

INTEGRAÇÃO ENTRE ENGENHARIA DE SOFTWARE E XADREZ: DESENVOLVIMENTO E APLICAÇÃO DE UMA ENGINE POR UM ESTUDANTE DO CLUBE DE XADREZ DA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE BRASÍLIA NO CONTEXTO DE EXTENSÃO UNIVERSITÁRIA

Laércio Ferreira dos Santos[1]

Hugo Luis Gomes de Souza[2]

RESUMO

Este artigo apresenta a integração entre engenharia de software e xadrez, por meio do desenvolvimento de uma engine de análise de jogadas. A pesquisa adota uma abordagem aplicada, combinando aspectos técnicos da engenharia de software com desafios estratégicos do xadrez. O processo incluiu desde a definição da arquitetura e tecnologias, até os testes de desempenho da engine, bem como sua aplicação prática no clube de xadrez. Sendo esse um projeto de extensão universitária, a análise explora o impacto pedagógico e técnico do projeto, demonstrando como essa interface contribuiu para o aprendizado do estudante e para as atividades do clube. O software desenvolvido foi utilizado, em forma de aplicação prática, por enxadristas que frequentam o Clube de Xadrez da Universidade Católica durante o estudo de exercícios táticos complexos do jogo. Com aumento significativo na precisão e confiança observada, foi possível perceber que a engine desenvolvida contribuiu para ampliar a compreensão dos participantes sobre conceitos táticos e estratégicos, além de estimular a reflexão crítica sobre suas tomadas de decisão no tabuleiro.

Palavras-chave: engenharia de software; engine de xadrez; extensão universitária; integração.

[1] Doutorando em Educação pela Universidade de Brasília – FE/UnB. Professor dos cursos de licenciatura e coordenador do Clube de Xadrez da Universidade Católica de Brasília – UCB.

[2] Estudante do curso de engenharia de software da Universidade Católica de Brasília e membro do Clube de Xadrez da UCB

[3] O Projeto Rondon é uma iniciativa interministerial com caráter político e estratégico promovida pelo Governo Federal e coordenada pelo Ministério da Defesa. Seu objetivo é fomentar o exercício da cidadania entre estudantes universitários, por meio da implementação de soluções sustentáveis que visam promover a inclusão social e reduzir as desigualdades regionais.

ABSTRACT

This article presents the integration of software engineering and chess through the development of a move-analysis engine, created by a student as part of a university extension project. The research adopts an applied approach, combining technical aspects of software engineering with the strategic challenges of chess. The process included stages ranging from the definition of architecture and technologies to performance testing of the engine, as well as its practical application within a chess club. As this is a university extension project, the analysis explores the pedagogical and technical impact of the project, demonstrating how this integration contributed to the student's learning and to the club's activities. The developed software was used in practice by chess players who attend the Catholic University Chess Club during the study of complex tactical exercises. With a significant increase in observed accuracy and confidence, it was possible to conclude that the developed engine contributed to enhancing participants' understanding of tactical and strategic concepts, as well as encouraging critical reflection on their decision-making on the board.

Keywords: software engineering; chess engine; university extension; integration.

1. INTRODUÇÃO

O avanço tecnológico tem impactado profundamente o xadrez, tanto como prática esportiva quanto como ferramenta pedagógica. As chamadas engines de xadrez, softwares capazes de analisar posições e sugerir jogadas otimizadas, representam um dos maiores avanços no campo. Por meio de algoritmos complexos e modelos matemáticos, essas ferramentas têm transformado a forma como o jogo é estudado e praticado (KASPAROV, 2006). Embora amplamente utilizadas por jogadores profissionais e amadores, o processo de criação de engines exige o domínio de áreas técnicas, como programação, algoritmos e inteligência artificial, tornando-se um campo fértil para a interdisciplinaridade.

A presente pesquisa abordou o desenvolvimento técnico da engine, desde a definição dos algoritmos utilizados até a implementação e os testes realizados, bem como a avaliação de sua aplicabilidade prática no Clube de Xadrez da Universidade Católica de Brasília.

Este estudo busca explorar o impacto pedagógico dessa experiência, destacando como o projeto possibilitou ao estudante aplicar conceitos da engenharia de software em um contexto prático, ao mesmo tempo que proporcionou aos membros do clube acesso a uma ferramenta inovadora para análise estratégica. A interação com o clube universitário permitiu observar não apenas os desafios enfrentados no desenvolvimento da engine, mas também o potencial de tecnologias como essa em enriquecer atividades extracurriculares.

Dessa forma, o artigo tem como objetivo discutir o processo de desenvolvimento da engine, destacando seus aspectos técnicos e pedagógicos, bem como avaliar seu impacto na dinâmica do Clube de Xadrez da Universidade Católica de Brasília. A pesquisa também busca evidenciar como iniciativas que integram tecnologia e atividades extracurriculares podem promover a interdisciplinaridade e fortalecer a conexão entre teoria e prática no ensino superior.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. ENGENHARIA DE SOFTWARE E DESENVOLVIMENTO DE ALGORITMOS

Na área de engenharia de software, um dos principais requisitos de um sistema é o seu desempenho, ou seja, a rapidez com que ele deve executar sua tarefa e quanta memória é necessária (SOMMERVILLE; ARAKAKI; SHIN, 2008). Por causa disso, engenheiros de software ao longo da história se esforçaram para criar algoritmos cada vez mais rápidos e econômicos em termos de memória e processamento para tarefas de diversas áreas do conhecimento.

Uma dessas áreas é a inteligência artificial (IA), que pode ser definida como o estudo de agentes que percebem o ambiente e tomam ações para maximizar suas chances de sucesso (RUSSELL; NORVIG, 2022). Devido a alta complexidade dos desafios nessa área, o desenvolvimento de algoritmos performáticos é essencial para o sucesso dos agentes, uma vez que é necessário processar uma grande quantidade de dados para tomar decisões em um curto período de tempo.

O jogo do xadrez é uma das aplicações mais antigas da inteligência artificial (SILVER et. al., 2018) pois ele possui regras simples e bem definidas, um alto grau de complexidade e inúmeras possibilidades de jogos, e a ausência de elementos aleatórios no jogo, o que implicaria em sorte como fator decisivo para os resultados. O desenvolvimento de engines de xadrez é mais antigo que o próprio campo da engenharia de software, sendo que o primeiro algoritmo com esse propósito registrado, o Turochamp, foi criado por Alan Turing em 1948 (TURING, 2004).

Um dos aspectos que contribuem para a complexidade do jogo e sua relevância para o campo da inteligência artificial e da engenharia de software, é a quantidade de ramificações que uma simples posição possui, o que exige do agente que ele navegue por um mar de possibilidades (Tabela 1) para encontrar a melhor continuação para o jogo.

Quadro 1: Possibilidades a partir da posição inicial

Jogadas	Posições possíveis	Capturas	Promoções	Xeques	Xeque-mates
1	20	0	0	0	0
2	400	0	0	0	0
3	8,902	34	0	12	0
4	197,281	1,576	0	469	8
5	4,865,609	82,719	0	27,351	347
6	119,060,324	2,812,008	0	809,099	10,828
7	3,195,901,860	108,329,926	0	33,103,848	435,767
8	84,998,978,956	3,523,740,106	0	968,981,593	9,852,036
9	2,439,530,234,167	125,208,536,153	17,334,376	36,095,901,903	400,191,963

Fonte: adaptado de ChessProgrammingWiki (2025)

Para lidar com essa grande complexidade, ao longo da história foram utilizadas diversas técnicas da matemática discreta, teoria dos jogos, engenharia de software e ciências da computação, como: algoritmos de pesquisa em árvore, paralelismo, tabelas hash, bancos de dados (HSU, 2002), redes neurais (NASU, 2018).

2.2. XADREZ E TECNOLOGIA

Os programas de xadrez têm desempenhado um papel essencial na evolução do jogo e do ensino, trazendo avanços teóricos significativos, principalmente na compreensão das aberturas. Já no match pelo campeonato mundial de xadrez de 1984, Kasparov utilizou uma base de dados computadorizada de aberturas para se preparar contra seu adversário Karpov, o que lhe deu considerável vantagem no confronto (KASPAROV, 2006).

Em 1997, o supercomputador Deep Blue, desenvolvido pela IBM, derrotou o campeão mundial Garry Kasparov pelo placar de 3,5 a 2,5, evento considerado o marco simbólico do momento em que as máquinas passaram a superar a capacidade intelectual humana em domínios específicos (HARARI, 2018).

Com a evolução das engines, elas passaram a auxiliar na compreensão também dos finais de xadrez. Em 2013, por meio das tablebases Syzygy, todos os finais com até 6 peças foram solucionados, encontrando o resultado da posição instantaneamente sem a necessidade de cálculos adicionais (SYZGY, 2013). Cinco anos depois, as tablebases foram ampliadas para incluir finais com até sete peças, utilizando um banco de dados para 18 terabytes. Nesse mesmo ano, a Google lançou o AlphaZero, uma engine que usava aprendizado por reforço (SILVER, 2017) para jogar xadrez sem instruções humanas, superando o Stockfish, que liderava o campo com algoritmos desenvolvidos manualmente.

Em 2019, o Stockfish adotou redes neurais, seguindo uma abordagem já utilizada em programas de shogi (Nasu, 2018) em sua arquitetura com o lançamento do Stockfish NNUE. Essa inovação combinou a força bruta de sua abordagem tradicional com o aprendizado de máquina, permitindo avaliações mais precisas, especialmente em posições de equilíbrio material (Wang, 2020).

Atualmente, o principal uso das engines tem sido no ensino e na análise de partidas. Plataformas como o Chess.com integram mecanismos avançados que oferecem feedback em tempo real, análises detalhadas e identificação de erros, ajudando os jogadores a refinar suas habilidades. Dessa forma, as engines não são mais vistas como rivais da capacidade humana no exercício intelectual do jogo de xadrez, mas sim, ferramentas poderosas para que os humanos alcancem níveis de compreensão nunca antes imaginados (Kasparov, 2017).

2.3. EXTENSÃO UNIVERSITÁRIA E O CLUBE DE XADREZ DA UCB

A extensão universitária é um dos pilares fundamentais da Universidade Católica de Brasília (UCB), promovendo a integração entre ensino, pesquisa e sociedade. De acordo com Garcia e Mariz (2018), no relato sobre a participação da UCB no Projeto Rondon[3], a extensão configura-se como uma prática essencial para a formação integral de estudantes, ao propiciar a vivência de valores éticos, responsabilidade social e interdisciplinaridade no enfrentamento de desafios reais.

[3] O Projeto Rondon é uma iniciativa interministerial com caráter político e estratégico promovida pelo Governo Federal e coordenada pelo Ministério da Defesa. Seu objetivo é fomentar o exercício da cidadania entre estudantes universitários, por meio da implementação de soluções sustentáveis que visam promover a inclusão social e reduzir as desigualdades regionais.

Assim como o Projeto Rondon, o Clube de Xadrez da UCB, também inserido no âmbito da extensão universitária, tem o objetivo de promover o crescimento cognitivo, social e emocional dos estudantes por meio da prática enxadrística. O xadrez, mais do que um jogo, é reconhecido como uma poderosa ferramenta de desenvolvimento.

O Clube, fundado em março de 2024, envolve estudantes da graduação presencial e a distância, funcionários da universidade e comunidade externa. Sua proposta alinha-se à missão da UCB de atuar solidariamente no desenvolvimento humano e social, ao proporcionar um espaço inclusivo e formativo. Assim como no Projeto Rondon, mencionado por Garcia e Mariz (2018), o Clube de Xadrez utiliza a extensão como um meio de transformação social, promovendo o aprendizado interdisciplinar e a conexão entre a universidade e a comunidade.

3. METODOLOGIA

A pesquisa em questão é caracterizada como pesquisa aplicada, tendo como objetivo principal o desenvolvimento de uma solução prática e funcional para a análise de partidas de xadrez, integrando conceitos da engenharia de software com a prática enxadrística. Segundo Fleury e Werlang (2016), a pesquisa aplicada concentra-se em resolver problemas reais de instituições, organizações ou grupos sociais, buscando respostas a demandas práticas e formulando diagnósticos e soluções. Nesse sentido, a pesquisa se alinha com a definição de pesquisa aplicada como aquela que utiliza conhecimentos previamente adquiridos para a coleta, seleção e processamento de dados, visando gerar impactos tangíveis, tanto acadêmicos quanto práticos.

A abordagem adotada nesta pesquisa é mista, combinando dados quantitativos e qualitativos, o que é coerente com a flexibilidade metodológica recomendada por Fleury e Werlang (2016) para a investigação de fenômenos sociais e práticos. Os dados quantitativos obtidos são oriundos dos testes de desempenho realizados com a engine de xadrez, fornecendo medidas objetivas sobre a eficácia da ferramenta. Por outro lado, os dados qualitativos são coletados por meio do feedback dos membros do Clube de Xadrez da Universidade Católica de Brasília (UCB), permitindo avaliar aspectos subjetivos da usabilidade e da eficiência da solução proposta. A combinação dessas abordagens visa fornecer uma análise mais abrangente, como recomendado por Fleury e Werlang (2016), que destacam a importância de selecionar abordagens e métodos adequados ao contexto e aos objetivos da pesquisa.

3.1. FASES DO DESENVOLVIMENTO DA ENGINE

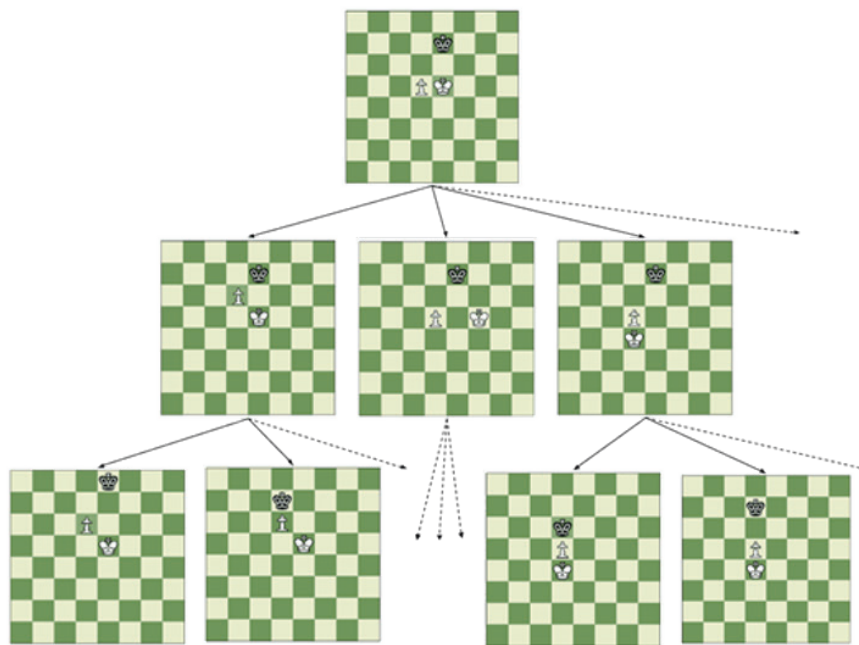
A primeira etapa na construção de uma engine de xadrez é definir quais os algoritmos e técnicas que serão utilizados de forma a favorecer a performance do programa (Jordan, 2020). A escolha do algoritmo para a engine impacta severamente na performance e na força de jogo do resultado final, por essa razão, diversas abordagens têm sido extensamente discutidas, testadas e avaliadas em diversos ambientes com o intuito de encontrar as melhores técnicas disponíveis para o desenvolvimento. Sendo assim, foi realizado um estudo utilizando fontes como artigos online do fórum Chess Programming Wiki e Chess Talk, livros, artigos científicos da área de algoritmos e estrutura de dados, e códigos-fonte de diversas engines já estabelecidas, com o objetivo de aprofundar a compreensão sobre cada uma das abordagens, quais suas vantagens e desvantagens, para por fim, poder escolher qual utilizar.

Os dois algoritmos mais importantes para a performance de um programa de xadrez são a pesquisa

Os dois algoritmos mais importantes para a performance de um programa de xadrez são a pesquisa e a geração de lances. Ambos possuem um enorme impacto na velocidade de análise e qualidade dos lances jogados durante um jogo.

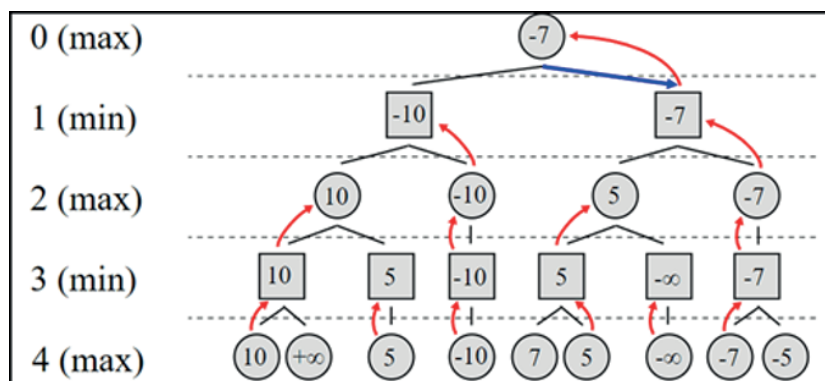
A pesquisa de lances é uma função que simula diversas possibilidades de continuações para uma determinada posição do jogo, através de árvore de lances (Figura 1). O algoritmo é responsável por estender suas ramificações com o objetivo de encontrar o lance que desencadeia a sequência mais promissora (que traz mais chances de vitória) para o lado a jogar.

Figura 1: Árvore de lances de uma posição parcialmente representada



Fonte: Gómez, 2019

O xadrez é um jogo de soma zero, onde os dois agentes possuem interesses conflitantes e são capazes de tomar ações racionais, que influenciam mas não determinam completamente o resultado do jogo (COSTA, 2005). Na prática, isso permite utilizar uma implementação do teorema minimax da teoria dos jogos (Figura 2), onde cada jogador tende a maximizar seu ganho mínimo e minimizar o ganho máximo do adversário (FIANI, 2015).

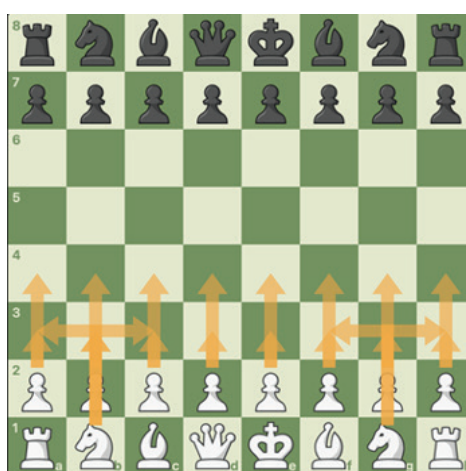


Fonte: Mendoza, 2022

Esse algoritmo depende da profundidade (quantidade de lances analisados à frente) para garantir uma boa decisão da parte da engine, ou seja, quanto mais profunda a árvore de pesquisa, maior a probabilidade do lance encontrado ser de fato, o melhor lance da posição. Para lidar com tamanha quantidade de lances a serem aprofundados em um tempo adequado para o uso em clubes de xadrez, foi optado por usar a linguagem de programação C++, uma vez que esta permite um controle mais amplo sobre recursos computacionais da máquina, como memória e instruções de processador, permitindo otimizações mais profundas para acelerar a pesquisa.

Complementar à pesquisa, há a geração de lances, que é uma função que recebe como entrada o estado do jogo em posição específica, representado pela localização de cada peça no tabuleiro, e retorna como resultado uma lista de lances possíveis e legais de acordo com as regras do xadrez (Figura 3).

Figura 3: Lances legais na posição inicial do jogo



Fonte: Adaptado de (FIDE, 2023)

A capacidade de listar rapidamente todos os lances possíveis em uma posição é uma etapa fundamental no funcionamento de uma engine (Columbia, 2023), devido ao fato de permitir uma maior profundidade de lances na pesquisa, o que por sua vez, garante que a engine esteja tomando uma melhor decisão na partida.

A escolha de uma linguagem compilada e com tamanha proximidade à memória da máquina permite representar a posição do tabuleiro utilizando bitboards de 64 bits, juntamente com uma função de PEXT (Sturtevant, 2023) para geração de ataques de peças deslizantes (bispos e torres), o que por sua vez, garante também um salto considerável na velocidade de processamento da engine ao encontrar todas as casas de destino possíveis em uma única instrução de processador.

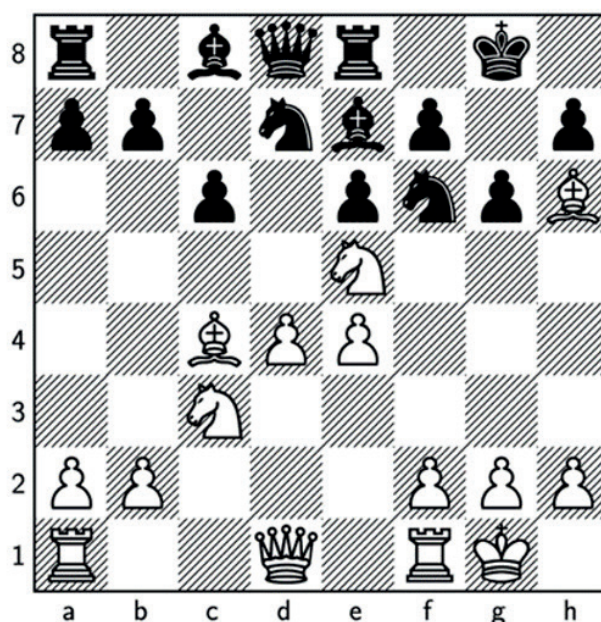
As etapas subsequentes no desenvolvimento são iterativas e visam validar os parâmetros e técnicas utilizadas pelo programa para aperfeiçoar sua força de jogo. Nessa etapa é utilizado o teste de razão de probabilidade sequencial (Silva et al., 2019), onde a cada ajuste nos parâmetros proposto, a nova versão da engine joga contra sua versão anterior ou outras engines de força semelhante diversas vezes para detectar se houve aumento ou diminuição de sua força de jogo.

3.2. APLICAÇÃO PRÁTICA NO CLUBE DE XADREZ DA UCB

Durante o mês de agosto de 2025, foi aplicado a uma amostra de cinco jogadores participantes do Clube de Xadrez da UCB um formulário on-line composto por seis posições táticas de meio-jogo, cada qual contendo uma única jogada ótima. Das seis posições, três foram apresentadas acompanhadas de sugestões de lances a serem investigados, geradas por engine, enquanto as três restantes foram apresentadas sem qualquer auxílio externo (Figura 4).

Figura 4: Uma das posições do questionário

Posição 1 (Jogam as brancas)



Sugestão da Engine: Cxd7

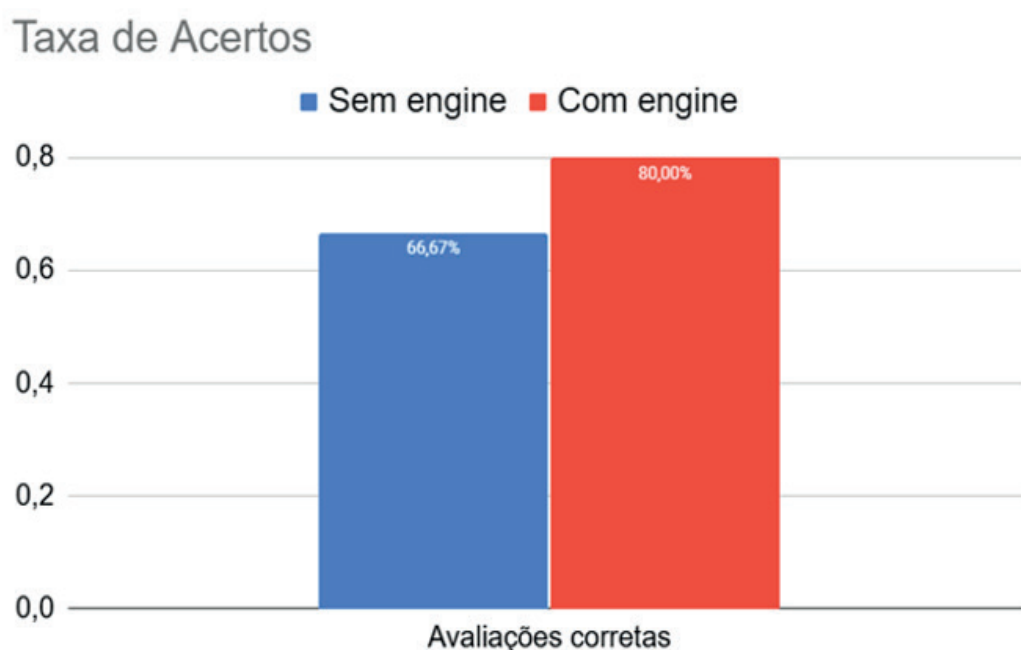
Fonte: presente pesquisa (2025)

Em cada posição, cabia ao participante identificar a jogada de maior vantagem posicional. Cabe ressaltar que a fim de preservar a responsabilidade do pensamento crítico sobre a posição com o próprio jogador, os lances sugeridos pela engine não correspondem necessariamente à jogada ótima, tampouco garantem vantagem para o lado a jogar, funcionando antes como ponto de partida para observações pertinentes ao cálculo. O teste teve como objetivo comparar três variáveis: a taxa de acertos, definida como a proporção de respostas em que o participante identificou corretamente o lance ótimo; o tempo de análise, correspondente ao intervalo de tempo despendido pelo participante na avaliação da posição até a formulação de sua resposta; e a certeza percebida na resposta, referente ao grau de confiança subjetiva relatado pelo participante em relação à jogada escolhida.

4. ANÁLISE DOS DADOS

Durante o período de análise no Clube de Xadrez da UCB, os enxadristas participaram de uma avaliação do seu desempenho em análises de posições com o auxílio da engine desenvolvida. A avaliação consistia em uma comparação entre a precisão das jogadas identificadas em posições complexas de meio-jogo feitas com e sem o auxílio de engine, além do tempo de análise e a confiança no resultado final.

Figura 5: Quantidade de acertos no conjunto de 30 posições-problema



Fonte: presente pesquisa (2025)

O leve aumento na taxa de acertos demonstra que a engine não substituiu o raciocínio humano durante o processo de análise, resolvendo os problemas no lugar do jogador. Caso a ferramenta tivesse assumido esse lugar de protagonismo, a taxa de acertos com o auxílio teria sido de 100%, o que claramente não ocorreu. Em vez disso, a engine atuou como apoio, fornecendo apenas um direcionamento inicial para reduzir o volume de possibilidades a serem consideradas pelo jogador, sem eliminar sua necessidade de interpretação e julgamento. Esse papel de ferramenta complementar é evidenciado pelas demais métricas analisadas.

Figura 6: Comparativo de confiança nas análises no conjunto de 30 posições problema

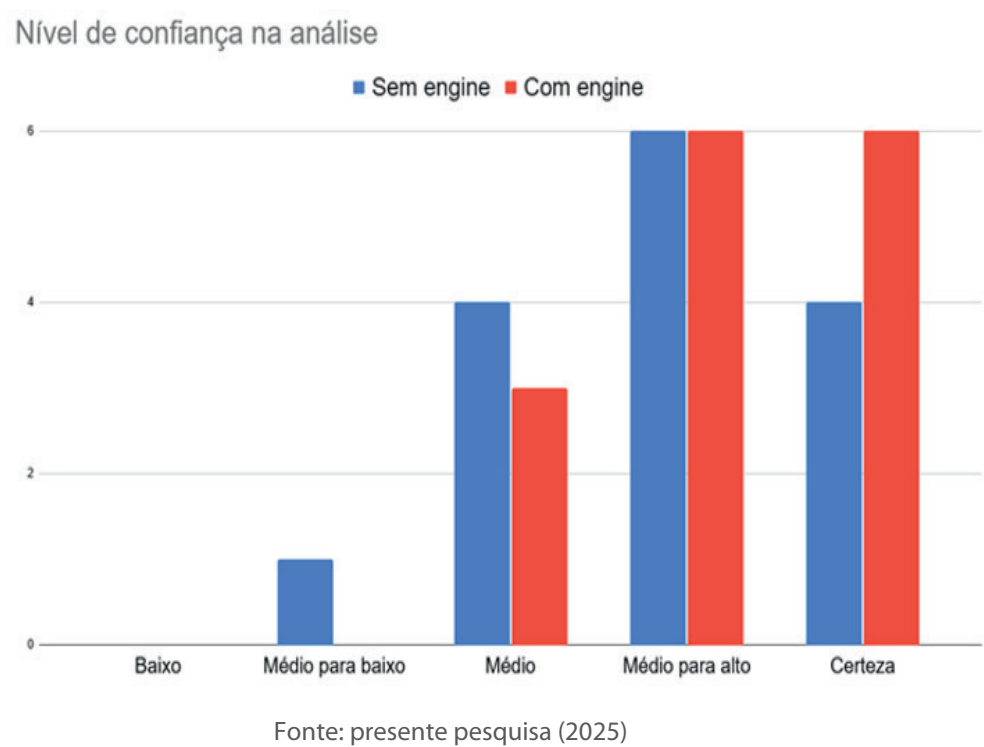
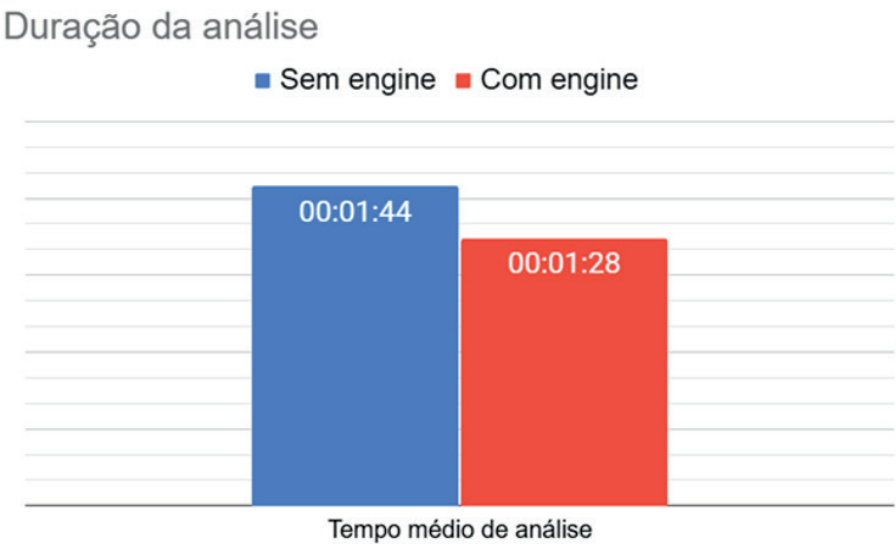


Figura 7: Comparativo do tempo médio de análise por problema no conjunto de 30 posições-problema



Fonte: presente pesquisa (2025)

Quadro 2: Teste T pareado com tempos médios (em segundos) de resolução de cada participante ($\alpha = 0,05$)

Parâmetro	Valor
n (participantes)	6
Graus de liberdade	5
Diferença média (s)	-16.00
DP das diferenças	70.80
Erro padrão	26.76
Estatística t	-0.598
Valor p (bicaudal)	1.000
Cohen's d	0.41

Os resultados obtidos a partir da amostra analisada indicam um leve incremento na taxa de acertos e na confiança percebida pelos participantes quando assistidos pela engine. O teste t pareado aplicado aos tempos médios de resolução de problemas com e sem o auxílio da ferramenta não revelou diferença estatisticamente significativa ($t(6) = 0,385$; $p = 0,709$), o que sugere que o uso da engine não reduziu o esforço cognitivo empregado na tomada de decisão. Esses achados fornecem indícios de que a ferramenta cumpriu seu propósito de auxiliar no estudo e na avaliação de posições complexas de jogo sem assumir papel protagonista no processo decisório. Esses efeitos podem ser atribuídos ao afunilamento nas ramificações de lances a serem analisados que a pré-análise da engine proporciona, que em momentos de estudo e revisão de jogos tornam o treino mais proveitoso ao manter o foco do jogador nas continuações que realmente são relevantes para a posição.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento da engine apresentada neste trabalho proporcionou ao estudante um ambiente real para a aplicação de conceitos da engenharia de software e ciência da computação, aproximando a teoria da prática em um ambiente acadêmico com impactos reais e feedbacks úteis para o aprimoramento da ferramenta desenvolvida. Isso demonstra como o ambiente de extensão da universidade é um espaço rico para experimentações de novas tecnologias integradas a diferentes áreas do conhecimento, neste caso, a engenharia de software e a prática de xadrez. Esse caráter

multidisciplinar contribui para a formação do universitário como profissional, preparando-o para colaborar com diferentes áreas em contextos da vida real.

Os resultados obtidos no clube demonstram que uma engine pode contribuir para aprimorar a experiência de estudo dos participantes de um clube de xadrez ao atuar como mediadora, indicando aos jogadores uma direção inicial a ser analisada, o que aumenta a confiança e a precisão nas análises. O trabalho também abre caminhos para o desenvolvimento de outras ferramentas tecnológicas para o auxílio e estudo de xadrez e outras práticas esportivas no contexto extensionista da universidade.

REFERÊNCIAS

ALAN MATHISON TURING. **The Essential Turing**. [s.l.] Oxford University Press, 2004.

BOTVINNIK, M. **One Hundred Selected Games**. [s.l.]: Courier Corporation, 1960.

HSU, F. **Behind Deep Blue**. [s.l.] Princeton University Press, 2022.

CAMPBELL, M.; HOANE, A. JOSEPH.; HSU, F. Deep Blue. **Artificial Intelligence**, v. 134, n. 1-2, p. 57–83, jan. 2002.

COLUMBIA, S. **Chess Move Generation Using Bitboards**. Trabalho de conclusão de curso—Appalachian State University: [s.n.]. 2023

COSTA, C. **Teoria dos jogos e a relação entre o “Teorema Minimax” de John Von Neumann e o “Equilíbrio de Nash” de John Nash**. 2005. 8 f. Monografia (Graduação) – Universidade Católica de Brasília, Brasília, 2005.

FLEURY, Maria Tereza Leme; WERLANG, Sérgio Ribeiro da Costa. **Pesquisa aplicada: conceitos e abordagens**. In: WOOD JÚNIOR, Thomaz (Ed.). Anuário de pesquisa 2016–2017. São Paulo: Única Gráfica e Editora Ltda., 2016. p. 10-15

GARCIA, C. M. M. G.; MARIZ, F. N. C. **Projeto Rondon e Universidade Católica de Brasília: Uma parceria de 12 anos**. Revista Dialogos: Pesquisa e extensão universitária. V. 21, p. 7-14, 2017.

GÓMEZ, W. **An AI with Intuition?** Disponível em: <<https://zxul767.dev/alpha-go/>>. Acesso em: 27 nov. 2024.

FIDE - FEDERAÇÃO INTERNACIONAL DE XADREZ. **Lei do Xadrez da FIDE**. [s.l.]: FIDE, 2023. Disponível em:

https://arbiters.fide.com/wp-content/uploads/Publications/VariousContributions/20230101-FIDE_Laws_2023-POR.pdf. Acesso em: 20 ago. 2025.

HARARI, Y. N. **21 lições para o Século XXI**. São Paulo: Companhia Das Letras, 2018.

JORDAN, B.. **How to Write a Bitboard Chess Engine**. [s.l.: s.n.].

KANNAN, P. **Magic Move-Bitboard Generation in Computer Chess**. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <http://pradu.us/old/Nov27_2008/Buzz/research/magic/Bitboards.pdf>.

KASPAROV, G. **O Teste Do Tempo - Partidas Seleccionadas**, 1978-1984. 1. ed. [s.l.] Solis, 2006.

KASPAROV, G.; GREENGARD, M. **Deep thinking : where machine intelligence ends and human creativity begins**. [s.l.] New York Publicaffairs, 2017.

MARCO, Fabiana Fiorezi de; MEDEIROS, Walyssom Miranda. **Tecnologias digitais no processo de resolução de problemas**. REMATEC, Belém, v. 19, n. 52, p. e2024009, 2024. DOI: 10.37084/REMATREC.1980-3141.2024.n52.e2024009.id736. Disponível em: <https://www.rematec.net.br/index.php/rematec/article/view/736>. Acesso em: 30 ago. 2025.

MENDOZA, P. **Alpha-Beta Pruning Algorithm: The Intelligence Behind Strategy Games**. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/360872512_Alpha-Beta_Pruning_Algorithm_The_Intelligence_Behind_Strategy_Games>.

NASU, Y. NNUE: **Efficiently Updatable Neural-Network-based Evaluation Functions for Computer Shogi**. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <https://www.apply.computer-shogi.org/wcsc28/appeal/the_end_of_genesis_T.N.K.evolution_turb_o_type_D/nnue.pdf>.

RUSSELL, S. J.; NORVIG, P. **Inteligência Artificial - Uma Abordagem Moderna**. [s.l.] GEN LTC, 2022.

RONALDO FIANI. **Teoria dos Jogos**. [s.l.] Editora Atlas, 2015.

SILVA, I. R.; LINGLING, L.; KULLDORFF, M. **Exact conditional maximized sequential probability ratio test adjusted for covariates**. Sequential Analysis-Design Methods and Applications, v. 38, n. 1, p. 115-133, maio 2019. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/07474946.2019.1574446?journalCode=lsqa20>>. Acesso em: 03 jul. 2020.

SILVER, D. et al. A general reinforcement learning algorithm that masters chess, shogi, and Go through self-play. **Science**, v. 362, n. 6419, p. 1140–1144, 6 dez. 2018.

SOMMERVILLE, I.; ARAKAKI, R.; SHIN, S. **Engenharia de software** (8a. ed.). São Paulo: Pearson Educación, 2008.

STURTEVANT, N. R. An Efficient Chinese Checkers Implementation: Ranking, Bitboards, and BMI2 pext and pdep Instructions. **Lecture notes in computer science**, v. 1, p. 24–35, 1 jan. 2023.

STOCKFISH. Versão 17. [S.l.]: Tord Romstad; Marco Costalba; Joona Kiiski, 2024. Disponível em <<https://github.com/official-stockfish/Stockfish>>. Acesso em: 27 novembro 2024.

SYZGY. Versão 1. [S.l.]: Ronald de Man, 2013. Disponível em <<https://github.com/syzygy1/tb>> . Acesso em 27 nov. 2024.

WALL, B. **Computers and Chess - A History**. Disponível em: <<https://www.chess.com/article/view/computers-and-chess---a-history>>. Acesso em: 27 nov. 2024.

WANG, D. **Introducing NNUE Evaluation - Stockfish - Open Source Chess Engine**. Disponível em: <<https://stockfishchess.org/blog/2020/introducing-nnue-evaluation/>>. Acesso em: 27 nov. 2024.

WILLIAMS, MJ; PALACE, M.; WELSH, JC.; et al. Neural correlates of chess expertise: A systematic review of brain imaging studies comparing expert versus novice players. **Brain Mechanisms**, v. 148-150, p. 202516, 2025.