

# CHESSLAB: Um arcabouço computacional para aquisição e processamento de sinais de rastreamento ocular em jogadas de xadrez

F. H. Cesar<sup>1</sup>, F. T. Rocha<sup>2</sup>, C. E. Thomaz<sup>3</sup>

Departamento de Engenharia Elétrica  
FEI

São Bernardo do Campo, Brasil

E-mails: fhenrique@gmail.com<sup>1</sup> fabio@enscer.com.br<sup>2</sup> cet@fei.edu.br<sup>3</sup>

**Abstract**—As a game that requires reasoning and memory skills, chess has been widely used in scientific studies in different areas of human knowledge. This work proposes and implements a computational framework to investigate in practice research involving eye-tracking in chess problems with the main purpose of understanding and interpreting discriminant characteristics in eye movements according to chess players experience. Our preliminary experiments carried out so far have showed promising results.

**Keywords**—Chess, eye-tracking, signal processing

**Resumo**—Por se tratar de jogo que exige raciocínio e memória, o xadrez tem sido amplamente utilizado em estudos científicos em diversas áreas do conhecimento humano. Este trabalho propõe e implementa um arcabouço computacional para realização de pesquisas envolvendo o rastreamento ocular em jogadas de xadrez com o propósito principal de entender e interpretar características discriminantes nos movimentos oculares em função da experiência do enxadrista. Os experimentos preliminares realizados até então mostram resultados promissores.

**Palavras-chave**—Xadrez, rastreamento ocular, processamento de sinais.

## I. INTRODUÇÃO

Por se tratar de jogo que exige raciocínio, memória e estratégia, o xadrez tem sido amplamente utilizado em estudos científicos em diversas áreas do conhecimento humano atual, tais como Psicologia Cognitiva e Inteligência Artificial.

Com regras bem definidas, sem qualquer elemento de sorte, o xadrez oferece um ambiente controlado e lúdico para avaliação de voluntários. Desta forma, desde o final do século XIX, começaram a surgir diversos trabalhos, principalmente na área de Psicologia, envolvendo xadrez. Em um estudo seminal, De Groot [1] investigou o papel da memória nos jogos de xadrez, bem como a heurística utilizada pelos jogadores. Neste estudo percebeu-se que o número de jogadas avaliadas, bem como a profundidade da análise, não apresentavam diferenças significativas em função da experiência do jogador.

O interesse pelo rastreamento dos movimentos oculares foi contemporâneo ao uso do xadrez como método de investigação científica. O primeiro dispositivo de rastreamento dos movimentos oculares foi desenvolvido pelo psicólogo Edmund Huey no início do século XX. Tratava-se de uma lente de

contato com uma haste de alumínio que indicava a direção do olhar, acompanhando os movimentos oculares. A partir da década de 60, a evolução tecnológica tornou o rastreamento dos movimentos oculares mais preciso e com equipamentos menos invasivos. Na Figura 1 é possível observar um equipamento desenvolvido por Alfred Yarbus[2].

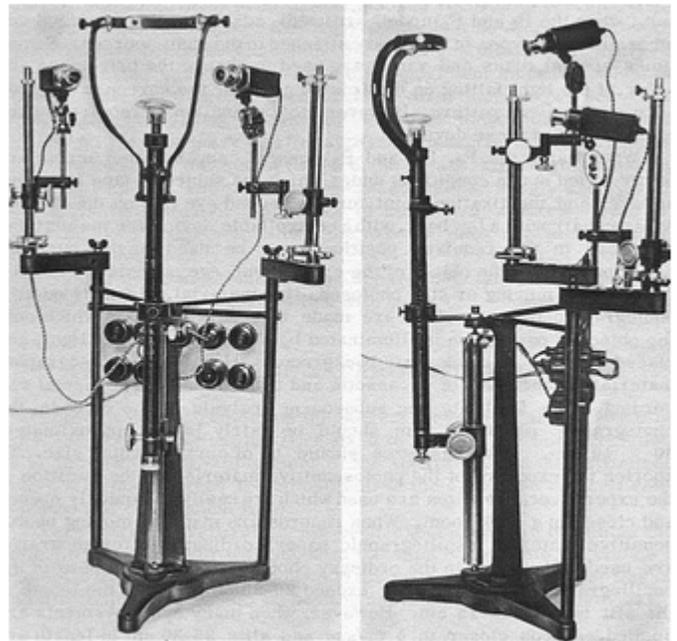


Fig. 1. Dispositivo pioneiro utilizado em estudos científicos por Alfred Yarbus na década de 60[2].

Foi a partir de um trabalho de Yarbus [2] que o rastreamento ocular ganhou visibilidade como um importante método na investigação científica. Neste trabalho, que é considerado um dos mais importantes estudos usando essa técnica, Yarbus demonstrou que o padrão dos movimentos oculares estão relacionados ao objetivo da tarefa. Como podemos ver na Figura 2, o padrão dos movimentos oculares difere consideravelmente conforme o objetivo de interpretação de uma imagem.

Na década de 60, portanto, os estudos envolvendo xadrez começaram a incorporar as técnicas de rastreamento ocular,

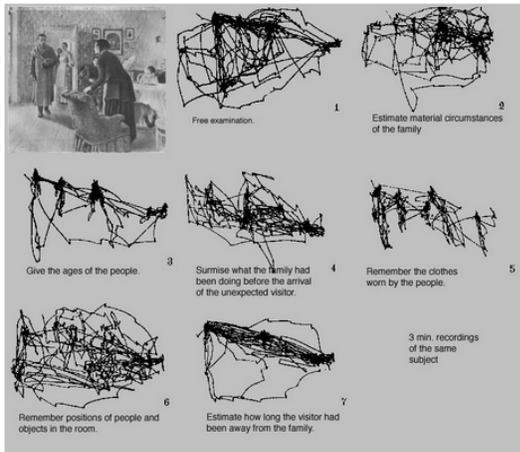


Fig. 2. Padrão dos movimentos oculares em suas respectivas tarefas [2].

sendo os trabalhos de Tikhomirov et al [3], Winikoff [4], Jongman [5] e Simon & Barenfeld [6] os mais citados.

Em 2000, Gobet et al. [7] estimaram que existem, na memória de um grande mestre, até 300.000 micropadrões armazenados, se alinhando com as propostas de Chase & Simon [8] e De Groot [9], que afirmaram que a percepção visual das peças ocorre em pedaços (ou *chunking*) e de acordo com padrões previamente conhecidos. Em 2001, Reingold et al [10] revisitaram hipóteses anteriores como essas sobre percepção e raio de visão. Os resultados mostraram que os jogadores experientes possuem um desempenho significativamente superior em tarefas relacionadas ao xadrez, porém apresentaram desempenhos similares em tarefas não relacionadas ao xadrez.

Mais recentemente, tanto Bilalic et al. [11] quanto Sheridan & Reingold [12] investigaram, através do xadrez e do rastreamento ocular, os mecanismos de um importante fenômeno psicológico onde o conhecimento prévio impede o indivíduo de fazer a melhor escolha, conhecido como efeito *Einstellung*.

**Motivação e objetivo:** Ao analisar os trabalhos que fizeram uso do rastreamento ocular em jogos de xadrez, brevemente resumidos nos parágrafos anteriores, tem sido possível notar a ausência de ferramental específico que simplifique o processo de execução dos testes e posterior análise dos dados. As pesquisas científicas recentes têm utilizado ferramentas genéricas que, comumente, acompanham os dispositivos de rastreamento ocular. Essas ferramentas genéricas não são capazes de processar informações inerentes ao domínio do jogo de xadrez. Isto é, elas não são capazes de indicar a relação entre fixação do olhar em espaços vazios ou ocupados, ou ainda para qual tipo de peça obtém-se automaticamente maior atenção do participante da pesquisa, por exemplo.

O objetivo principal desta pesquisa tem sido propor e implementar um arcabouço computacional denominado de ChessLab para desenvolvimento e realização de pesquisas envolvendo o rastreamento dos movimentos oculares em jogadas de xadrez, e a execução de experimentos cognitivos com o propósito de identificar características discriminantes entre jogadores com níveis de experiência distintos.

## II. CHESSLAB

O ChessLab é um arcabouço computacional que tem a finalidade de automatizar a realização de pesquisas científicas envolvendo o xadrez, com ênfase no rastreamento dos movimentos oculares. Esse arcabouço é composto de módulos que facilitam a elaboração e realização de testes, cadastro de participantes, além da aquisição e processamento de sinais e demais dados relacionados aos experimentos. Foi desenvolvido em C# e seu código-fonte é distribuído livremente. A seguir, são descritos sucintamente os principais módulos do ChessLab.

### A. CHESSLAB.Core

Neste módulo temos a implementação de todos os componentes básicos. É neste módulo que se encontra todas as regras do xadrez e componentes elementares que são compartilhados pelos demais módulos. Através destes componentes é facilitado o desenvolvimento de novas funcionalidades.

### B. CHESSLAB.IO

Neste módulo temos alguns componentes para leitura e gravação de dados. É através de componentes deste módulo que é gravada uma partida ou a realização de um teste em disco. Neste módulo também temos os componentes necessário para a transmissão, em tempo real, de uma partida para acompanhamento de um espectador.

Toda partida, ou teste, tem suas informações gravadas em um arquivo com a extensão “.chess”. Esse arquivo tem um formato binário, onde uma sequência de ações são gravadas.

### C. CHESSLAB.Sensors

Dada a recorrente necessidade de se combinar sinais biofísicos com as pesquisas envolvendo o jogo de xadrez, esse módulo foi desenvolvido com um modelo de sensores acoplados de modo que a coleta desses sinais poderão ser facilmente combinados aos experimentos, eliminando a necessidade de qualquer tipo de sincronização posterior.

São suportados dois tipos de sensores: ativo e passivo. Em um sensor ativo, os dados fluem do sensor para a aplicação, enquanto que, em um sensor passivo, é a aplicação responsável por consultar o valor presente no sensor.

### D. CHESSLAB.UI

Neste módulo foram implementados os componentes visuais utilizados, tais como: tabuleiro, peças e caixas de mensagens. O reaproveitamento destes componentes facilita o desenvolvimento de novas aplicações subsequentes, além de manter a padronização visual nas aplicações presentes no ChessLab.

### E. CHESSLAB.TestBench

O módulo CHESSLAB.TestBench é um dos mais importantes deste arcabouço, pois é nele que os testes ocorrem. Neste módulo o pesquisador desenha os testes, cadastra os participantes, e realiza os testes. Os testes são desenhados utilizando a linguagem XML, num formato próprio do ChessLab.

No arquivo de configuração dos experimentos o pesquisador poderá definir um ou mais experimentos, onde cada experimento poderá ter um ou mais tipos de testes.

## F. CHESSLAB.Game

Essa aplicação permite execução de partidas completas entre humanos (localmente ou por uma rede de computadores), além de partidas entre humano e computador, ou computador e computador. Para as partidas envolvendo o computador, é utilizado o StockFish (<http://stockfishchess.org>) que, na data vigente, figura em primeiro lugar no ranking de motores artificiais de xadrez.

## G. CHESSLAB.SkillTest

Neste módulo foi implementado o teste de proficiência baseado no trabalho de Volke et al. [13]. Este teste consiste em 51 questões relacionadas ao jogo de xadrez, dispostas em 5 categorias distintas, sendo 4 delas propostas por Volke e uma delas proposta por Nichelli [14].

Ao início do teste é exibida uma mensagem, centralizada na tela, com as instruções, conforme apresentado na Figura 3.

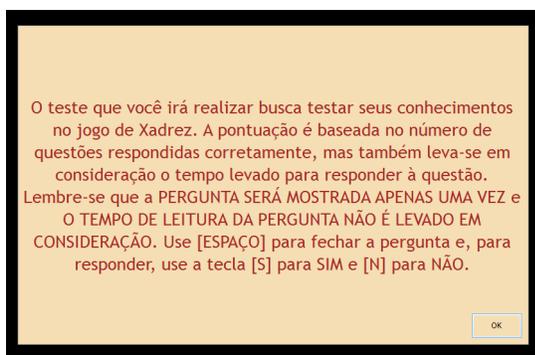


Fig. 3. Instruções do teste de proficiência.

Após prosseguir, são apresentadas uma sequência de 50 perguntas com seus respectivos tabuleiros para que o participante possa responder a alternativa que julgue ser a correta. Essas duas telas podem ser observadas na Figura 4.

Para o cálculo da proficiência dos participantes, foi empregada a mesma equação proposta por Volke [13]:

$$H = (N_{correct} - \frac{N}{2}) * \frac{RT_m}{RT_s} \quad (1)$$

onde  $H$  = Honorarium (pontuação),  $N_{correct}$  = número de



Fig. 4. Telas da questão e seu respectivo tabuleiro.

respostas corretas,  $N$  = número total de questões,  $RT_m$  = tempo de resposta médio de todos os participantes em todas as questões,  $RT_s$  = tempo de resposta médio do indivíduo em todas as questões.

## H. CHESSLAB.BoardBuilder

A elaboração de um teste comumente envolve a construção de um tabuleiro onde o participante realizará alguma atividade. Nesta aplicação o pesquisador poderá descrever, visualmente, um tabuleiro para que seja feita a tradução para o formato padrão (FEN). Esta notação é uma adaptação do sistema proposto por Forsyth e criado por Steven J. Edwards para o uso em computadores. Trata-se de uma cadeia de caracteres, ou *string*, que contém 6 campos separados por espaços.

## I. CHESSLAB.MatchPlayer

Nesta aplicação é possível assistir uma partida, ou teste, gravados (arquivo .chess) ou em tempo real (através de uma rede). Essa aplicação permite ao pesquisador visualizar a dinâmica de uma experimento conforme ele fora executado. E, no caso de acompanhamento em tempo real, possibilita um melhor acompanhamento e orientação do participante.

## J. CHESSLAB.Report

Nesta aplicação são implementadas as ferramentas para relatório e extração de dados. Neste módulo o pesquisador poderá selecionar os testes e os participantes, que realizaram os testes selecionados, e exportar esses dados em formato “CSV” (comma-separated values) ou em formato “.MAT” do MATLAB.

## III. EXPERIMENTOS E RESULTADOS PRELIMINARES

Dois participantes, um homem e uma mulher, com idades entre 30 e 33 anos, ambos destros e fazendo uso de óculos para correção da visão foram voluntários. Para o rastreamento ocular foi utilizado o equipamento Tobii TX300, com uma taxa de amostragem de 300hz e latência inferior a 10ms e mantido a uma distância inferior a 70cm dos participantes. Para exibição dos problemas e captura dos sinais foi utilizado um notebook equipado com processador Intel Core i7 e 8GB de memória RAM.

Conforme apresentado na tabela I, ambos os participantes acertaram o mesmo número de questões, porém o primeiro participante precisou de mais tempo para concluir o teste (aproximadamente 40% a mais do que o segundo participante), o que fez com que a pontuação de ambos fossem diferentes.

TABLE I  
RESULTADO DO TESTE DE PROFICIÊNCIA.

	Acertos	Erros	Tempo gasto (minutos)	Pontuação
Participante 1	43	8	15	15,1
Participante 2	43	8	11	17,5

Embora a análise destes resultados preliminares não seja estatisticamente significativa, uma vez que a amostra é muito pequena, ainda sim é possível perceber como a fórmula de

avaliação de proficiência opera, separando por número de acertos e por tempo de realização do exame.

Estes resultados também podem ser percebidos nos mapas de visualização dos movimentos oculares, onde a diferença entre os participantes foi mais nítida. Na Figura 5, é possível observar que o participante 1 (menor proficiência) fixa o olhar em locais aparentemente não relevantes para a questão, sugerindo que o voluntário pode estar buscando significado para a própria pergunta.

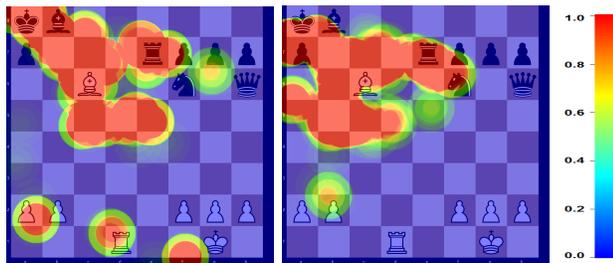


Fig. 5. Mapa visual dos movimentos oculares do participante 1 (esquerda) e do participante 2 (direita). Questão apresentada: “A TORRE PRETA consegue bloquear o BISPO BRANCO?”. Tempo gasto: 6 e 5 segundos, respectivamente

A partir da Figura 6 podemos perceber que o participante 2 (maior proficiência) tem um foco maior nos locais onde se concentram mais peças pretas, além de conseguir extrair informações de diversas áreas sem precisar fixar o olhar especificamente nestas áreas.



Fig. 6. Mapa visual dos movimentos oculares do participante 1 (esquerda) e do participante 2 (direita). Questão apresentada: “A DAMA PRETA está no tabuleiro?”. Tempo gasto: 5 e 7 segundos, respectivamente.



Fig. 7. Mapa visual dos movimentos oculares do participante 1 (esquerda) e do participante 2 (direita). Questão apresentada: “As BRANCAS podem dar MATE em UMA jogada?”. Tempo gasto: 22 e 26 segundos, respectivamente.

Já na Figura 7, podemos perceber que o participante 1 é mais hesitante, enquanto que o participante 2 se mantém concentrado na região onde se encontra o rei.

## IV. CONCLUSÃO

A partir da implementação deste arcabouço computacional, foi possível desenvolver e realizar experimentos preliminares com agilidade. A incorporação de um mecanismo de avaliação da experiência do jogador se mostra importante no contexto em questão, onde não necessariamente se tem disponível um método de avaliação tal como o “Rating ELO” [15], disponível apenas para jogadores de clubes de xadrez.

Os resultados deste estudo preliminar mostraram a viabilidade de identificação de características discriminantes nos movimentos oculares em função da experiência do enxadrista. Também é possível perceber que não é somente pelo conhecimento do jogo que se pode definir a aptidão de um enxadrista.

**Trabalhos Subsequentes:** Iremos realizar um detalhamento das técnicas e metodologias aplicadas em cada módulo do ChessLab, estender os experimentos para um grupo maior de indivíduos ( $N > 30$ ) e disponibilizar publicamente as ferramentas desenvolvidas para possivelmente compreender melhor e apoiar o ensino de xadrez no Brasil.

## ACKNOWLEDGEMENTS

Os autores deste trabalho gostariam de agradecer o suporte financeiro da CAPES, FAPESP (2012/22377-6) e CNPq (444964/2014-2).

## REFERÊNCIAS

- [1] A. De Groot, *Thought and Choice in Chess*. The Hague, The Netherlands: Mouton, 1965.
- [2] A. L. Yarbus, *Eye Movements and Vision*. Plenum, New York., 1967.
- [3] O. K. Tikhomirov and E. D. Poznyanskaya, “An investigation of visual search as a means of analyzing heuristics,” *Soviet Psychology*, vol. 5, no. 2, pp. 3–15, 1966.
- [4] A. Winikoff, *Eye Movements as an Aid to Protocol Analysis of Problem Solving Behavior*. Carnegie Institute of Technology, 1967, no. v. 1.
- [5] R. Jongman, “Het oog van de meester: een experimenteel-psychologisch onderzoek naar waarnemingsprestaties van schaakmeesters en ongeofende schakers...” Ph.D. dissertation, 1968.
- [6] H. A. Simon and M. Barenfeld, “Information-processing analysis of perceptual processes in problem solving,” *Psychological Review*, vol. 76, no. 5, p. 473, 1969.
- [7] F. Gobet and H. A. Simon, “Five seconds or sixty? presentation time in expert memory,” *Cognitive Science*, vol. 24, no. 4, pp. 651 – 682, 2000.
- [8] W. G. Chase and H. A. Simon, “Perception in chess,” *Cognitive Psychology*, vol. 4, no. 1, pp. 55 – 81, 1973.
- [9] A. D. De Groot, F. Gobet, and R. W. Jongman, *Perception and memory in chess: Studies in the heuristics of the professional eye*. Van Gorcum & Co, 1996.
- [10] E. M. Reingold, N. Charness, M. Pomplun, and D. M. Stampe, “Visual span in expert chess players: Evidence from eye movements,” *Psychological Science*, vol. 12, no. 1, pp. 48–55, 2001.
- [11] M. Bilalić, P. McLeod, and F. Gobet, “Why good thoughts block better ones: The mechanism of the pernicious einstellung (set) effect,” *Cognition*, vol. 108, no. 3, pp. 652–661, 2008.
- [12] H. Sheridan and E. M. Reingold, “The mechanisms and boundary conditions of the einstellung effect in chess: evidence from eye movements,” *PLoS one*, vol. 8, no. 10, p. e75796, 2013.
- [13] H.-J. Volke, P. Dettmar, P. Richter, M. Rudolf, and U. Buhss, “On-coupling and off-coupling of neocortical areas in chess experts and novices as revealed by evoked eeg coherence measures and factor-based topological analysis—a pilot study,” *Journal of Psychophysiology*, vol. 16, no. 1, p. 23, 2002.
- [14] P. Nichelli, J. Grafman, P. Pietrini, D. Alway, J. C. Carton, and R. Miletich, “Brain activity in chess playing,” *Nature*, vol. 369, no. 6477, p. 191, 1994.
- [15] A. E. Elo, *The rating of chessplayers, past and present*. New York: Arco Pub., 1978.