

Utilização de PID para Autobalanceamento em Jogos de Treinamento para Situações de Risco na Indústria

Cristiano Barroso Serra¹, Tadeu Moreira de Classe¹

¹Grupo de Pesquisa em Jogos Digitais para Contextos Complexos (JOCCOM)
Programa de Pós-Graduação em Informática (PPGI)
Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (UNIRIO)
Rio de Janeiro - Brasil

cristianoserra@edu.unirio.br, tadeu.classe@uniriotec.br

Abstract. *Safety in the industry is a critical aspect, highlighting the need for innovative training methods to reduce risks and accidents. This work explores the potential use of Proportional-Integral-Derivative (PID) Controllers and Game Analytics in training games to simulate risk scenarios. Employing the Design Science Research (DSR) methodology, the study adopts an iterative cycle of design, development, and evaluation of a game system integrated with PID for self-balancing, adapting to the players' skills, and promoting efficient learning. This system aims not only to enhance worker safety through more effective training but also to significantly contribute to the field of Information Systems by establishing new guidelines for the development of innovative educational solutions in challenging industrial environments.*

Resumo. *A segurança na indústria é um aspecto crítico, evidenciando a necessidade de métodos de treinamento inovadores para reduzir riscos e acidentes. Este trabalho explora o potencial uso de Controladores Proporcional-Integral-Derivativo (PID) e Game Analytics em jogos de treinamento para simular cenários de risco. Empregando a metodologia de Design Science Research (DSR), o estudo adota um ciclo iterativo de design, desenvolvimento, e avaliação de um sistema de jogo integrado com PID para autobalanceamento, adaptando-se às habilidades dos jogadores e promovendo uma aprendizagem eficiente. Este sistema visa não apenas aprimorar a segurança dos trabalhadores por meio de treinamentos mais eficazes, mas também contribuir significativamente para o campo dos Sistemas de Informação, estabelecendo novas diretrizes para o desenvolvimento de soluções educacionais inovadoras em ambientes industriais desafiadores.*

1. Introdução

Diante do alto número de acidentes, a indústria enfrenta desafios significativos na segurança dos trabalhadores, especialmente em ambientes de alto risco [BRASIL 2022]. A capacidade de responder eficazmente a esses desafios é crucial para a prevenção de acidentes e para o aprimoramento contínuo da segurança no local de trabalho [Salas e Cannon-Bowers 2001].

Os Controladores Proporcional-Integral-Derivativo (PID) são fundamentais em automação industrial, ajustando controle em sistemas para garantir eficiência e segurança. Eles operam com três componentes – **Proporcional**, **Integral**, e **Derivativa** – para reduzir erros ajustando o controle baseado na diferença entre o valor desejado e o real. Esta técnica aumenta a estabilidade e precisão, essencial em ambientes de alto risco [Altmann 2005]. A aplicação de PID em jogos digitais para treinamento poderá promover um aprendizado eficaz e adaptativo, ajustando-se ao nível de cada usuário.

A combinação de jogos digitais e controladores Proporcional-Integral-Derivativo (PID) surge como uma proposta promissora para treinamento em situações industriais de risco, permitindo o ajuste dos jogos às necessidades dos usuários através do autobalanceamento. Este estudo sugere empregar controladores PID no autobalanceamento [Xia e Anand 2016] em jogos de treinamento para melhorar a eficácia e segurança dos treinandos. Com o uso de *Game Analytics* [El-Nasr et al. 2016], visa-se oferecer um ambiente de aprendizado imersivo que é ao mesmo tempo engajador e personalizável às exigências individuais, otimizando a experiência de aprendizado.

A relevância deste estudo para o campo dos Sistemas de Informação (SI) reside na sua capacidade de integrar tecnologias avançadas (tecnologia) ao treinamento de segurança, fornecendo técnicas para o aprimoramento das práticas organizacionais (processos) e a promoção de um ambiente de trabalho mais seguro, contribuindo com a segurança dos funcionários (pessoas). Assim, este trabalho contribui para a literatura em SI, destacando a importância de abordagens inovadoras no treinamento de segurança na indústria e considerando as bases tecnologia-organiza-pessoas [Laudon e Laudon 2022].

2. Metodologia da Pesquisa

A metodologia adotada neste estudo é fundamentada no Design Science Research Methodology (DSRM) [Peffers et al. 2007]. O DSRM guia a pesquisa através de um processo sistemático e flexível para o desenvolvimento e avaliação de artefatos tecnológicos destinados a resolver problemas organizacionais e humanos. A metodologia enfatiza a importância de ciclos iterativos de construção e avaliação, onde cada ciclo tem como objetivo aprimorar o artefato e sua funcionalidade em resposta ao *feedback* e aos resultados das avaliações. Dessa forma, a pesquisa avança na criação de soluções inovadoras para treinamento na indústria, contribuindo significativamente para o campo de treinamento baseado em jogos e para a prática profissional em sistemas de informação (Figura 1).

<p>Identificação do Problema e Motivação: Problema: Grande quantidade de acidentes na indústria, indícios de que os treinamentos de segurança tradicionais não são eficazes Motivação: Educação do número de acidentes</p>	<p>Objetivos da solução: Melhorar o aprendizado e permitir que o eficiência seja verificada pelos gestores, analisando se o treinamento foi bem feito ou não. Objetivos secundários Buscar formas de balancear o treinamento de acordo com habilidades e perfis da pessoa treinada. - Possibilitar meios de avaliação do treinamento por parte dos treinadores e gestores de forma simples e dinâmica</p>	<p>Design e desenvolvimento: Desenvolver um Framework de uso de game analytics para autobalanceamento do jogo treino e avaliação do treinamento pelos gestores. Artefato secundário: Implementação de estruturas de game analytics para a coleta de dados de gameplay; - Implementação de mecanismos de visualização dos dados de analytics; - Desenvolvimento de técnicas de autobalanceamento de jogos de treinamento, como, por exemplo, a definição e uso de PID.</p>	<p>Demonstração: Desenvolvimento de jogo digitais de treinamento a ser usado como prova de conceito em relação ao uso de analytics para balanceamento e avaliação do treinamento</p>	<p>Avaliação: Realização de um estudo quasi-experimental para mensurar o autobalanceamento do jogo treino, comparando grupos de controle (jogo sem mecanismos de autobalanceamento) e experimental (jogo com mecanismos de balanceamento). Realização de um estudo de percepção de utilidade, usando o modelo de aceitação tecnológica (TAM) para avaliação do sistema de avaliação do desempenho dos treinandos por game analytics.</p>	<p>Comunicação: Divulgação dos resultados em conferências e publicações em revistas especializadas em segurança industrial, desenvolvimento de relatório técnico para explicação de uso do artefato por terceiros.</p>
---	--	--	---	---	---

Figura 1. Etapas DSR

2.1. Proposta de Solução

A proposta de solução desenvolvida nesta pesquisa concentra-se no desenvolvimento e implementação de um sistema de treinamento baseado em jogos, que integra controladores Proporcional-Integral-Derivativo (PID) para o autobalanceamento e utiliza análise de dados de jogos (*Game Analytics*) [El-Nasr et al. 2016] para monitorar e adaptar o treinamento ao progresso individual do jogador como apresentado na Figura 2. Este sistema é projetado para simular situações de risco na indústria, oferecendo aos trabalhadores uma plataforma segura e interativa para praticar e aprimorar suas habilidades de resposta a emergências.

A integração de controladores PID no jogo permite um ajuste dinâmico da dificuldade das tarefas, assegurando que o treinamento seja desafiador, mas adequado ao nível de habilidade de cada jogador. Essa abordagem personalizada visa melhorar a eficácia do treinamento,

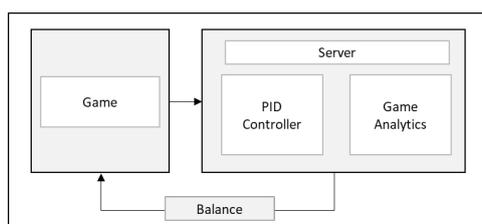


Figura 2. Proposta

garantindo que todos os participantes possam se beneficiar independente de sua experiência prévia. Além disso, a análise de dados de jogos fornece dados relevantes sobre o comportamento do jogador, permitindo a otimização contínua do sistema de treinamento com base no desempenho e na progressão de cada usuário. Abaixo a fórmula geral do controlador PID explicada na Tabela 1:

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(\tau) d\tau + K_d \frac{de(t)}{dt} \quad (1)$$

Símbolo	Descrição
$u(t)$	é a saída do controlador para o jogo
$e(t)$	é o erro no tempo, quão distante o jogador está do valor ideal
K_p	é o ganho proporcional, constante de ajuste proporcional ao erro
K_i	é o ganho integral, constante de ajuste integral ao erro
K_d	é o ganho derivativo, constante de ajuste derivativa ao erro

Tabela 1. Elementos do PID

O valor de saída é ajustado em relação ao erro e as constantes em cada iteração.

Diante da proposta apresentada, os requisitos para o artefato serão: 1. Coleta de *Game Analytics* durante a *gameplay*. 2. Uso do *Analytics* como entrada para realimentação do PID. 3. Balanceamento dos elementos do jogo a partir dos parâmetros de saída do PID. 4. *Dashboards* de progresso do treinamento a partir do *Analytics*.

2.2. Projeto de Avaliação

O projeto de avaliação do artefato desenvolvido nesta pesquisa envolve a implementação e teste de um jogo para treinamentos na indústria, que incorpora controladores Proporcional-Integral-Derivativo (PID) para o autobalanceamento. A avaliação será realizada por meio de um estudo de caso, com o público-alvo composto por trabalhadores da indústria, focando na aplicabilidade e eficácia do jogo como ferramenta de treinamento.

A coleta de dados será executada através de um servidor em nuvem hospedado no *Google Cloud*, permitindo a captura e armazenamento de informações relacionadas ao desempenho dos jogadores, interações dentro do jogo e dados específicos sobre a experiência de treinamento. Esta abordagem assegura uma coleta de dados robusta e centralizada, facilitando a análise subsequente, todo processo será realizado com autorização explícita dos participantes e anonimato total no tratamento dos dados.

Para a análise dos dados coletados, será aplicado um conjunto de métodos estatísticos (quantitativo) complementados pela análise de discurso e *Grounded Theory* (qualitativo). Esta combinação permitirá uma compreensão abrangente tanto dos aspectos quantitativos do desempenho dos jogadores quanto das percepções qualitativas sobre a experiência de treinamento. A análise estatística fornecerá será utilizada para avaliar a eficácia do autobalanceamento PID e a aprendizagem dos participantes com uso de estatísticas descritivas, inferenciais e correlacionais..

Os resultados da avaliação serão apresentados por meio de tabelas e gráficos, facilitando a visualização das descobertas e permitindo uma compreensão clara dos impactos do jogo no treinamento industrial. Este formato de apresentação é escolhido para garantir que as informações sejam acessíveis e compreensíveis para um público amplo, incluindo *stakeholders* (profissionais relevantes à área da indústria). Este projeto de avaliação visa, portanto, não apenas testar a eficácia do artefato proposto, mas também contribuir para o corpo de conhecimento sobre o uso de jogos digitais e tecnologias de controle para o treinamento em ambientes risco na indústria.

3. Considerações Finais

A pesquisa proposta busca contribuir para o campo dos Sistemas de Informação (SI) pelo desenvolvimento e avaliação de um artefato inovador para treinamento em segurança na indústria, integrando tecnologias de controle PID e análise de dados de jogos. Espera-se demonstrar como a personalização do treinamento, ajustada ao desempenho individual dos usuários, pode elevar a eficácia dos programas de treinamento, fornecendo dados valiosos para a implementação de tecnologias educacionais avançadas em ambientes industriais.

Entre as principais dificuldades destacam-se a complexidade de ajustar dinamicamente a dificuldade dos jogos para um amplo espectro de habilidades dos jogadores e os desafios técnicos para desenvolver e ajustar o sistema de autobalanceamento PID, como os ajustes ideais para o controle de autobalanceamento, definição dos melhores elementos para coleta e controle dos parâmetros de PID. A dependência de tecnologias de nuvem para análise de dados apresenta desafios adicionais de privacidade e segurança da informação. A aplicabilidade e aceitação do artefato em ambientes industriais reais também se apresentam como limitações, considerando a variabilidade dos contextos de trabalho e a receptividade dos usuários a novas metodologias de treinamento.

As próximas etapas do estudo incluem o desenvolvimento do Jogo para treinamento (em andamento), desenvolvimento do servidor (concluído), a realização de experimentos com um número significativo de participantes para analisar a eficácia do treinamento com coleta e apresentação dos dados. Espera-se que os resultados ofereçam evidências dos benefícios da abordagem proposta, incentivando pesquisas futuras e a aplicação prática de tecnologias de treinamento avançadas em SI para melhorar a segurança na indústria.

Referências

- Altmann, W. (2005). *Practical process control for engineers and technicians*. Elsevier.
- BRASIL (2022). frequenciaacidentes. Disponível em: <
<https://smartlabbr.org/sst/localidade/0?dimensao=frequenciaAcidentes> > Acesso em:
 01 mar. 2024.
- El-Nasr, M. S., Drachen, A., e Canossa, A. (2016). *Game analytics*. Springer.
- Laudon, K. C. e Laudon, J. P. (2022). *Sistemas de informação gerenciais: administrando a empresa digital*. Bookman Editora, Porto Alegre.
- Peffers, K., Tuunanen, T., Rothenberger, M. A., e Chatterjee, S. (2007). A design science research methodology for information systems research. *Journal of management information systems*, 24(3):45–77.
- Salas, E. e Cannon-Bowers, J. A. (2001). The science of training: A decade of progress. *Annual Review of Psychology*, 52:471 – 499. Cited by: 1005.
- Xia, W. e Anand, B. (2016). Game balancing with ecosystem mechanism. In *2016 international conference on data mining and advanced computing (SAPIENCE)*, pages 317–324. IEEE.