanto com as instituições de ensino, uma vez que possui caráter acessível à diversos contextos educacionais, incluindo aqueles com limitações orçamentárias.

Partindo da premissa de que a utilização de simuladores pedagógicos representam uma estratégia capaz de tornar o ensino da aerodinâmica mais acessível, dinâmica e eficaz, este artigo defende a tese de que tais ferramentas não apenas complementam a teoria, como também transformam qualitativamente processo de ensino-aprendizagem. Essa perspectiva é corroborada por Santos e Ferreira (2020), ao afirmarem que “a utilização de simuladores educacionais é uma estratégia didático-pedagógica eficaz para tornar o ensino de engenharia mais interativo e acessível, permitindo que os alunos experimentem e compreendam melhor os conceitos teóricos por meio de aplicações práticas”.

A partir disso, argumenta-se que a interação de tecnologias acessíveis com metodologias ativas constitui um caminho promissor para o fortalecimento da formação dos futuros engenheiros, uma vez que estimula o protagonismo discente, amplia a compreensão dos fenômenos aerodinâmicos e ressignifica a aprendizagem por meio de prática, da experimentação e da interdisciplinaridade. Com base nesse panorama, o presente trabalho tem como objetivo demonstrar que a articulação entre recursos tecnológicos bem como abordagens pedagógicas inovadoras são capazes de qualificar significadamente o ensino de engenharia, contribuindo para a construção de saberes mais sólidos, contextualizados e aplicáveis à realidade profissional.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Dinâmica dos fluidos aplicada à engenharia

A dinâmica de fluidos é um tema na engenharia que estuda o comportamento de

líquidos e gases em movimento. Ademais, estes princípios são substanciais para a análise e para o dimensionamento de sistemas como, prédios, veículos, aeronaves e, no caso do atual trabalho, sobre uma bicicleta. Um dos principais conceitos é o escoamento ao redor de corpos imersos, que originam forças como arrasto e *downforce*.

Em projetos de engenharia, é costume utilizar-se túneis de vento para mensurar tais comportamentos. Entretanto, conforme sustentado por Young e Dol (2015), embora os testes em túnel de vento sejam fundamentais na compreensão de escoamentos de fluidos, o túnel ainda é uma ferramenta comercialmente cara e limitada a poucas instituições de ensino. Diante desse cenário, o presente trabalho tem como objetivo, estudar a utilização de uma abordagem alternativa e didática, onde as forças aerodinâmicas são estimadas com base na captura das imagens e processamento por visão computacional. Este tipo de método, nos permite simular comportamentos aerodinâmicos de forma aproximada, porém muito eficiente para fins pedagógicos.

2.2 Aerodinâmica no ciclismo

O modelo matemático utilizado pelo simulador baseia-se em equações fundamentais para a força de arrasto (F_D) e para a *downforce* (F_L) como apresentado nas equações 1 e 2.

$$F_D = \frac{1}{2} \rho \cdot V^2 \cdot A \cdot C_D \quad (1)$$

$$F_L = \frac{1}{2} \rho \cdot V^2 \cdot A \cdot C_L \quad (2)$$

Onde ρ é a densidade do fluido no qual o movimento desenvolve-se; V é a velocidade da bicicleta; A é a área corporal do usuário projetada perpendicularmente ao vento relativo; C_D é o coeficiente de arrasto; C_L é o coeficiente de *downforce*.

Essas equações foram integradas ao simulador segundo uma modelagem estritamente relacionada à aerodinâmica e à biomecânica do ciclismo, uma vez que o sistema mecânico associado ao programa em Python é uma bicicleta fixa. Desse modo, julga-se necessário discorrer a respeito das considerações feitas para relacionar as variáveis de entrada (ρ , V , A , C_D , C_L) e as variáveis de saída (F_D , F_L).

A densidade (ρ) é uma variável ambiental mutável conforme a altitude ou o tipo de fluido no qual o ciclista escolheu analisar o movimento. Essa abordagem permite que a força de arrasto e a *downforce* sejam explorados em diferentes altitudes - nas quais o ar pode ser menos ou mais denso - ou até mesmo em atmosferas simuladas compostas por fluidos diversos.

A velocidade (V) da bicicleta é um dos principais fatores que influenciam as forças aerodinâmicas atuantes sobre o ciclista. Como essas forças são proporcionais ao quadrado da velocidade, mesmo pequenas variações de velocidade podem causar grandes mudanças no arrasto e na sustentação, o que faz dessa variável uma das mais exploradas pelo simulador no que diz respeito à percepção prática das forças aerodinâmicas.

Outra variável bastante explorada pelo simulador para estimar tais forças é a área (A) corporal do ciclista. Nesse contexto, a área do conjunto ciclista+bicicleta foi aproximada para a área do tronco+cabeça da pessoa, sem comprometer a confiabilidade das informações de saída. Conforme Garimella et al. (2020), o ciclista representa cerca de 70% da área total

necessária para o cálculo de forças aerodinâmicas, de modo que aproximar a área total pela área corporal do usuário é aceitável para os fins aos quais o projeto se propõe. A partir da identificação dessa área, adiciona-se aos cálculos a sua projeção perpendicular ao vento relativo, segundo determina Debraux et al. (2011).

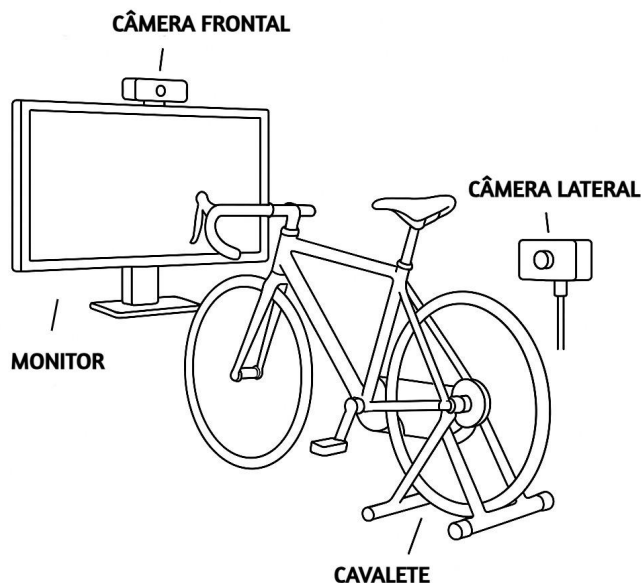
Por fim, com relação ao coeficiente de arrasto (C_D) e ao coeficiente de *downforce* (C_L), note que ambos são números adimensionais utilizados, respectivamente, no cálculo da força de arrasto e da *downforce*. Mais especificamente, o C_D é a razão entre a força de arrasto e o produto da área (A) pela pressão dinâmica ($\frac{1}{2} \rho V^2 A$), enquanto que o C_L relaciona a *downforce* com o mesmo produto entre a área e a pressão dinâmica.

Com respeito à determinação de C_D e de C_L , Crouch et al. (2017) indica que, ao mudar de uma posição ereta sobre a bicicleta para uma posição de baixo ângulo de ataque, o ciclista consegue reduções médias em C_D e C_L de 30%, podendo chegar até diminuições de 40% ou 60%. Diante dessa significativa importância da angulação do tronco do ciclista para estabelecer-se o arrasto, optou-se por estimar, em primeira aproximação, tanto o coeficiente de arrasto, quanto o coeficiente de *downforce* (ambos os coeficientes, conforme parágrafo anterior, possuem natureza semelhante) a partir do cálculo do ângulo de ataque do ciclista, embora essa não seja a única variável determinante para o cálculo desses coeficientes.

3 METODOLOGIA

O projeto relaciona-se à elaboração de um simulador aerodinâmico, composto de uma bicicleta estacionária, duas webcams posicionadas frontal e lateralmente e um monitor, apresentado, esquematicamente na Figura 1. Este conjunto de dispositivos permite, a partir de pontos capturados, calcular as relações matemáticas necessárias e apresenta as informações para o usuário. Além disso, o simulador atende às Diretrizes Curriculares Nacionais para os cursos de Engenharia (Resolução CNE/CES nº 2, de 24 de abril de 2019), especialmente no que se refere ao desenvolvimento de competências por meio de metodologias ativas, uso de novas tecnologias e integração de conteúdos técnicos, computacionais e educacionais.

Figura 1 - Imagem ilustrativa dos componentes e setup do simulador.



Fonte: Autores

2.1 Bicicleta com suporte fixo

Para o experimento, foi utilizada uma bicicleta estacionária acoplada em um suporte fixo, que permite ao ciclista manter uma posição estável durante a simulação. O suporte acoplado à bicicleta garante uma análise contínua e sem oscilações ou ruídos de movimento indesejados, proporcionando maior precisão na coleta de dados e obtenção de parâmetros. As câmeras utilizadas, foram posicionadas frontalmente e lateralmente, que viabiliza reconstruir geometrias fidedignas de uma geometria corporal padrão.

2.2 Software simulador bicicleta

As imagens capturadas pelas câmeras são processadas por um algoritmo desenvolvido em Python, que utiliza a biblioteca da MediaPipe para detecção de posição e que analisa e calcula áreas e ângulos em relação às articulações do usuário. Nesse sentido, todas as variáveis de entrada, com exceção da densidade do fluido - definida antes da inicialização do simulador-, são determinadas a partir de três grandezas calculadas pelo software com o auxílio do MediaPipe: frequência de rotação do tornozelo, área do tronco+cabeça do usuário e inclinação do tronco. O quadro 1 mostra a partir de quais grandezas são calculadas cada uma das variáveis de entrada, definindo como “fixo no código” as variáveis que não dependem de nenhuma dessas grandezas e como “estimado”, as que dependem de pelo menos uma das grandezas.

Quadro 1 - Manipulação dos dados pelo software

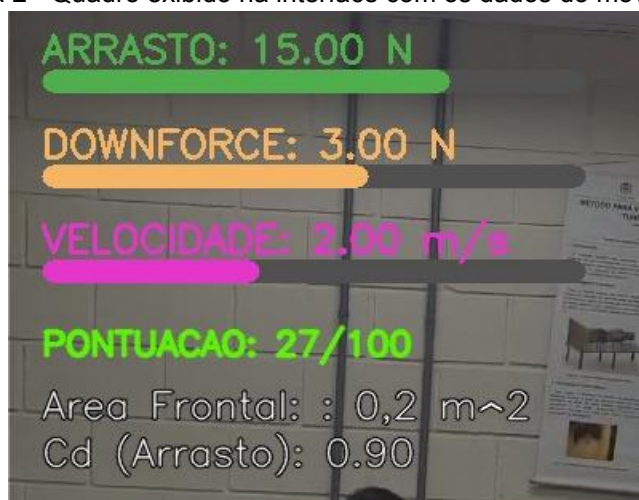
VARIÁVEL	Unidade (SI)	TIPO	OBSERVAÇÃO
Densidade do ar (ρ)	kg/m^3	Fixo no código	Definida antes da inicialização do simulador e mantida constante durante a simulação
Velocidade da bicicleta (V)	m/s	Estimado	Calculada dinamicamente a partir da

VARIÁVEL	Unidade (SI)	TIPO	OBSERVAÇÃO
Densidade do ar (ρ)	kg/m^3	Fixo no código	Definida antes da inicialização do simulador e mantida constante durante a simulação
			frequência de rotação do tornozelo do ciclista capturada pelas câmeras
Área frontal projetada(A)	m^2	Estimado	Calculada a partir da área tronco+cabeça e da inclinação do tronco, ambas capturadas pela câmera
Coeficientes (C_D/C_L)	$adim.$	Estimado	Calculada a partir da inclinação do tronco capturada pela câmera

Fonte: Autores

Posteriormente, o programa determina os coeficientes aerodinâmicos necessários e as forças de arrasto e sustentação utilizando fórmulas clássicas de dinâmica de fluidos. Os dados são exibidos na tela de forma intuitiva para que o usuário acompanhe em tempo real as consequências dos efeitos aerodinâmicos, ilustrados na figura 2.

Figura 2 - Quadro exibido na interface com os dados do movimento



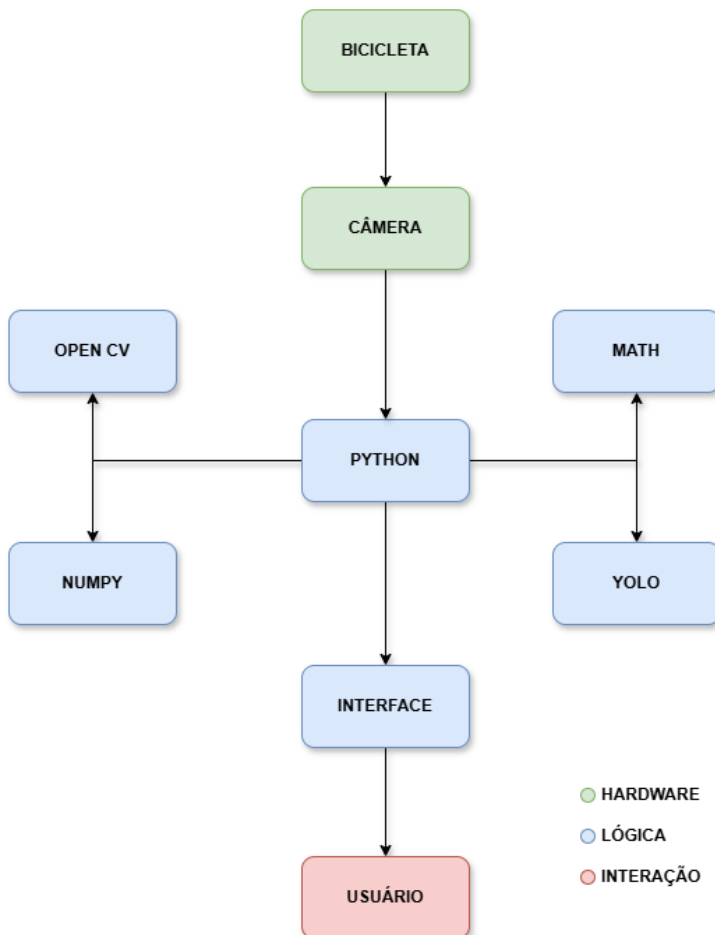
Fonte: Autores

A utilização do Python como linguagem principal justifica-se por conta de sua simplicidade e legibilidade, destacando também, sua vasta diversidade de bibliotecas científicas e visão computacional como NumPy, OpenCv, Matplotlib e MediaPipe. Ademais, o Python é uma linguagem amplamente utilizada em ambientes acadêmicos e diversos campos profissionais, que, quando relacionado ao seu caráter open-source, auxilia na compreensão e colaboração do projeto para uma maior disseminação e reprodutibilidade dos dados. Como destaca Luiz Eduardo Borges, “o Python possui uma sintaxe clara e concisa que favorece a legibilidade do código fonte, tornando a linguagem mais produtiva” (BORGES, 2010).

A arquitetura da aplicação é bastante inteligível, de modo a ser visualizada com poucas etapas como mostrado na Figura 3. A interface é o estágio de ligação entre o usuário

e o sistema, tendo em vista que será responsável por mostrar as informações em tempo real para que o usuário acompanhe e compreenda como os efeitos aerodinâmicos o afeta.

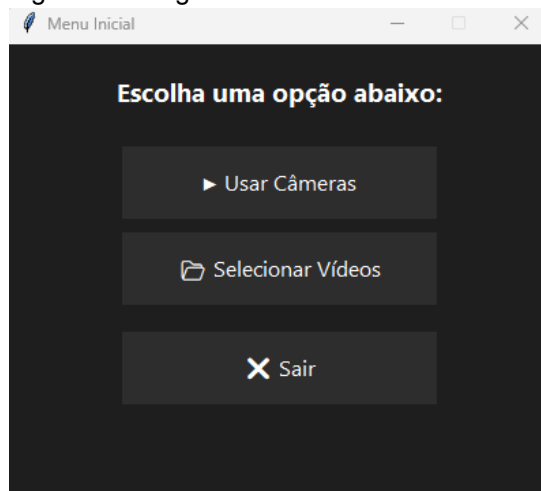
Figura 3 - Diagrama de funcionamento do projeto.



Fonte: Autores.

A interface do usuário contém essencialmente um menu principal (Figura 4), onde o usuário pode optar por um vídeo captado em tempo real, ou um vídeo já existente em seu computador. Isto amplia a flexibilidade da ferramenta, permitindo o uso em experimentos ao vivo e ou testes posteriores com vídeos gravados anteriormente.

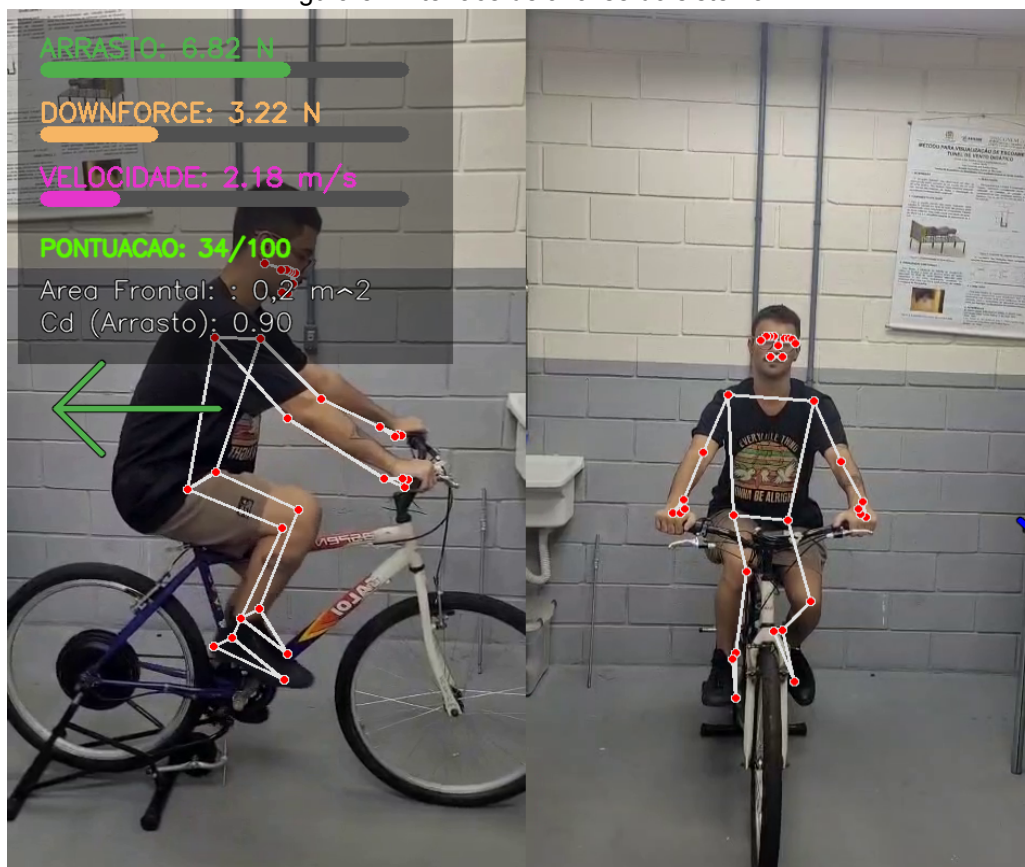
Figura 4 - Imagem do menu inicial do sistema



Fonte: Autores

Em seguida, são processadas as imagens em tempo real e exibidas estrategicamente uma ao lado da outra, para que haja uma melhor análise comparativa da postura corporal do usuário. Simultaneamente, o simulador expõe pontos das articulações do usuário captadas juntamente com os cálculos resultantes expressados em barras, para melhor visualização, como destaca a Figura 5. A utilização destes recursos gráficos, tem como objetivo, tornar a leitura dos dados mais fácil e intuitiva, tornando-se mais acessível para estudantes de engenharia em formação.

Figura 5 - Interface de análise do sistema



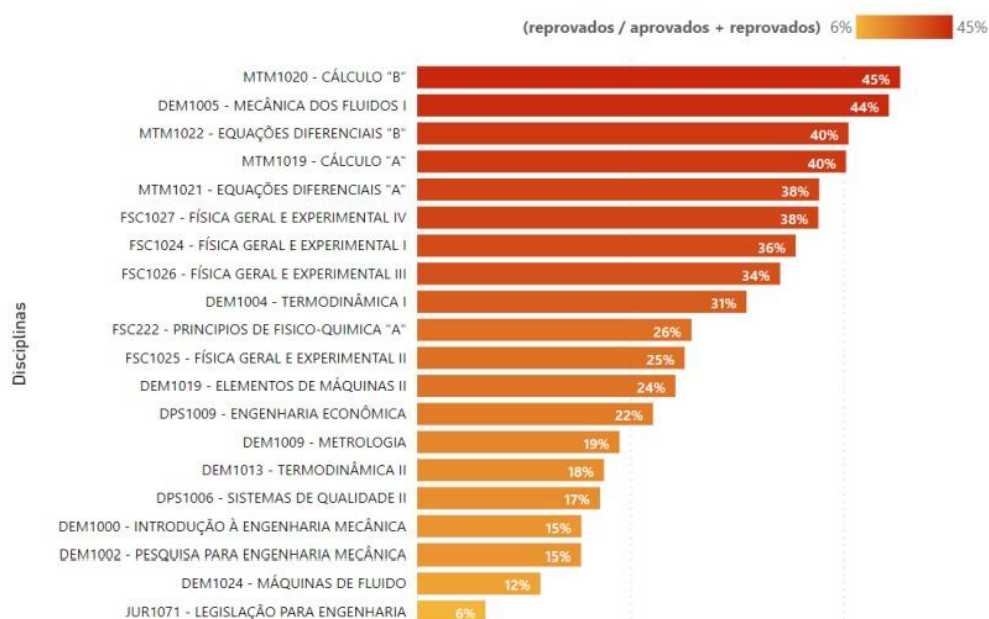
Fonte: Autores

4 APLICABILIDADE

O simulador desenvolvido neste trabalho configura-se como uma solução educacional altamente aplicável ao ensino de engenharia, com destaque para disciplinas que abordam Aerodinâmica e Biomecânica. Sua concepção, baseada na linguagem Python, assegura não apenas acessibilidade técnica, mas também viabilidade econômica, favorecendo sua adoção em diferentes contextos educacionais, inclusive em instituições com infraestrutura limitada. A compreensão das simulações, alinhada a uma estratégia didático-pedagógica voltada à abordagem de conteúdos complexos, especialmente no que se refere à percepção de fenômenos aerodinâmicos, proporciona uma mediação significativa entre os conhecimentos matemáticos e físicos, geralmente abstratos e teóricos, e a prática aliada à experiência empírica do discente. Dessa forma, o simulador torna-se um recurso de elevado valor educativo. Além disso, sua implementação exige apenas recursos simples e de baixo custo, o que amplia substancialmente o seu potencial de replicabilidade.

Inicialmente, destaca-se que disciplinas como mecânica dos fluidos e aerodinâmica exigem do estudante não apenas familiaridade com equações diferenciais e conceitos de dinâmica, mas também a capacidade de visualizar fenômenos muitas vezes intangíveis no cotidiano (MARTINS, 2016; PUJANTE-MARTÍNEZ et al., 2023). Nesse contexto, evidencia-se uma problemática recorrente em universidades e salientada nos cursos especialmente de engenharias: a alta taxa de reprovações nas disciplinas supracitadas. Isso ocorre, em geral, devido ao fato de que essas matérias exigem, simultaneamente, uma sólida compreensão teórica e um domínio aprofundado de conteúdos matemáticos. No entanto, devido à elevada complexidade desses conteúdos, muitos estudantes enfrentam dificuldades em assimilar e aplicar o conhecimento na prática. Consequentemente, essas barreiras acabam contribuindo significativamente para os índices de reprovação, como evidenciados nos dados mostrados no Portal de Indicadores da Universidade Federal de Santa Maria (PROPLAN, 2022). Tal indicador, mostra para cada curso as disciplinas com maiores índices de reprovação com base nas matrículas realizadas entre 2018 e 2021.

Figura 6 – Índice de reprovação das disciplinas do curso de Engenharia Mecânica/CT UFSM



Fonte: UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA

Ademais, tendo em vista os desafios impostos por tais disciplinas de caráter complexo, técnico e abstrato, faz-se necessário incorporar às metodologias didáticas tradicionais, em que frequentemente centram-se na exposição teórica, fundamentos pedagógicos ativos, os quais destacam-se como um recurso para associar teoria e prática em torno de um problema real. Nesse sentido, a aprendizagem baseada em problemas (PBL), como também a gamificação, atuam como intermediadores na abordagem lógica eficaz, por sensibilizar os estudantes na resolução de problemas reais e contextualizados. Segundo Gomes (2024), “o método PBL não apenas aumenta o interesse e a motivação dos alunos, mas também promove uma compreensão mais profunda dos conteúdos, melhorando as habilidades de pensamento crítico e solução de problemas”.

Adicionalmente, a gamificação tem-se destacado como uma abordagem inovadora. Diferentemente de jogos convencionais, a gamificação atua como uma estratégia pedagógica que visa transformar práticas educativas tradicionais, promovendo maior participação ativa dos estudantes. Suas características relacionadas a elementos típicos presentes em jogos — como metas progressivas, ranking e competição equilibrada — a contextos educacionais, com o objetivo de tornar o processo de aprendizagem mais envolvente, interativo e motivador, como pontua Sailer e Homner (2020, p. 78) “a gamificação não é um produto da mesma forma que um jogo sério; no contexto da aprendizagem, trata-se de um processo de design que acrescenta elementos de jogo com o objetivo de transformar processos educacionais existentes”. Nesse contexto, ao ser aplicada com intenção metodológica, a gamificação favorece não apenas o engajamento, como também colabora de maneira direta com o protagonismo estudantil e a permanência ativa no processo formativo. Essa efetividade é confirmada por experiências práticas como a do Hidra-Game, desenvolvido na disciplina de hidráulica em cursos de engenharia, em que ao combinar características gamificadas, gerou um maior comprometimento dos alunos, refletindo no desempenho acadêmico e na redução de desistências como relatam Teixeira et al. (2024, p. 13), “a dinâmica funcionou com as turmas analisadas, que imergiram nos conteúdos e apresentaram bons desempenhos nos testes realizados [...] foi constatado um maior interesse e participação por parte dos alunos na comparação com os semestres anteriores”.

Neste universo de inovação educacional, o simulador aerodinâmico proposto não apenas se apresenta como um recurso técnico de visualização de fenômenos físicos, mas também configura-se como uma plataforma com forte potencial, quando associado a estratégias gamificadas no ensino de engenharia, permitindo que alunos interajam com variáveis aerodinâmicas em tempo real — como velocidade, área frontal e coeficientes aerodinâmicos — o simulador estabelece um ambiente experimental dinâmico que pode ser enriquecido com elementos clássicos de jogos, como desafios progressivos, pontuação por eficiência corporal, rankings de desempenho aerodinâmico e metas personalizadas com base em contextos simulados (altitude, tipo de fluido, postura).

Além disso, a adoção de tecnologias acessíveis e de baixo custo no ensino de engenharia revela-se uma estratégia viável, especialmente em instituições que enfrentam restrições orçamentárias e limitações estruturais. Nessa conjectura, ferramentas baseadas em código colaborativo, como ocorre com o simulador desenvolvido em Python e detalhado neste trabalho, oferecem uma alternativa tecnicamente competente e economicamente viável. Tal escolha, não apenas democratiza o acesso a recursos didáticos, como também gera uma iniciativa que combina tecnologia e metodologias ativas, como observados em projetos gamificados e experiências práticas de simulação, demonstram que a eficácia pedagógica não está necessariamente atrelada ao investimento financeiro elevado, mas sim à intencionalidade metodológica e à qualidade do planejamento didático. Como ressalta

Affonso e Amaral (2015), o uso de tecnologias abertas em ambientes educacionais favorece não apenas a replicabilidade, mas também “a apropriação crítica por parte dos usuários, ampliando as possibilidades de uso criativo e contextualizado”, o que reforça a pertinência de soluções tecnológicas simples, porém eficazes, para o ensino em engenharia.

Diante do exposto, constata-se que o simulador desenvolvido neste trabalho, ao integrar acessibilidade técnica, viabilidade econômica e recursos de gamificação, representa uma solução pedagógica robusta para o ensino de engenharia, especialmente em disciplinas de elevada complexidade como Aerodinâmica. Sua aplicabilidade não apenas responde aos entraves didáticos tradicionalmente associados ao ensino de conteúdos abstratos, como também alinha-se às estratégias contemporâneas de aprendizagem ativa. Ao promover a visualização e experimentação de fenômenos físicos complexos por meio de recursos digitais acessíveis, o simulador reforça a mediação entre teoria e prática, contribuindo para a superação de barreiras históricas de aprendizagem e redução de índices de reprovação. Nesse sentido, sua articulação com metodologias como PBL e gamificação potencializa ainda mais sua eficácia, estimulando o protagonismo discente, o engajamento contínuo e a construção significativa do conhecimento. Como defendem Boller e Kapp (2018, p. 62), “a aplicação de elementos de jogos no contexto educacional é eficaz porque atende à necessidade humana de progresso, desafio e recompensa, promovendo envolvimento real com o conteúdo”, o que reforça o valor do simulador enquanto instrumento didático de alto impacto no contexto do ensino em engenharia.

5 DISCUSSÕES E PERSPECTIVAS FUTURAS

O simulador proposto neste projeto, além de atender a uma necessidade pedagógica clara no ensino de fenômenos aerodinâmicos, apresenta um grande potencial de expansão técnica e educacional. A seguir, destacam-se algumas perspectivas que visam ampliar o impacto e a aplicação da ferramenta.

5.1 Validação pedagógica

Testes desta ferramenta educacional com turmas de engenharia, juntamente com questionários e formulários com feedback, podem nos auxiliar a avaliar qualitativamente o ganho de compreensão dos alunos e como essa ferramenta didática criada impacta dentro da sala de aula.

5.2 EXPORTAÇÃO DE DADOS

Os dados gerados durante a simulação, podem ser salvos em arquivos CSV ou JSON, tornando o dispositivo não apenas um simulador, mas também uma ferramenta de laboratório, para auxiliar alunos em relatórios ou projetos de pesquisa relacionados com o tema.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi apresentado o desenvolvimento de um simulador aerodinâmico, descrevendo suas funcionalidades e recursos disponíveis para o usuário, destacando sempre seu aspecto interseccional na engenharia. Em seguida, foi documentada a metodologia utilizada, explicitando os principais componentes do nosso projeto. Explorou-se também, a aplicabilidade do projeto, resgatando a motivação para a construção do instrumento de simulação.

REFERÊNCIAS

- AFFONSO, F.; AMARAL, D. C. Abertura no design de produtos: estudo de caso das comunidades RepRap e Open Source Ecology. *Revista de Gestão da Tecnologia e Sistemas de Informação*, v. 12, n. 1, p. 45–59, 2015.
- BOLLER, Sharon; KAPP, Karl M. Jogar para aprender: tudo o que você precisa saber sobre o design de jogos de aprendizagem eficazes. São Paulo: DVS Editora, 2018.
- BORGES, Luiz Eduardo. **Python para desenvolvedores**. 2. ed. Rio de Janeiro: Edição do Autor, 2010.
- BRASIL. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. Câmara de Educação Superior. Resolução CNE/CES nº 2, de 24 de abril de 2019. Institui as Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia. *Diário Oficial da União*: seção 1, Brasília, DF, 26 abr. 2019, p. 43–45.
- CROUCH, Timothy N.; BURTON, David; LaBRY, Zach A.; BLAIR, Kim B. *Riding against the wind: a review of competition cycling aerodynamics*. **Sports Engineering**, v. 20, n. 2, p. 81–110, 2017
- DEBRAUX, Pierre et al. *Aerodynamic drag in cycling: methods of assessment*. **Sports Biomechanics**, v. 10, n. 3, p. 197–218, 2011
- GARIMELLA, Raman et al. Estimating cycling aerodynamic performance using anthropometric measures. **Applied Sciences**, v. 12, n. 3, p. 1052, 2020.
- GOMES, Cristiane Moreira. Metodologias ativas na educação: as vantagens de aplicação do método PBL. *Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação*, v. 10, n. 8, p. 1–15, 2024.
- MARTINS, G. N. Concepção e Modelagem de Objetos Educacionais para Compreensão da Dinâmica de Motocicletas/Bicicletas em Projetos de Engenharia. 2016. 262 f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.
- PYCHARM COMMUNITY EDITION: IDE. Disponível em: <https://www.jetbrains.com/pycharm/>. Acesso em: 30 mai. 2025.
- PYTHON SOFTWARE FOUNDATION. The Python Standard Library. Disponível em: <https://docs.python.org/3/library/>. Acesso em: 30 maio 2025.
- SAILER, Michael; HOMNER, Lorenz. The Gamification of Learning: A Meta-analysis. *Educational Psychology Review*, [S.l.], v. 32, p. 77–112, 2020. DOI: 10.1007/s10648-019-09498-w.
- SANTOS, Bruno Aparecido dos; FERREIRA, Renato de Aquino. Simuladores educacionais no ensino: uma proposta para a aprendizagem significativa. *Observatório de la Economia Latinoamericana*, n.267, 2020. Disponível em: <https://ojs.observatoriolatinoamericano.com/ojs/index.php/olel/article/view/2235>. Acesso em: 31 maio 2025.
- TEIXEIRA, Guilherme Augusto de Matheucci e Silva; DALSSASSO, Ramon Lucas; CRUZ, Dulce Márcia; NAGEL-HASSEMER, Maria Eliza. Aplicação de experiências de gamificação em turmas de ensino superior em engenharia. *Tear: Revista de Educação, Ciência e Tecnologia*, Bento Gonçalves, v. 13, n. 1, p. 1–16, 2024. Disponível em: <https://periodicos.ifrs.edu.br/index.php/tear/article/view/7048>. Acesso em: 29 maio 2025.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA. *Portal de Indicadores Institucionais*. Santa Maria: UFSM. Disponível em: <https://www.ufsm.br/pro-reitorias/proplan/portal-de-indicadores>. Acesso em: 1 jun. 2025.
- YONG, T. H.; DOL, S. S. *Design and Development of Low-Cost wind Tunnel for Educational Purpose*. **IOP Conference Series: Materials Science and Engineering**, v. 78, p. 012039, 2015.

Abstract: The understanding of aerodynamic phenomena is essential in engineering, but its teaching faces challenges due to mathematical complexity, theoretical abstraction, and difficulty in practical visualization, leading to high failure rates. To address this issue, a low-cost, open-source didactic simulator was developed using a stationary bicycle, webcams, and a Python algorithm with MediaPipe, which calculates drag and lift in real time based on the user's posture. The tool makes learning more accessible and dynamic, allowing students to practically experience the relationship between mechanical variables and aerodynamic forces. The project contributes to improving learning, reducing failure rates, and aligns with curriculum guidelines and active methodologies such as Problem-Based Learning (PBL) and gamification. The simulator proves to be an effective solution for integrating theory and practice, promoting more meaningful learning in complex engineering subjects.

Keywords: Aerodynamics. Engineering Education. Didactic Simulator. Python. Active Methodologies. Computer Vision.

