

DESENVOLVIMENTO, VALIDAÇÃO E APLICAÇÃO DE UMA FERRAMENTA PEDAGÓGICA PARA O ENSINO DE FÍSICA NA FORMA DE UM TUTOR DIGITAL INTELIGENTE

Marcelo Augusto Alves da Silva ¹
Jamil Saade ²

INTRODUÇÃO

O ensino de Física nas escolas públicas brasileiras enfrenta desafios profundos relacionados ao desinteresse dos alunos e à utilização de metodologias pouco inovadoras. Segundo Moreira (2017), a falta de inovação pedagógica associada às dificuldades de infraestrutura, especialmente nas escolas públicas, contribui para o desempenho insatisfatório dos alunos em disciplinas como Física. A adoção de práticas tradicionais, que focam na memorização e na repetição de fórmulas, tem se mostrado insuficiente para envolver os alunos da geração Z, que cresceu em meio a uma cultura digital rica e interativa, conforme apontado por Prensky (2001).

Em resposta a essas questões, este trabalho propõe o desenvolvimento do *Physics Smart Tutor (PhST)*, uma ferramenta pedagógica digital multifuncional que busca alinhar o ensino de Física às expectativas e necessidades dos alunos contemporâneos. O *PhST* utiliza tecnologias interativas, *gamificação* e avaliação contínua para oferecer uma experiência de aprendizado mais dinâmica e personalizada, centrada no aluno e conectada ao seu cotidiano digital. O projeto visa superar as barreiras de engajamento e fomentar um ambiente mais interativo e colaborativo.

O principal objetivo deste trabalho é desenvolver, validar e aplicar o *PhST* como uma ferramenta digital de ensino para o ensino médio, especialmente para os conteúdos de eletrostática e eletrodinâmica. Ao empregar tecnologias interativas e elementos de gamificação, o *PhST* pretende tornar o processo de ensino-aprendizagem mais dinâmico e centrado no aluno, promovendo sua autonomia e engajamento.

Além disso, o projeto tem visa aplicar os conceitos da teoria Sociocultural de Vygotsky (1999) ao ambiente digital, aproveitando a Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP) para incentivar o desenvolvimento cognitivo por meio da interação com

¹ Mestrando do curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da Universidade Regional Do Cariri - URCA, marcelo.augusto@urca.br;

² Doutor em Ciência de Materiais pela Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, jamil.saade@urca.br

ferramentas tecnológicas e a mediação entre pares e professores. A ferramenta também busca auxiliar professores no acompanhamento contínuo do progresso dos alunos, permitindo ajustes pedagógicos em tempo real, com base nos dados de desempenho e participação coletados pela plataforma. Os resultados preliminares da aplicação do *PhST* mostraram uma melhoria no engajamento dos alunos, bem como no desempenho nas avaliações.

METODOLOGIA

A criação do *PhST* foi realizada com base na linguagem de programação *Python* e no *framework Django* (versão 4.0), integrando um banco de dados *SQLite* na fase de desenvolvimento e testes. Posteriormente, houve a migração para a infraestrutura de nuvem da *AWS EC2*, que oferece escalabilidade e segurança para a hospedagem da aplicação. No *frontend*, foram aplicadas as tecnologias de *CSS* (com abordagem *mobile first*), *JavaScript* e *jQuery*, além de bibliotecas especializadas para geração de gráficos interativos, garantindo uma experiência de usuário atrativa e responsiva em dispositivos móveis.

A ferramenta foi aplicada em três turmas do 3º ano do ensino médio, com um total de 110 alunos de uma escola pública do interior de Pernambuco. A aplicação se deu ao longo de 10 semanas, com uma sequência de ensino baseada na Teoria Sociocultural de Vygotsky. Essa sequência contemplou a realização de atividades interativas no *PhST*, como testes em camadas, exercícios, vídeos educacionais e fóruns de discussão.

Os testes em camadas foram estruturados com base na proposta de Treagust (1988), permitindo avaliar tanto o conhecimento conceitual dos alunos quanto seu nível de confiança nas respostas. Esse modelo de avaliação contínua e formativa permitiu o monitoramento do progresso dos alunos em tempo real. Além disso, a utilização de elementos de gamificação, como avatares, moedas virtuais e medalhas, foi projetada para aumentar o engajamento dos estudantes, incentivando a participação ativa nas atividades.

A metodologia adotada se apoia também nos princípios da Pesquisa Baseada em Design (DBR), que busca iterar e ajustar a ferramenta conforme o *feedback* obtido ao longo da aplicação prática. Assim, o *PhST* foi desenvolvido em ciclos, permitindo melhorias contínuas no design e nas funcionalidades, de acordo com as necessidades identificadas na aplicação em sala de aula.

REFERENCIAL TEÓRICO

O referencial teórico deste estudo está fundamentado na Teoria Sociocultural de Vygotsky (1999), que destaca a importância da interação social e da mediação simbólica no desenvolvimento cognitivo. Vygotsky argumenta que o aprendizado ocorre por meio da interação do sujeito com o ambiente e com outros indivíduos, e que ferramentas culturais, como a linguagem e os símbolos, desempenham um papel central nesse processo. No contexto deste trabalho, as ferramentas tecnológicas do *PhST* atuam como mediadores simbólicos, facilitando o processo de construção do conhecimento por meio da interação com conteúdos multimídia e com os pares.

A Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP), conceito chave em Vygotsky, refere-se à distância entre o que um aluno pode realizar por conta própria e o que pode alcançar com a ajuda de um mediador mais experiente. O *PhST*, como tutor digital, cumpre o papel de mediador, oferecendo apoio contínuo e personalizado por meio de *feedbacks* automáticos e atividades interativas que estimulam o aluno a progredir dentro da ZDP.

A internalização é outro conceito central na teoria de Vygotsky. Por meio da mediação simbólica e da interação social, os processos externos são gradualmente internalizados pelo aluno, transformando-se em conhecimento individual. No *PhST*, essa internalização é facilitada pelo uso de recursos multimídia (vídeos, simulações, podcasts) e pela interação nos fóruns de discussão, que incentivam a troca de ideias entre os alunos, promovendo uma construção colaborativa do conhecimento.

Além de Vygotsky, o modelo de Treagust (1988) foi essencial para a construção dos testes em camadas, que permitem uma avaliação diagnóstica detalhada. Esses testes foram projetados para identificar concepções equivocadas e medir o nível de confiança dos alunos em suas respostas, permitindo intervenções pedagógicas direcionadas e eficazes.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A implementação do *Physics Smart Tutor (PhST)* em três turmas do 3º ano do ensino médio trouxe uma série de resultados importantes tanto em termos de desempenho acadêmico quanto de engajamento dos alunos. A análise dos dados foi realizada a partir de relatórios gerados pela plataforma, utilizando gráficos *boxplot* para visualizar a distribuição das notas e compreender o desempenho de cada turma. Os resultados são

discutidos com base na interação dos alunos com o *PhST*, suas participações nas atividades propostas e o impacto da ferramenta sobre o processo de ensino-aprendizagem.

Os gráficos *boxplot* revelaram diferenças significativas nos desempenhos das três turmas, permitindo uma análise detalhada da distribuição das notas. A turma 3^ªA obteve o melhor desempenho entre as três, com uma mediana de 5,0, o que significa que 50% dos alunos dessa turma obtiveram essa nota ou uma nota superior. Além disso, o intervalo interquartil (IQR) foi estreito, variando entre 3,0 e 5,0, o que reflete um nível de homogeneidade nas notas. Essa baixa dispersão sugere que a maioria dos alunos da turma 3^ªA compreendeu o conteúdo de maneira consistente, reforçando a ideia de que as estratégias de *gamificação* e o uso de recursos multimídia empregados no *PhST* contribuíram para o sucesso acadêmico dos estudantes.

A análise também mostrou que a turma 3^ªB teve o desempenho mais baixo entre as três, com uma mediana de 3,0 e um IQR mais amplo, indicando maior dispersão das notas, variando de 2,0 a 3,0. Isso evidencia que muitos alunos enfrentaram dificuldades significativas no entendimento dos conteúdos, o que pode estar relacionado a falta de engajamento observado durante a aplicação do *PhST*. A análise do gráfico *boxplot* dessa turma revelou uma assimetria negativa, com a maioria dos alunos concentrados nas notas mais baixas e poucos se destacando com notas mais altas. Esses dados sugerem a necessidade de intervenções pedagógicas mais direcionadas, como o uso de reforço individualizado e tutoria entre pares, conforme discutido por Vygotsky (1999), no sentido de apoiar os alunos em sua Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP).

A turma 3^ªC apresentou um desempenho intermediário, com uma mediana de 4,0, mas também com maior dispersão de notas. O IQR da turma variou entre 3,0 e 5,0, com alguns alunos obtendo notas mais elevadas (inclusive acima de 5,0, o valor máximo nas outras turmas). A análise revelou que alguns alunos dessa turma tiveram um desempenho excepcional, o que pode indicar uma maior interação com os recursos do *PhST*, como vídeos, simulações e participação nos fóruns de discussão. Por outro lado, a dispersão elevada indica que outros alunos ainda enfrentaram dificuldades, sugerindo que a diversidade de perfis na turma pode ter exigido abordagens pedagógicas diferenciadas para atender às necessidades de cada estudante.

A incorporação de elementos de *gamificação* no *PhST* (como avatares, moedas virtuais e medalhas) foi um dos fatores que mais influenciaram o aumento do engajamento nas atividades propostas. Alunos da turma 3^ªA demonstraram boa participação, tanto nas atividades avaliativas quanto nos fóruns de discussão, com 27 interações registradas. Esse

envolvimento reforça a eficácia da *gamificação* como estratégia de incentivo ao aprendizado, conforme discutido por Deterding et al. (2011). Os alunos relataram que o sistema de recompensas e os desafios propostos no *PhST* aumentaram sua motivação para estudar e interagir com o conteúdo.

Por outro lado, a turma 3ºB registrou apenas três participações nos fóruns, o que reforça a análise de que o engajamento dessa turma foi significativamente menor. Esse baixo nível de interação também foi refletido nas notas mais baixas e na maior concentração de dificuldades. Isso sugere que a *gamificação*, por si só, pode não ser suficiente para engajar alunos que já apresentam um desinteresse mais profundo pelos estudos, sendo necessário associar outras estratégias pedagógicas, como mediação mais ativa por parte do professor e personalização de conteúdos.

A turma 3ºC, que teve 32 participações nos fóruns, apresentou um nível de engajamento maior entre as turmas, com alguns alunos demonstrando maior interação com a plataforma. Esse nível de participação refletiu-se nas notas mais elevadas de alguns estudantes, que utilizaram os recursos do *PhST* de forma mais ativa. Esse resultado evidencia que o uso de fóruns e discussões colaborativas, em conjunto com a *gamificação*, pode promover um ambiente de aprendizagem mais interativo, o que é essencial para a internalização do conhecimento, conforme destacado por Vygotsky (1999).

A capacidade do *PhST* de personalizar o ensino e fornecer *feedbacks* contínuos foi um dos principais fatores que permitiram uma avaliação formativa eficiente. A utilização dos testes em camadas permitiu avaliar não apenas o desempenho acadêmico, mas também a confiança dos alunos em suas respostas, identificando aqueles que apresentavam inseguranças em relação ao conteúdo. Esse modelo de avaliação, baseado no trabalho de Treagust (1988), foi essencial para detectar conceitos equivocados e áreas que necessitavam de maior intervenção. Por exemplo, na turma 3ºA, os alunos que apresentaram maior confiança em suas respostas tendiam a obter as notas mais altas, enquanto na turma 3ºB, a falta de confiança foi mais pronunciada, refletindo uma maior necessidade de acompanhamento pedagógico. A capacidade do *PhST* de fornecer relatórios detalhados em tempo real permitiu ao professor ajustar as atividades e intervenções com base nos resultados, favorecendo uma abordagem mais individualizada para o ensino.

A teoria de Vygotsky (1999) enfatiza o papel da interação social no desenvolvimento cognitivo, e a utilização dos fóruns de discussão no *PhST* promoveu um ambiente propício para a construção coletiva do conhecimento. Alunos da turma 3ºA e

3°C participaram ativamente das discussões, compartilhando dúvidas e soluções, o que colaborou para a internalização do conteúdo, conforme o esperado pela abordagem sociocultural. Já na turma 3ºB, a falta de interação social nos fóruns pode ter contribuído para o fraco desempenho acadêmico, reforçando a importância da colaboração entre pares como parte do processo de ensino-aprendizagem.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados preliminares obtidos com a aplicação do *PhST* indicam que a ferramenta tem potencial para transformar o ensino de Física, oferecendo uma abordagem mais dinâmica, interativa e centrada no aluno. A utilização de tecnologias interativas, combinadas com uma metodologia baseada nos princípios de Vygotsky, mostrou-se eficaz em promover o engajamento dos alunos e em identificar dificuldades individuais de forma mais precisa.

Contudo, o sucesso da aplicação depende também de fatores externos, como o acesso à infraestrutura digital e à *internet*, que ainda são desafios em muitas escolas públicas brasileiras. Para futuras pesquisas, sugere-se expandir o uso do *PhST* para outros conteúdos e disciplinas, bem como explorar formas de adaptar a ferramenta para contextos com restrições tecnológicas.

Palavras-chave: Gamificação; Aprendizagem Interativa, Tutor Digital, Teoria Sociocultural, Ensino de Física.

REFERÊNCIAS

DETERDING, S., DIXON, D., KHALED, R., NACKE, L. From Game Design Elements to Gamefulness: Defining “Gamification.” Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference, 2011.

MOREIRA, M. A. Grandes Desafios para o Ensino da Física na Educação Contemporânea. **Revista do Professor de Física**, 2017.

PRENSKY, M. Digital Natives, Digital Immigrants. **On the Horizon**, v. 9, n. 5, 2001.

TREAGUST, D. F. Development and Use of Diagnostic Tests to Evaluate Students' Misconceptions in Science. **International Journal of Science Education**, 1988.

VYGOTSKY, L. S. **A Formação Social da Mente**. São Paulo: Martins Fontes, 1999.